DIRECTORIO DE PROFESORES

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS

SOLIDOS MUNICIPALES.

Del 9 al 13 de noviembre de 1992.

M. en C. Constantino Gutierrez P.
Coordinador de Proyectos de Ing.
Hidráulica y Sanitaria
Fondo Nacional de Fomento
al Turismo
Insurgentes Sur 800-13
Col. del Valle
México, D. F.
Tel. 660-42-22 Ext. 1306

M. en C. Arturo Dávila V.
Proyectos, Construcción y
Estudios, S. A. de C. V.
Rancho seco No. 127,
Frac. Santa Cecilia
México, D. F.
C.P. 04930
Tel. 554-58-30

Dra. Sylvie Turpin Marion
Universidad Autónoma
Metropolitana, AZC
San Pablo 180
Col. Reynosa Tamps.
C.P. 02200
México, D. F.
Tel. 724-42-80

Ing. Martha Patricia G. Rojas
Dirección General de Servicios
Urbanos
Técnica de derechos sólidos
Tel. 740-29-98

Ing. Ricardo Estrada Núñez
San Antonio Abad No. 102-6°
Piso
Col. Transito
C.P. 06040
Tel. 740-29-98

Ing. Gustavo Solorzano Ochoa
AMBIOTEC, S. A. de C. V.
Arenal # 37,
Chimalistac
México, D. F.
Tel. 548-56-23

Ing. Victor M. Flores Velenzuela
D.D.F.
San Antonio Abad No. 122
6° Piso, Col. Tránsito
Tel. 740-29-98

M. en I. Jorge Sánchez
D. D. E.
San Antonio Abad No. 122
6o. Piso, Col. Tránsito
Tel. 740-23-73

M. en I. Felipe López Sánchez
San Antonio Abad 122
6° Piso
Col. Tránsito
Tel. 740-23-73

Ing. Horacio Ramírez Bermejo
SEDOL
Río Elba No. 20
3er. Piso
Tel. 286-95-70
México, D. F.

Ing. Arturo López Acosta
PROCESA, INGENIERIA Y ECOLOGIA
Rancho seco No. 127,
Santa Cecilia Coyoacan,
México, D. F.
Tel. 594-58-30

DIRECTORIO DE PROFESORES

TRATAMIENTO Y DISPOCICION FINAL DE RESIDUOS

SOLIDOS MUNICIPALES

Del 9 al 13 de noviembre de 1992.

Ing. Jesús Barrera Lozano
Prolongación Turmalina 12
Col. Estrella
C.P. 07810
México, D. F.
Tel 563-62-84

Ing. Juan Ignacio Ustarán C.
Laboratorios ABC.
Tepic No. 40
Col. Roma

Ing. José Juán Morales Reyes
Departamento del Distrito Federal
San Antonio Abad No. 122,
6° Piso,
Col. Tránsito
Tel. 740-29-98

DIVISION DE EDUCA N CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION . .AL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

9 al 13 de noviembre de 1992

FECHA	HORA	TEMA	PROFESOR
.unes 9 de noviembre	9:00 a 11:00 h.	Presentacion del curso I. Introducción al curso	Ing. Gabriel Moreno Pecero M. en C. Arturo Dávila Villarreal
	11:00 a 13:00 h.	II. Determinación de Parámetros de Diseño y operación	Dra. Sylvie Turpin Marion
	13:00 a 15:00 h.	III Sistemas de recibo y acoplo en las fuentes de Generación	Ing. Patricia Gutiérrez Ing. Ricardo Estrada
lartes 10 de noviembre	9:00 a 11:00 h.	IV Sistema de tratamiento reciclo y composta	M. en I. Gustavo Solorzano
	11:00 a 13:00 h	V Incineración otros sistemas de tratamiento	Ing. Victor Flores
	13:00 a 15:00 h	VI Preelección y elección de sitios de relleno sanitario	M. en I. Jorge Sánchez M. en I. Felipe López
liércoles 11 de noviembre	9:00 a 13:00 h	VII Diseño de Relleno Sanitario	M. en I. Felipe López M. en I. Jorge Sánchez
	13:00 a 15:00 h	VII Diseño de Relleno Sanitario	M. en I. Felipe López M. en I. Jorge Sánchez Ing. Horacio Ramírez
ueves 12 de noviembre	9:00 a 13:00	VIII Gerenciamiento y Operación de Relleno Sanitario	M. en C. Arturo Dávila Ing. Arturo López Ing. Jesús Barrera
	13:00 a 15:00 h	IX Impacto Ambiental	Ing. Ignacio Ustaran Ing. José Juán Morales
'iernes 13 de noviembre	9:00 a 14:00 h 14:00 a 15:00 h	Visita de campo Mesa redonda Clausura	Panel de Profesores

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO:

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

FECHA:

Del 9 a 13 de noviembre de 1992.

	CONFERENCISTA	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION)	PUNTUALIDAD	
2	*M. EN C. ARTURO DAVILA VILLARREAL*					
3	*DRA. SYLVIE TURPIN MARION*					
4	*ING. PATRICIA GUTIERREZ*					
5	*ING. RICARDO ESTRADA*					
6	*M. EN I. GUSTAVO SOLORZANO*					
7	*ING. VICTOR FLORES*					
8	*M. EN I. JORGE SANCHEZ*					
	ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10					

EVALUACION DEL CURSO

	CONCEPTO	
1.-	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.-	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.-	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL CURSO	
4.-	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO.	
5.-	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.-	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.-	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO EN EL CURSO	
	EVALUACION TOTAL	

ESCALA DE EVALUACION: 1 A 10

6.- ¿Qué cursos le gustaría que ofreciera la División de Educación Continua?

_____

_____

_____

7.- La coordinación académica fué:

EXCELENTE ☐ BUENA ☐ REGULAR ☐ MALA ☐

8.- Si está interesado en tomar algún curso INTENSIVO ¿Cuál es el horario más conveniente para usted?

LUNES A VIERNES DE 9 a 13 H. Y DE 14 A 18 H. (CON COMIDAD) ☐

LUNES A VIERNES DE 17 a 21 H. ☐

LUNES A MIERCOLES Y VIERNES DE 18 A 21 H. ☐

MARTES Y JUEVES DE 18 A 21 H. ☐

VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 14 H. ☐

VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 13 H. DE 14 A 18 H. ☐

OTRO ☐

9.- ¿Qué servicios adicionales desearía que tuviese la División de Educación Continua, para los asistentes?

_____

_____

_____

10.- Otras sugerencias:

_____

_____

_____

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

DEL 9 AL 13 DE NOVIEMBRE DE 1992

1.- INTRODUCCION

AL CURSO DE TRAT. Y D. FINAL

ING. ARTURO DAVILA VILLARREAL

PALACIO DE MINERIA
Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

ASPECTOS GENERALES

I.- INTRODUCCION

Desde los principios de la civilización, el hombre ha tenido que afrontar los problemas ocasionados por la generación de los residuos sólidos, generalmente asociada con la producción de un bien o la satisfacción de una necesidad biológica; estos problemas tienen que ver con todo el ciclo que sufren los residuos sólidos desde su generación hasta su disposición final.

El hombre a través de su historia ha depositado incontroladamente sus residuos sólidos en el ambiente, siendo una práctica común la utilización de terrenos abandonados o márgenes de caminos, ríos y carreteras; otros residuos los han incinerado o enterrado y algunos residuos de alimentos les han servido como fuente alimenticia para sus animales domésticos.

Como consecuencia del inadecuado manejo de los residuos sólidos, el hombre ha tenido que enfrentar serios problemas de contaminación del ambiente y de la salud pública, dentro de los cuales destaca la contaminación de agua, suelo y aire, así como el incremento de infecciones transmitidas por vectores biológicos que se desarrollan en los lugares donde se almacenan o depositan sin ningún control, dichos residuos.

En los últimos años debido al acelerado crecimiento de las ciudades, estos problemas de contaminación ambiental asociados con el mal manejo de los residuos sólidos, se han visto incrementados conforme han crecido las poblaciones y las necesidades de sus habitantes, el hombre empezó a investigar diversos sistemas adecuados para el manejo y la disposición final incluyendo aspectos de la contaminación del agua, aire, suelo, así como de la salud y económicos.

Sin embargo, en la mayoría de los países poco desarrollados, y en nuestro país no es la excepción, se continúa disponiendo de los residuos a través de los "basureros a cielo abierto", práctica que consiste en depositar los residuos sólidos recolectados sobre un terreno sin ningún control, generalmente localizado en las afueras de la ciudad, aunque en algunas ocasiones se encuentra dentro de ésta, lo cual ocasiona efectos adversos sobre el ambiente, tales como malos olores, debido a la producción de gases por la descomposición de sulfatos contenidos en la basura, además el bióxido de carbono, en presencia de

humedad, forma ácido carbónico, el cual puede mineralizar el suelo y el agua.

Aunado a lo anterior se presenta la formación de lixiviados, por la percolación de agua (principalmente de lluvia), a través de la basura; estos lixiviados pueden contaminar cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Adicionalmente, se pueden producir incendios cuando el volumen del gas metano, producto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica contenida en los residuos llega a alcanzar entre un 5 y un 15% del volumen del aire. Por último, los basureros a cielo abierto afectan la estética y son el habitat de vectores biológicos (moscos, mosquitos, ratas, etc.), transmisores de enfermedades infecciosas al hombre y a los animales.

Todos los problemas se incrementan en lugares de grandes concentraciones humanas, de altas precipitaciones pluviales, asi como en lugares escasos de sitios para disponer los residuos sólidos.

CICLO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Las diferentes etapas que pueden integrar el ciclo de los residuos sólidos son las siguientes:

1.- GENERACION

Se refiere a la acción de producir una cierta cantidad de residuos sólidos, por una determinada fuente en cierto intervalo de tiempo.

2.- ALMACENAMIENTO

Es la acción de retener temporalmente los residuos sólidos, en tanto se recolecten para su posterior transporte a los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final.

3.- PRETRATAMIENTO

Es el proceso de transformación que sufren los residuos

sólidos en la misma fuente generadora antes de ser almacenados. Esta transformación puede involucrar desde una simple separación de subproductos, hasta un cambio en las propiedades físicas o químicas de los residuos sólidos.

4.- RECOLECCION

Es la acción de tomar los residuos sólidos de sus sitios de almacenamiento, para depositarlos o conducirlos a los sitios de transferencia, tratamiento y/o disposición final.

5.- TRANSPORTE PRIMARIO

Se refiere a la acción de trasladar los residuos sólidos generados en las fuentes de generación a los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final.

6.- TRANSPORTE SECUNDARIO

Se refiere a la acción de trasladar los residuos sólidos hasta los sitios de disposición final, una vez que han pasado por las etapas de transferencia y/o tratamiento o viceversa.

7.- SEPARACION SIMULTANEA

Es el proceso mediante el cual se lleva a cabo una separación manual de subproductos reciclables, en forma simultánea con las fases de recolección, transporte primario y/o disposición final. A esta actividad es común denominarla en México prepepena.

8.- TRANSFERENCIA

Es la acción de transbordar los residuos sólidos de las unidades vehiculares de recolección a las de transferencia, con el propósito de transportar una mayor cantidad de los residuos, logrando con ello disminuir los costos de transporte, incrementar la cobertura del servicio de recolección con el mismo número de vehículos y disminuir el deterioro de los mismos por los largos recorridos a los sitios de disposición final, los cuales por lo general se encuentran en malas condiciones.

9.- TRATAMIENTO

Es el proceso que siguen los residuos sólidos para hacerlos reutilizables y/o eliminar su peligrosidad.

10.- DISPOSICION FINAL

Es el depósito permanente de los residuos sólidos en sitios, los cuales deben de prepararse con el fin de evitar el deterioro del ambiente y por ende de la salud humana, al permitir la filtración de los lixiviados, la quema de los residuos, su exposición al ambiente, etc.

La etapa de Transferencia se utiliza en los asentamientos humanos densamente poblados y con grandes distancias de los centros de generación de los residuos sólidos a los sitios de disposición final, y por lo que respecta a la etapa de tratamiento, ésta ha tenido muy poco desarrollo en cuanto a América Latina se refiere, habiéndose desarrollado bastantes técnicas, la mayoría sofisticadas y muy costosas, en los países desarrollados.

II. SITUACION ACTUAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

La situación actual de los residuos sólidos va a ser referida en términos generales a América Latina, ya que las condiciones que se presentan en su totalidad son en la mayoría de los casos en forma similar a lo que en México está sucediendo, siendo en Estados Unidos, Europa y Japón, por mencionar algunas regiones y países, las condiciones muy diferentes a las nuestras.

Actualmente se generan en América Latina un promedio de 250,000 toneladas por día de residuos sólidos, los cuales hay que recolectar, transferir, tratar y disponer sanitariamente para evitar el deterioro del ambiente y en consecuencia de la salud humana.

Los residuos sólidos son generados en gran variedad de fuentes productoras, destacándose por su importancia las siguientes: casas-habitación, comercios, industrias, hospitales, mercados, centros de servicio, laboratorios, centros de reuniones, oficinas, etc., generándose una gran diversidad de residuos tanto por sus características fisicas como físico-químicas, las cuales se van haciendo más complejas y difíciles de tratar y disponer en

forma adecuada conforme pasa el tiempo, y nuevos desarrollos tecnológicos van surgiendo.

En la actualidad se generan entre 0.3 y 0.6 kg/hab-día en las casas-habitación, llegando a alcanzar 1.0 kg/hab-día en algunas ciudades de la Región. Considerando las otras fuentes de generación mencionadas en el párrafo anterior el promedio de producción de residuos sólidos, tomando en cuenta todas las fuentes, anda en el orden de 1.0 a 1.2 kg/hab-día, el cual se incrementa tanto por el crecimiento de la población como por el aumento en la genración de basura de los habitantes, con los cambios de costumbres y hábitos en general.

En lo que al almacenamiento se refiere se puede decir que en términos generales se realiza en forma inadecuada en la mayoría de sus fuentes de generación, siendo algunas excepciones los establecimientos de servicios como lo son los hoteles, sobre todo las cadenas de éstos de origen norteamericano, europeas o japonesas, también en algunas industrias y hospitales se tiene un tipo de almacenamiento adecuado, coincidiendo en muchos de los casos con su mismo origen.

Por lo general, el almacenamiento se realiza en recipientes de una gran diversidad tanto en su tamaño como en su forma y material de fabricación, provocando con ello innumerables problemas como: retrasos en la recolección, accidentes a los operadores del servicio tanto cortaduras como problemas en columna por aristas afiladas y exceso de peso en los recipientes, repercutiendo esto en baja eficiencia de recolección e incremento en los costos del servicio. Cuando se trata de residuos industriales, peligrosos o patológicos, los problemas se agravan y repercuten también en el ambiente, en la calidad del agua, y con ello la afectación no es únicamente al personal del servicio de limpieza sino a la población en general.

El barrido y la limpieza pública es utilizada principalmente en las calles, avenidas, vías rápidas, en general aquellas pavimentadas o empedradas, con un rendimiento promedio de 1.0 a 2.5 km/día de calles (o sea 2.0 a 5.0 de cuneta), y una recolección aproximada de entre 30 y 90 kilogramos de basura por kilómetro barrido, requiriéndose de 0.4 a 0.8 barrenderos por cada 1000 habitantes, ésto en cuanto a la limpieza manual, dependiendo del apoyo del barrido mecánico, de la porción de calles pavimentadas, del grado de dificultad del barrido así como de la educación y cooperación de la comunidad. En cuanto al barrido mecánico, el cual es utilizado en muy pocas ciudades de toda la región de América Latina tiene un rendimiento promedio de 40 kms./jornada cada barredora; en cuanto a costos, éstos son

menores a los del barrido manual aunque implica desplazamiento de mano de obra y salida de divisas de los países, ya que las barredoras son importadas.

En el aspecto de recolección, la cobertura de este servicio es entre el 75 y el 80 %, siendo las áreas marginadas donde se acentúa aún más el problema, lo cual contribuye a incrementar los riesgos ambientales, ya que a las condiciones de hacinamiento, pobreza y carencia de otros servicios, hay que agregar los problemas causados por los residuos sólidos. En muchos casos los servicios no se prestan por carencia de vehículos y de una infraestructura vial adecuada, problemas que en algunas ciudades han podido ser superadas al desarrollar métodos no convencionales de recolección primaria mediante carritos, carretas u otros elementos de tracción humana o animal.

Otro problema que enfrenta la recolección es la gran diversidad de equipos con que cuentan las municipalidades, muchos de ellos de importación, lo cual dificulta el mantenimiento tanto preventivo como correctivo, ya que la importación de refacciones en términos generales es un trámite lento, esto considerando que se cuenta con recursos disponibles.

En el aspecto técnico, el problema tambien es de consideración ya que el establecimiento de rutas, rendimientos, frecuencias y horarios adecuados, personal capacitado, mantenimiento de equipos y en general de todos los aspectos que deben constituir el diseño del sistema, casi no se utilizan, repercutiendo en ineficiencias en la prestación de los servicios, así como altos costos del mismo.

La fase de Transferencia hasta hace unos 15 años, ha iniciado su desarrollo debido al acelerado crecimiento poblacional, lo cual ha ocasionado un crecimiento importante en las ciudades, conformándose muchas de ellas ya en zonas metropolitanas o ciudades con poblaciones superiores a los 600,000 habitantes, trayendo como consecuencia que los sitios de disposición final cada vez se encuentren más alejados de los centros de generación de los residuos sólidos.

De las dos modalidades de transferencia, con y sin sistema de compactación, ésta última ha tenido un mayor desarrollo por el costo y facilidad de operación, aún con los problemas de falta de mantenimiento que se presentan en las instalaciones de los servicios de limpieza pública.

La etapa de tratamiento está por el momento casi sin desarrollo, ya que los costos de inversión inicial y de operación aún éstan muy por encima de los del relleno sanitario, situación que cambia en los países desarrollados debido a la falta de terrenos para el relleno sanitario, altos costos de energéticos, gran oposición de la población para la instalación de un relleno sanitario cercano a la población.

Las plantas de compostaje, como sistema de tratamiento tuvieron su introducción en América Latina en los años '70s, y hoy en día un alto porcentaje de ellas está fuera de operación porque no se les dio el mantenimiento adecuado, el mercado de la composta no se ha dado con buenos resultados, se ha desarrollado en gran escala la prepepena haciendo casi nula la recuperación de subproductos. Lo anterior trajo como resultado que la recuperación de costos de operación por la venta de subproductos y de composta fuera mínima, y en consecuencia no se tuvieran los resultados esperados con este sistema de tratamiento.

En los últimos años se ha venido incrementando la práctica de la recuperación de subproductos en la misma fuente de generación, con resultados positivos, ya que los costos de operación son mínimos y el porcentaje de recuperación se ha incrementado.

La incineración se utiliza sobre todo para los residuos patológicos generados en las unidades médicas, aunque no con la eficiencia y cobertura que se requiere.

En lo que a disposición final se refiere, posiblemente del porcentaje que se recolecta, sólo un 25% se dispone adecuadamente en rellenos sanitarios, otro 25% en rellenos controlados o semicontrolados y el resto en basureros a cielo abierto, con los consecuentes problemas de contaminación del agua, aire y suelo, además de la proliferación de fauna nociva, gérmenes patógenos, malos olores, incidiendo todo esto en la salud del hombre.

Por otra parte, otro problema muy común es la debilidad institucional de los organismos operadores del sistema de limpieza. En la parte de organización, existen servicios administrados por las Municipalidades, así como aquellos cuya responsabilidad recae en instituciones del Gobierno Federal, en ambos casos, la operación se realiza en forma directa a través de contratos a particulares.

Desde el punto de vista de la planeación de los servicios, pocas ciudades cuentan con un programa de aseo urbano o han integrado

este aspecto al proceso de planeación urbana, y en el caso de que se quiera integrar se enfrentan al problema de que la prestación del servicio de limpieza siempre está subvencionado, dificultando con ello dicha planeación.

III. CONTROLES

Para mantener la calidad de un servicio de limpieza es indispensable establecer diversos controles que aseguren que se esté trabajando según lo programado.

Es muy importante no incluir controles innecesarios, sino sólo aquellos que son de utilidad para los fines perseguidos.

Controles Necesarios

Controles de personal

Se establecen con el fin de: elaboración de nóminas, otorgamiento de estímulos y recompensas por asistencia y puntualidad, lograr un mejor aprovechamiento del tiempo disponible del personal operativo.

Control de cobertura diaria

La finalidad del sistema de limpieza es evitar daños a la salud de la población. Por ello el sistema más importante por establecer es la verificación diaria de la cobertura en base a la forma programada. En caso de no ser así, es preciso tomar de inmediato las medidas necesarias para corregir la situación. El jefe del servicio debe recibir diariamente un informe escrito sobre esta materia. Un registro de los reclamos del público, y la labor de supervisores bien adistrados ayudan a mantener este control, pero cada chofer debe informar si no ha podido completar la ruta asignada, así como las razones que lo impidieron, en el caso de la recolección y el barrido mecánico, y el barrendero lo hará en el caso del barrido manual. En la disposición final y transferencia estará a cargo de lo anterior el responsable de la operación del sitio.

Control de Carga de Camiones

La instalación de una báscula en las estaciones de

transferencia, plantas de tratamiento y/o sitios de disposición final permite pesar tanto los vehículos de recolección como los de transferencia, para asegurarse que sean utilizados a su máxima capacidad, y nunca excediéndola ya que esto afecta los vehículos.

Control de tiempo

Se debe entregar a cada chofer de vehículos, ya sea de recolección, de barrido mecánico o de transferencia una hoja de ruta donde se anote la hora en que llegó o salió de los siguientes puntos:

a. Salida del garage, con la firma del supervisor
b. Inicio de la ruta
c. Término de cada viaje
d. Llegada a la estación de transferencia, planta de tratamiento o sitio de disposición final, según sea el caso, con la firma del supervisor o responsable del lugar
e. Salida del lugar de transferencia, tratamiento o disposición final, con la firma del supervisor
f. Inicio del segundo viaje
g. Término del segundo viaje
h. Segunda llegada y salida al sitio de transferencia, tratamiento o sitio de disposición final
i. Los mismos datos de los puntos "f" al "h" si hay un tercer o cuarto viaje
j. Regreso al garage, con la firma del supervisor

La información anterior, permite establecer tiempos estándar y detectar si algún chofer se sale de su ruta. Por otra parte hace posible corregir el diseño de rutas y mantener una eficiencia óptima en el servicio.

Control Ocasional del Servicio

El jefe del servicio o supervisores deben de revisar continuamente como se están atendiendo los diferentes sectores, en cuanto al servicio de limpieza se refiere, para detectar fallas o problemas no previstos. Por ejemplo, si el horario establecido para cierta calle crea congestionamiento de tráfico, si el público no está utilizando el tipo de recipiente adecuado, etc.

Control Contable

Ya que se procura minimizar los costos, es preciso llevar un

registro de éstos, incluyendo todos los factores que inciden en ellos. Si algún concepto sufre un incremento no previsto o desproporcionado se requiere investigar a que se debe y procurar hacer las correcciones que permitan reducirlo.

Rendimientos

Los controles señalados permiten también fijar los rendimientos en cada ruta, expresados por ejemplo en toneladas recogidas, transferidas o barridas por hora. Estos rendimientos deben de ser semejantes en todas las rutas y, si ello no ocurre, deben de investigarse las causas.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPISICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

TEMA: II

DETERMINACION DE PARAMETROS DE DISEÑO Y OPERACION

PALACIO DE MINERIA

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

PROPIEDADES FISICO - QUIMICAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE MEXICO

PROPIEDADES	FUENTE OFICINAS	AEROPUERTOS Y RECLUSORIOS
Humedad (%)	13.39	35.13
Parte seca (%)	86.61	64.87
Cenizas (%)	30.60	24.71
Parte combust. (%)	56.55	40.15
Carbon (%)	37.51	22.61
Hidrogeno (%)	6.37	3.97
Cloro (%)	0.22	0.13
Azufre (%)	0.84	0.53
Oxigeno + Nitrogeno (%)	11.61	13.09
Poder Calorifico inferior (Kcal / Kg)	3453.1	2081.1
Poder Calorifico superior (Kcal / Kg)	4463.2	3830.1
Peso volumetrico	- - -	- - -

DIRECCION TECNICA DE DESECHOS SOLIDOS

FIGURA No. II-3

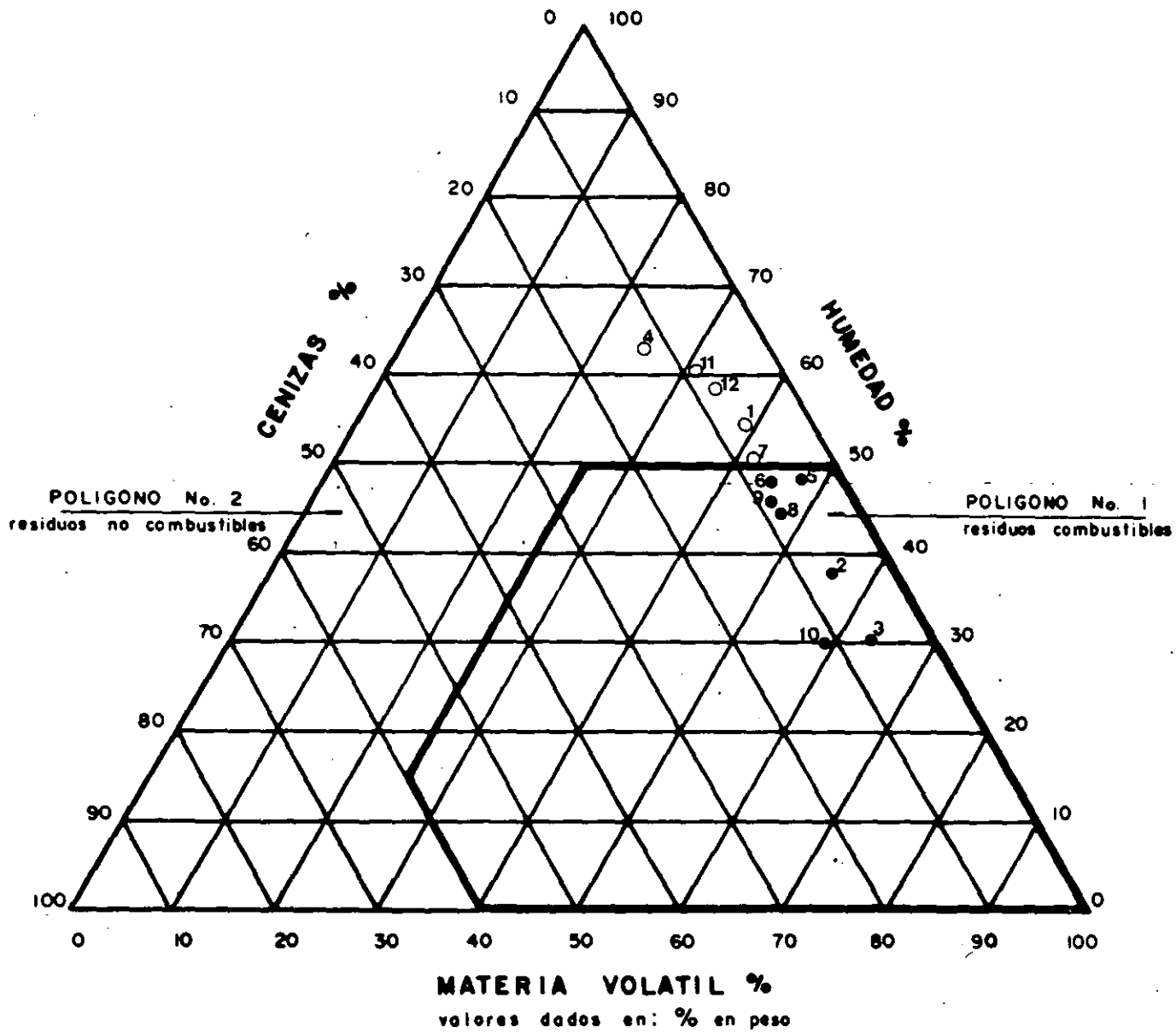
PROPIEDADES FISICO - QUIMICAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN ESTACIONES DE TRANSFERENCIA Y SITIOS DE DISPOSICION FINAL

No. muestra	1	2	3	4	5
Origen	Bordo Poniente	E - 1	E - 6	ETI - B	ET.CV/B-5
Fecha	14-II-91	14-II-91	21-II-91	1-III-91	12-III-91
Humedad % en peso	32.04	42.33	42.04	44.83	40.11
Cenizas % en peso	29.22	19.66	23.78	9.29	20.42
Materia V. % en peso	22.15	28.96	31.35	39.23	34.37
Carbon fijo % en peso	5.6	8.04	2.8	6.64	5.1
Azufre % en peso	0.098	0.109	0.103	0.085	0.127
Kcal PCS / kg	2400	3089	2919	3852	3395
Kcal PCI / kg	2185	2874	2704	3637	3180

DIRECCION TECNICA DE DESECHOS SOLIDOS D.D.F.

FIGURA No. II.4

CARTA DE COMBUSTIBILIDAD DE LOS RESIDUOS SOLIDOS



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

TEMAS:

III, IV y V

III, SISTEMAS DE RECICLO Y ACOPIO EN LAS FUENTES DE GENERACION

IV, TRATAMIENTO RECICLO Y COMPOSTA

V, INCINERACION Y OTROS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

PALACIO DE MINERIA

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

SISTEMAS DE TRATAMIENTO

1.- INTRODUCCION.

Se ha publicado un número verdaderamente sorprendente en documentos que tocan el tratamiento de los residuos sólidos tanto de manera superficial como también en forma de tema central.

También es muy común que en eventos académicos de todo tipo, relacionados con el ambiente y su conservación, los expertos hablen sobre este tema, sin embargo ya sea en forma escrita o hablada casi siempre se aborda el tema enumerando los diferentes procesos de tratamiento que han sido desarrollados a lo largo de la historia pasando posteriormente a describir cada uno de ellos. Con algunas variantes, como incluir únicamente los procedimientos más desarrollados o mejor conocidos a nivel internacional o bien en el otro extremo elaborar verdaderos tratados sobre algún sistema de tratamiento en específico, el cual depende de la especialidad del autor, la gran mayoría de definir lo que es un tratamiento.

Existen varias formas para definir lo que es un tratamiento, sin embargo al consultar las fuentes bibliográficas nos encontramos con que cada una de sus definiciones tiene un enfoque específico y diferente que depende del área específica en la que está inmerso el tratamiento en cuestión, y por consiguiente nos es difícil encontrar alguna definición que se adapte al campo de los residuos sólidos, dado el todavía reciente nacimiento de este campo.

Bajo este contexto se hace necesario proponer una definición que pueda ser útil en nuestro trabajo como especialistas en residuos sólidos, independientemente de los fines que se persigan con cada uno de los diversos tratamientos aplicables a la basura y sus derivados.

Tratamiento: Es cualquier procedimiento al que se someten los residuos sólidos, mediante el cual se modifican las características físicas, químicas y/o biológicas de dichos residuos.

I.- GENERALIDADES.

Como consecuencia del constante desarrollo industrial con el que diariamente se ven afectados los modos de producción, se viene hablando ya desde hace algunas décadas del agotamiento de los recursos energéticos disponibles en nuestro planeta y más drásticamente en los últimos años muchos especialistas hablan de una escases de energía y una creciente y para muchos ya preocupante contaminación ambiental derivada de la explotación de esos mismos recursos.

Para tratar de dar solución a estas preocupaciones, se han planteado varias opciones, entre las que principalmente se puede mencionar el uso de energías no convencionales y el tratamiento de los residuos generados en los procesos de producción y consumo.

En el caso del tratamiento se tienen tres condicionantes principales para su desarrollo e implementación y estas son las características físico-químicas y microbiológicas del residuo a ser tratado, la disponibilidad de la tecnología para los tratamientos seleccionados y finalmente el uso o la forma de disposición final a la que serán destinados dichos residuos.

La primera y la última de estas condicionantes constituyen el objeto principal de este análisis, mientras que la referente a la disponibilidad de tecnología deberá ser evaluada en cada caso específico.

3.- Clasificación de los Sistemas de Tratamiento.

Los sistemas de tratamiento pueden clasificarse principalmente de tres formas, la primera de acuerdo al tipo de proceso que involucren, es decir físico, químico, biológico y cualquier combinación de estos, la segunda conforme a los propósitos del tratamiento, estos es recuperación y/o preparación de materiales para su reuso o reciclaje, así como para la recuperación de energía, para la disminución y/o el control de riesgos ambientales y de salud o bien con la finalidad de prepararlos para una disposición final adecuada, y la tercera conforme a la amplitud de su uso en el mundo en convencionales y no convencionales.

3.1 CLASIFICACION POR TIPO DE PROCESO

3.1.1 Procesos Físicos de Tratamiento.

Los procesos que aquí se incluyen son aquéllos que utilizan las características físicas de los residuos para llevar a cabo una separación o bien una concentración de sus constituyentes.

Estos procesos se pueden clasificar en tres grupos principales de acuerdo a las propiedades que resulten afectadas.

Separación por Gravedad:

* Sedimentación
* Centrifugación
* Floculación
* Separación manual y mecánica

Filtración

Adsorción

Disolución:

* Lavado de suelos
* Quelación
* Extracción líquido/líquido

Reducción de tamaño:

* Compactación
* Trituración

[illegible].2 Procesos Químicos de Tratamiento

Estos procesos de tratamiento abarcan a los que aprovechan o afectan las características químicas de los desechos.

* Hidrólisis y Fotólisis
* Oxidación
* Hidrogenación
* Cementado
* Vitrificación
* Polimerización

I.1.3 Procesos Biológicos.

La degradación biológica de los órganos se ha dado de forma natural en nuestro planeta, desde tiempos inmemorables y se basan en la actividad de bacterias que pueden ser aerobias o anaerobis. Los cultivos utilizados en los procesos de degradación biológica pueden ser de mocroorganismos nativos, o bien selectivamente adaptados.

* Composteo
* Digestión Anaerobia
* Biorecuperación
* Producción de Proteínas para Consumo Animal

I.1.4 Procesos de Destrucción Térmica.

La degradación térmica de los residuos presentan algunas limitaciones de tipo ambiental que pueden resolverse con un costo adicional que tiene posibilidades de ser recuperado mediante el aprovechamiento de la energía residual del proceso.

* Incineración
* Pirólisis

3.2 Clasificación por Propósitos del Tratamiento.

3.2.1 Recuperación de Materiales y Reciclaje.

* Separación manual y mecánica
* Trituración
* Compactación
* Cementado
* Composteo
* Digestión anaerobia
* Pirólisis
* Hidrólisis
* Producción de Proteína para Consumo Animal

3.2.2 Recuperación de Energía.

* Digestión anaerobia
* Incineración

[illegible]

* Incineración
* Pirólisis
* Gasificación
* Lavado de suelos
* Floculación
* Sedimentación
* Filtración
* Adsorción
* Cementado
* Vitrificación
* Polimerización
* Biorrecuperación

[illegible] Clasificación [illegible] a la [illegible] de su [illegible]

[illegible] Convencionales.

* Compostaje
* Incineración
* Separación manual y mecánica
* Compactación
* Trituración
* Pirólisis
* Digestión anaerobia

3.3.2 No Convencionales.

* Lavado de suelos
* Quelado
* Hidrólisis
* Fotólisis
* Oxidación
* Hidrogenación
* Cementado
* Vitrificación
* Polimerización
* Producción de Proteína para Consumo Animal
* Biorrecuperación

4.- Situación Actual y Tendencia Mundial.

Aún en nuestros días, el desarrollo sanitario sigue siendo ampliamente utilizado en todo el mundo, incluyendo a países altamente desarrollados.

A partir de la década de los 60's se comenzó a investigar sobre el desarrollo de sistemas de tratamiento que sirvieron como alternativa a la disposición final de los residuos sólidos y así a incrementar la concientización pública referente al agotamiento de recursos y de la creciente contaminación ambiental, aumentó la presión pública referente al agotamiento de recursos y de la creciente contaminación ambiental, aumentó la presión pública que demanda la implementación de estos sistemas alternativos.

Aunado a esto actualmente se advierte una escases de terrenos disponibles para ser utilizados como rellenos sanitarios, por lo que a partir de la dècada de los 80's los sistemas de tratamiento adquieren una gran importancia en todo el mundo, comenzando a coexistir conjuntamente con los procesos de reciclaje y en muchas ocasiones formando parte de estos últimos.

En la tabla número 1 se presentan algunos ejemplos de la magnitud en que se utilizan los sistemas de tratamiento convencionales, en diversos países del mundo.

Cuando colocamos sobre un mapamundi los sistemas de tratamiento que se utilizan en diversos países del mundo, podemos observar claramente que los sistemas altamente tecnificados han sido desarrollados e implementados básicamente en el hemisferio norte de nuestro planeta, tambien se observa que el relleno sanitario sigue siendo ampliamente utilizado en todo el mundo y finalmente, que los procesos biológicos que degradan la materia orgánica y que pueden darse tambien de forma natural como por ejemplo el composteo y la digestión anaerobia son populares en países relativamente pobres, todos ellos pertenecientes al llamado tercer mundo, los cuales presentan una actividad agrícola amplia y que además sus residuos sólidos estan constituídos por materia orgánica en por lo menos un 40% .

TABLA No. 1 SISTEMAS DE TRATAMIENTO UTILIZADOS EN DIVERSOS PAISES

PAIS	COSMPOSTEO %	INCINERACION %	SEPARACION MECANICA %	OTROS %
INGLATERRA		7		19
DINAMARCA	32		4	
ITALIA	7	20	3	3.3
AUSTRIA	17.8	20.5		7.7
NORUEGA	4	8		14
PORTUGAL	16			
SUIZA	3	77		
AUSTRALIA		2		
NUEVA ZELANDA	2			
BELGICA	11	23		16
SUECIA	6	34	4	
FINLANDIA	8			
ESPANA	14	4	1	
CANADA		6	1	1
U.S.A.		12		10
FRANCIA	8	43		9
JAPON	1	69		2
HOLANDA	14	34		

Por otra parte las responsabilidades para la instalación de sistemas de tratamiento para los residuos solidos no han sido formalmente definidas en la mayoría de los países, sin embargo en algunos ya se esta intentando estimular la inversión privada para su implementación mediante modificaciones a las leyes y reglamentos que establecen los lineamientos para el manejo de los residuos solidos.

A pesar de esta indefinición oficial, actualmente se pueden identificar las principales formas de propiedad que se han desarrollado en el mundo, agrupándolas como sigue:

1) Sistemas de tratamiento privados

En casi todos los casos propiedad del mismo generador de residuos, comúnmente del tipo industrial, y que en su mayoría han sido el resultado de presiones por parte de las comunidades aledañas.

2) Sistemas de tratamiento compartidos en forma de cooperativas

Las cooperativas se han venido desarrollando recientemente como resultado de la concientización de algunas comunidades que desean participar más activamente en el ahorro de energía y recursos naturales, por lo que comunmente tienen como principal objetivo el reciclaje. También se han desarrollado algunas otras, como una alternativa de trabajo, sanitaria y económicamente más adecuada, para comunidades de expepenadores.

[illegible]

Este tipo de empresas se han creado como resultado de los incentivos que diversos gobiernos promueven, con la finalidad de mejorar la calidad de los servicios de aseo urbano o bien por iniciativa propia de algunos inversionistas que están convencidos de que la basura es un recurso económicamente aprovechable.

[illegible] que [illegible] la [illegible].

Esta es la forma más común que ha dado origen a la mayoría de las plantas de tratamiento actualmente instaladas en el mundo y sin excepción se han proyectado y construído buscando una alternativa que reduzca las cantidades de residuos sólidos que se destinan a relleno sanitario.

3. Criterios de Selección para Sistemas de Tratamiento.

Cuando se analiza la posibilidad de introducir algún proceso de tratamiento en el sistema de aseo urbano, es necesario considarar entre otros factores los siguientes:

a) Las características de los residuos sólidos.
b) La generación de los mismos.
c) El destino de los productos resultantes.
d) Disponibilidad de mercado cuando el punto anterior se refiere a comercialización.
e) Costos de inversión requeridos y presupuesto disponible.
f) Controles ambientales exigidos por la legislación vigente.
g) Disponibilidad de personal calificado para operación y mantenimiento o posibilidades de capacitación.
h) Accesibilidad de partes y refacciones.

4. Sistemas no Convencionales de Tratamiento.

Se trata de sistemas que aún se encuentran en etapas de operación a nivel piloto y por lo mismo unicamente aceptan cantidades relativamente pequeñas de residuos, o bien de sistemas altamente tecnificados cuyos costos de inversión resultan excesivamente altos, imposibilitando así su implementación en forma masiva para muchos paises y que además encuentran una escases de personal calificado para su operación y mantenimiento, también como consecuencia de su carácter sofisticado.

6.1. Lavado de Suelos.

El lavado de suelos es una extracción in-situ de compuestos orgánicos e inorgánicos de suelos contaminados y consiste en esl paso de un solvente a través del suelo, utilizando un proceso de inyección/recirculación. El solvente puede ser: Agua, Mezclas agua-surfactante, Acidos o Bases, Agentes oxidantes o reductores.

6.2 Quelado.

Una molécula quelante contiene átomos que pueden formar uniones de coordinación con iones metálicos y así varias moléculas quelantes pueden rodear al átomo metálico impidiendole sales iónicas que pueden presipitarse. Este procedimiento es utilizado para mantener metales en solución y facilitar su remoción.

6.3. Hidrólisis y Fotólisis.

La hidrólisis es un proceso mediante el cual se rompen enlaces moleculares agregando reactivos que pueden ser ácidos, bases, o enzimas. Los productos de la molécula rota pueden ser inocuos o bien tratados posteriormente y con más facilidad para reducir su toxicidad.

La fotólisi es basicamente lo mismo, utilizando radiaciones (UV comunmente) en lugar de reactivos.

6.4. Oxidación.

Esta tecnología esta basada principalmente en el uso de agentes oxidantes tales como Peróxido de Hidrógeno, Ozono o Hipoclorito para oxidar la materia orgánica.

6.5. Cementado.

En este caso el desecho o suelo contaminado a tratar se mezcla con materiales silíceos y un agente fijador como cal, cemento o yeso, resultando un sólido, estable y seco. Es muy resistente a la lixiviación.

6.6. Vitrificación.

La vitrificación es un proceso en el cual los residuos son convertidos en una sustancia vidriosa utilizando altas temperaturas. El proceso se lleva a cabo insertando electrodos de grafito en los residuos previamente mezclados con material silíceo y haciendoles pasar una corriente alta. El calor producido causa la fusión de los silicatos que al solidificarse nuevamente atrapan en su matriz a los residuos. El producto final parece obsidiana.

6.7. Polimerización.

La polimerización utiliza catalizadores para convertir monómeros o polímeros de bajo grado en compuestos particulares de alto peso molecular que pueden "encapsular" en su matríz diversos tipos de residuos.

6.8. Biorrecuperación.

La biorrecuperación es utilizada para tratar áreas contaminadas mediante el uso de la degradación microbiana de tipo aerobio. Generalmente los suelos o desechos son oxigenados mediante excavación y volteo, los nutrientes y las bacterias son adicionados artificialmente (sembrados) .

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

TEMAS: IV, V

IV, TRATAMIENTO RECICLO Y COMPOSTA

V, INCINERACION Y OTROS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

PALACIO DE MINERIA

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

TRATAMIENTO.

I. GENERALIDADES

El tratamiento de los residuos sólidos se presenta como una alternativa frente a la disposición final de éstos, ya sea en tiraderos a cielo abierto o bien en rellenos sanitarios. Lo interesante de esta alternativa puede deberse a varias razones. Primeramente, se tiene la elevación en los costos de disposición final de los residuos sólidos, dada la cada vez mayor dificultad para obtener terrenos aptos para ello cercanos a las ciudades, lo que ocasiona que se tengan que recorrer grandes distancias para transportar la basura a los sitios de disposición final. Se tiene también, la oposición de ciertos sectores de la población hacia esta práctica, ya que si bien un relleno sanitario considera en su diseño todas las medidas necesarias para prevenir los impactos en la salud y en el medio ambiente, el hecho de que la basura permanezca enterrada provoca una desconfianza ya que puede representar un riesgo con el paso de los años o en la eventualidad de una inundación, terremoto, etc.

Asimismo, debido a la degradación y escasez de los recursos naturales, así como a la elevación en los costos de ciertas materias primas y energéticos necesarios para la fabricación de productos diversos, se considerea a los residuos sólidos como una fuente alterna de materia para algunos procesos de fabricación, alternativa que se cancela cuando los subproductos factibles de ser reciclados son dispuestos y enterrados permanentemente en los rellenos sanitarios.

Como consecuencia de lo anterior, existe a nivel mundial una tendencia que se ha iniciado en los países

industrializados hacia el reciclaje y tratamiento de los residuos sólidos municipales, buscando con ello la racionalización y protección de los recursos así como minimizar los posibles efectos negativos en el medio ambiente.

El tratamiento de los residuos sólidos municipales puede ser definido como el conjunto de técnicas o métodos de procesamiento, físicos, químicos o biológicos, que se aplican a los desechos sólidos con la finalidad de modificar sus características. Los objetivos últimos del tratamiento de los residuos sólidos pueden ser varios, contándose entre los más comunes a los siguientes:

- reciclaje de subproductos
- reducción de volumen
- recuperación de energía
- eliminación de agresividad de los residuos
- facilitar su manejo

II. INCINERACION.

1. Introducción.

La incineración de los residuos sólidos municipales es un proceso de tratamiento que consiste en la transformación de la fracción combustible de aquéllos en un producto gaseoso (fundamentalmente bióxido de carbono y vapor de agua), y un producto sólido relativamente inerte y libre de microorganismos compuesto por escorias y cenizas, en base a una combustión controlada vía oxidación a altas temperaturas. En la práctica, el producto gaseoso puede contener además otro tipo de compuestos, como son el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre, ácido clorhídrico, etc., y aún compuestos tóxicos como

pueden ser las dioxinas y ciertos metales pesados. Por su parte, las escorias generalmente están compuestas por materiales incombustibles, tales como latas, piedras, vidrios, residuos de construcción, etc.

Mediante la incineración de los residuos sólidos municipales, se logran los siguientes objetivos básicos:

- reducción de volumen
- destrucción de gérmenes patógenos
- en ciertos casos, recuperación de energía

Este método de tratamiento se presenta como una alternativa interesante cuando no hay disponibilidad de terrenos para sitios de disposición final, o bien éstos se encuentran localizados a distancias considerables de las fuentes generadoras.

A continuación se enlistan las principales ventajas y desventajas de la incineración de residuos sólidos municipales.

Ventajas.

- permite una reducción del 80 al 90% del volumen original de los desechos.
- elimina completamente los microorganismos dadas las elevadas temperaturas de combustión (800-900 °C) y tiempos de residencia (de uno a dos minutos como mínimo, por lo general alrededor de treinta minutos).
- las condiciones climatológicas y meteorológicas no afectan el proceso.
- requiere de poco espacio, pudiendo localizarse dentro de una zona urbana.
- en ocasiones, la recuperación de energía es posible.

Desventajas.

- implica altos costos de capital, operación y mantenimiento.
- se requiere de personal especializado para las actividades de operación y mantenimiento.
- durante la combustión se destruyen materiales potencialmente reciclables.
- se requiere de equipos para control de emisiones sumamente eficientes con objeto de prevenir la contaminación ambiental.
- se requiere siempre de la disposición final de las cenizas y escorias.
- para residuos con bajo poder calorífico, no es posible obtener una autocombustión y es necesario utilizar combustible adicional.

2. Parámetros involucrados en la incineración.

La incineración de los residuos sólidos puede ser equiparada a un proceso de combustión normal, en el cual el combustible utilizado es la basura municipal. Sin embargo, a diferencia de un combustible tradicional, la basura presenta características en la composición, compactación y dimensión de sus componentes sumamente heterogéneas, aunado a que contiene un alto grado de humedad y un cierto porcentaje de materiales inertes o incombustibles.

2.1 Humedad. El agua contenida en los residuos sólidos no solamente no aporta calor, sino que lo toma de la combustión de éstos para su evaporación, por lo que constituye un parámetro de suma importancia en la incineración.

El contenido de agua de los residuos sólidos municipales es sumamente variable, situándose por lo general en un rango que va del 25 al 60% en peso, dependiendo de la

fuente generadora, condiciones meteorológicas, estación del año, etc. Un factor que influye directamente en el contenido de humedad de los residuos, específicamente en la temporada de lluvias, es el equipo utilizado para almacenar y recolectar a aquéllos, dependiendo de que se trate o no de contenedores y camiones recolectores cerrados.

La humedad contenida en los residuos puede ser disminuída en el proceso de incineración, en la fase de precalentamiento utilizando para ello el calor de los gases generados en el proceso de combustión.

2.2 **Material inerte.** Este tipo de componente está representado fundamentalmente por material mineral y metales diversos contenidos en los residuos sólidos. El contenido en peso de este tipo de material se encuentra en un rango del 15 al 40%. Aunque en este parámetro se encuentran incluidos componentes como botellas, latas, etc., con frecuencia la mayor proporción en peso se debe a cantidades importantes de escombros y materiales de construcción, que se depositan indebidamente en contenedores o en los camiones recolectores, lo cual a menudo daña los equipos de recolección.

2.3 **Poder calorífico.** El poder calorífico de un combustible (sólido o líquido) se define como la cantidad de calor que se desprende por la combustión completa de la unidad de masa correspondiente. El combustible y el comburente son tomados a una presión y temperaturas de referencia, y los productos de la combustión son llevados a la misma temperatura.

De acuerdo con el Sistema Internacional de unidades, el poder calorífico se expresa en Joules/kg. Sin embargo, en la práctica se recurre con mayor frecuencia a valores expresados en kilocalorías/kg (o bien calorías/g). En el

sistema inglés, la unidad de medida es el Btu/lb. Las equivalencias entre estas expresiones se anotan a continuación:

1 Joule/kg = 4,185.5 kcal/kg = 1.8 Btu/lb

Existen diferentes categorías de poder calorífico, dependiendo de la aplicación práctica que se considere. Para la incineración de los residuos sólidos, las categorías importantes son el poder calorífico superior y el inferior.

Poder calorífico superior. Se define suponiendo que el agua proveniente del combustible o formada durante la combustión (por combustión del hidrógeno) se encuentra totalmente en estado líquido en los productos de la combustión. Se incluye por lo tanto el calor de vaporización del agua contenido en los productos de la combustión.

Poder calorífico inferior. Se define suponiendo que toda el agua proveniente del combustible, o formada durante la combustión, permanece en la fase última como vapor de agua en los productos de la combustión; no comprende por consiguiente, el calor de vaporización del agua contenido en los productos de la combustión.

En aplicaciones industriales, se utiliza el poder calorífico superior, el cual indica la energía total disponible en el combustible . De hecho, es el único de los dos que puede ser medido directamente, usualmente por medio de una bomba calorimétrica; el poder calorífico inferior se deduce a partir del primero. La relación entre los dos valores se anota a continuación (a 25°C y 1.013 bar):

$$PCI = PCS \left[1 - \frac{H_u}{100} \right] - 5.83 \, (Hu + 9H),$$

donde Hu y H son respectivamente los porcentajes en masa de los contenidos de agua e hidrógeno de los residuos.

La figura No.1 muestra la carta de combustibilidad de los residuos sólidos, en la cual se relacionan los parámetros siguientes: contenido de humedad, cenizas y materia volátil. Existe una estrecha relación entre las proporciones de estos parámetros presentes en los residuos y el grado de combustibilidad de éstos; tal relación se muestra en forma gráfica en la mencionada figura 1 . La carta de combustibilidad muestra dos polígonos inscritos en el triángulo mayor; estos polígonos determinan la factibilidad de incineración para un tipo de residuos en particular, dependiendo de la combinación de los tres parámetros antes mencionados: los residuos que se ubiquen dentro del polígono No. 1 son factibles de ser incinerados; aquéllos que se ubiquen dentro del polígono No. 2 requerirán de un combustible adicional para su adecuada incineración.

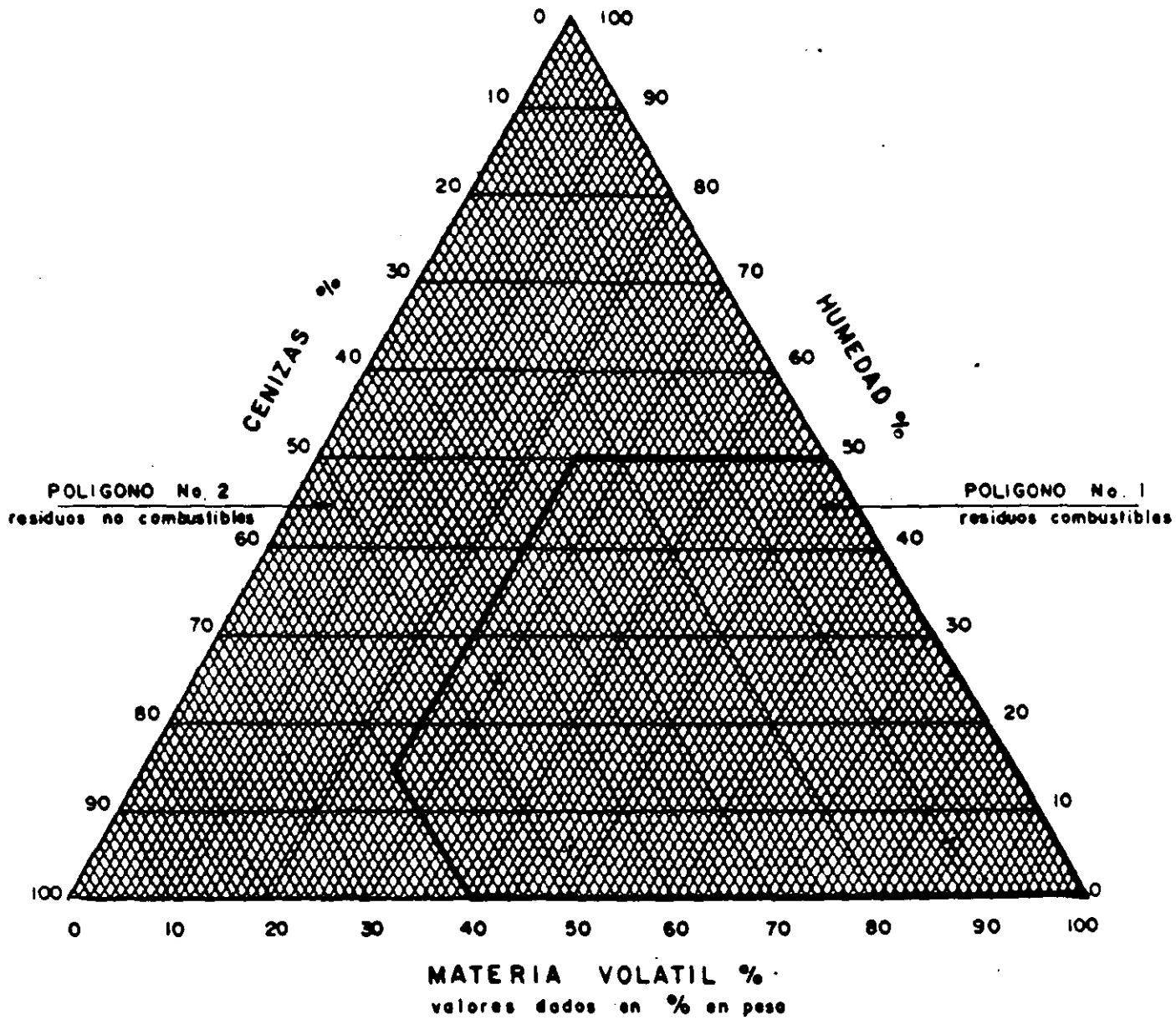
3. Tipos de incineración.

De manera general, y de acuerdo a los equipos de incineración de residuos sólidos actualmente disponibles en el mercado, aquélla puede ser clasificada de dos maneras: continua, y "batch" o intermitente.

a) Método de incineración continua.

Mediante la utilización de este método es posible llevar a cabo, de manera ininterrumpida, la alimentación de los residuos al horno, la combustión de los mismos, y la eliminación de las cenizas a una cierta velocidad predeterminada de acuerdo a las características de los

FIG. 1 CARTA DE COMBUSTIBILIDAD DE LOS RESIDUOS SOLIDOS



residuos. Este método es recomendable para la incineración de grandes volúmenes de residuos, y la planta correspondiente debe ser operada en principio de manera continua 24 horas diariamente.

b) **Método de incineración "batch" o intermitente.**

Cuando se utiliza este método de incineración, los residuos sólidos se alimentan en cargas de volumen predeterminado al horno, se efectúa la combustión y posteriormente se desalojan las cenizas una sola vez, yluego se repite el proceso. Comparados con los hornos de tipo continuo, los intermitentes cuentan con menos componentes y son de construcción más simple, y su aplicación se recomienda para la incineración en pequeña escala. Dadas las características de este proceso, es difícil asegurar condiciones estables de combustión.

3.1 Descripción del proceso de incineración continua.

El proceso de incineración de residuos sólidos puede sufrir pequeñas variantes dependiendo del país de origen del equipo, la patente utilizada, la ingeniería de diseño, etc.; sin embargo, es posible establecer un proceso general de incineración de tipo continuo, el cual consta básicamente de las siguientes etapas:

a) **Abastecimiento de residuos.** Esta primera etapa comprende la recepción de los residuos en una fosa de almacenamiento temporal. De esta fosa, los residuos son alimentados al horno, generalmente mediante el uso de una grúa de almeja.

b) **Incineración.** Es la etapa fundamental del proceso y consiste básicamente en la combustión de los residuos y la generación de gases producto de la combustión, así como de

cenizas y escorias. El equipo donde se lleva a cabo esta operación consta de un horno que puede ser de diferentes tipos, así como de los ventiladores y ductería necesarios para el adecuado abastecimiento de aire.

c) **Enfriamiento de los gases.** Dada la elevada temperatura a la cual comunmente se efectúa la combustión de los residuos (800 - 900 °C), es necesario enfriarlos antes de pasar a otros equipos para su tratamiento y su emisión a la atmósfera. Para lograr esto, se requiere de equipos de radiación de calor o enfriamiento en base a otros principios.

d) **Tratamiento de los gases.** Con objeto de evitar la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, es necesario dar a éstos un tratamiento mediante el uso de equipos de control, para eliminar el material particulado y los gases nocivos (SOX, NOX, etc.). Este objetivo se puede conseguir mediante el uso de equipos lavadores de gases, filtros, precipitadores electrostáticos, ciclones, etc.

e) **Expulsión de cenizas y escorias.** Estos productos, generados principalmente en el horno, son extinguidos después de la combustión y transportados a un sitio mediante el uso de bandas y tornillos sin fin, antes de ser evacuados a un contenedor o a un vehículo para su transporte a un sitio de disposición final por lo general. Asimismo, son recolectados los residuos generados en los equipos de tratamiento y enfriamiento de gases.

f) **Aprovechamiento del calor de combustión.** Cuando las características de los residuos permiten la recuperación y aprovechamiento de la energía en el proceso de combustión, es posible utilizar esta última para la generación de vapor o bien de electricidad, mediante el uso de los equipos requeridos (calderas, turbinas). El intercambio de calor que

se efectúa en las calderas permite bajar la temperatura de los gases de combustión.

En este punto conviene resaltar la importancia de la necesidad de efectuar un análisis cuidadoso de las características de los residuos sólidos a incinerar, tales como contenido de humedad, valor calorífico, etc., con objeto de determinar la viabilidad de instalar los equipos necesarios para recuperación de energía. Esto último es especialmente importante desde un punto de vista económico, ya que la diferencia en el costo de adquisición entre una planta incineradora con y sin recuperación de energía, puede significar un incremento de 40 a 50% sobre el costo de esta última.

g) **Emisión de gases de combustión.** Al término del proceso de incineración de los residuos sólidos, los gases de combustión son emitidos a la atmósfera a través de chimeneas de tiro forzado; las cuales deben contar con la altura necesaria para la adecuada dispersión de los gases emitidos.

3.2 **Tipos de horno de incineración continua.** Existen básicamente tres tipos de horno que operan bajo el esquema de incineración continua: de parrillas, rotatorio y de lecho fluidizado.

a) **Horno de parrillas.**

Este tipo de horno es el que se utiliza en la actualidad con mayor frecuencia para la incineración de residuos sólidos municipales.

El principal elemento de este tipo de horno son las parrillas móviles sobre las cuales se realiza la combustión de los desechos; el movimiento de las parrillas dispersa y hace avanzar los residuos favoreciendo su remoción y

combustión. La figura 2 muestra el esquema de una planta incineradora de este tipo.

b) Horno rotatorio.

Los incineradores de horno rotatorio constan, como elemento básico, de un cilindro de construcción robusta cuyo eje longitudinal se encuentra ligeramente inclinado. El cilindro-horno es puesto en rotación y la combustión se realiza durante el avance de los desechos que por gravedad y la rotación se trasladan de un extremo a otro del horno, a lo largo del eje longitudinal de éste.

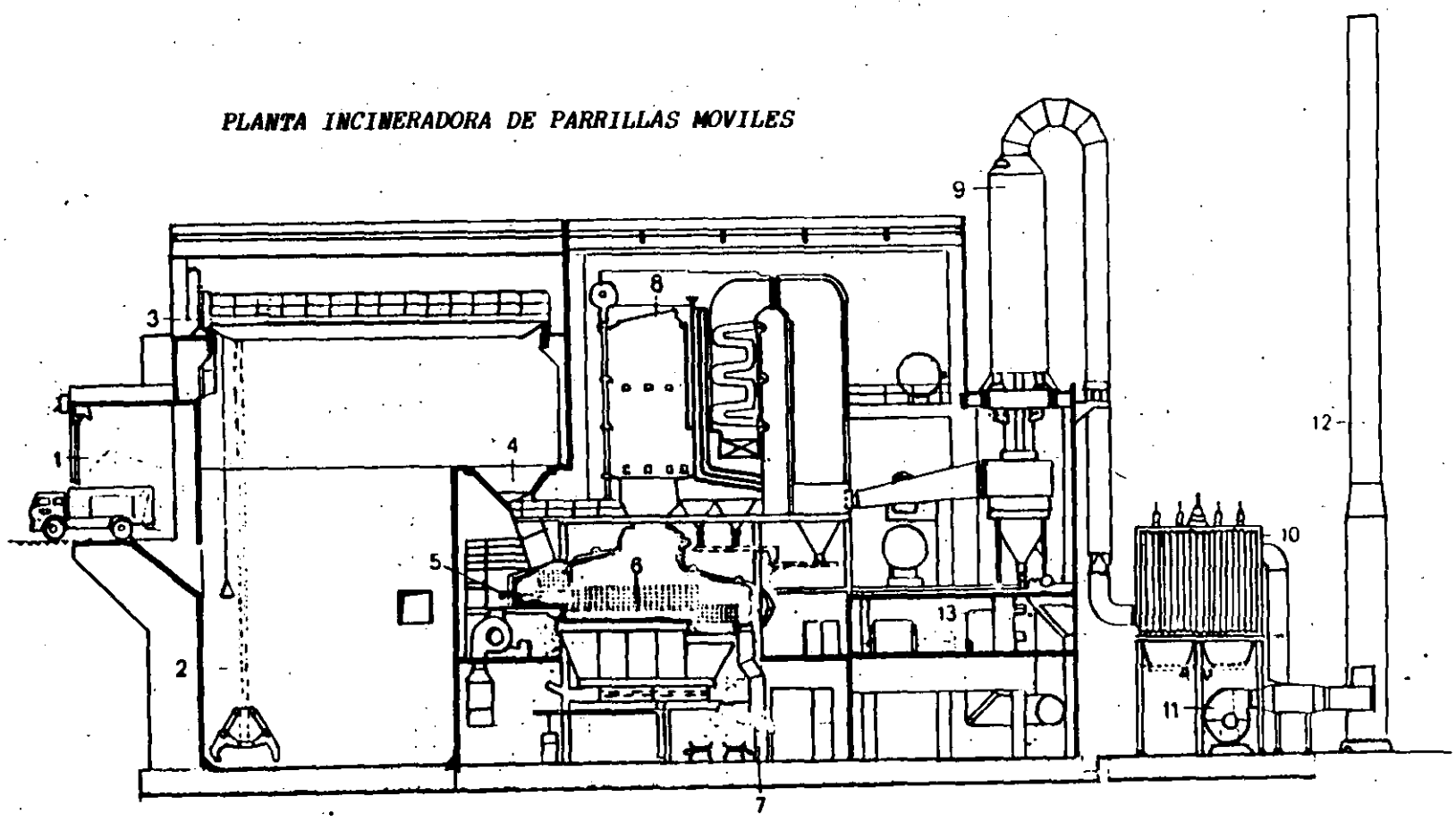
Por lo general, este tipo de horno se utiliza para la incineración de residuos industriales (especialmente los peligrosos); de hecho, es un equipo que tradicionalmente se ha utilizado en procesos industriales de fabricación, como por ejemplo, en la industria del cemento (ver figura 3).

c) Horno de lecho fluidizado.

En este sistema de incineración se forma un medio o "lecho" con arena de cuarzo u otro material de características similares, el cual se mantiene suspendido mediante una corriente ascendente de aire de combustión. Los residuos sólidos son desmenuzados y alimentados al horno; su combustión se inicia al entrar en contacto con el medio del lecho fluidizado que se encuentra a una elevada temperatura (ver figura 4).

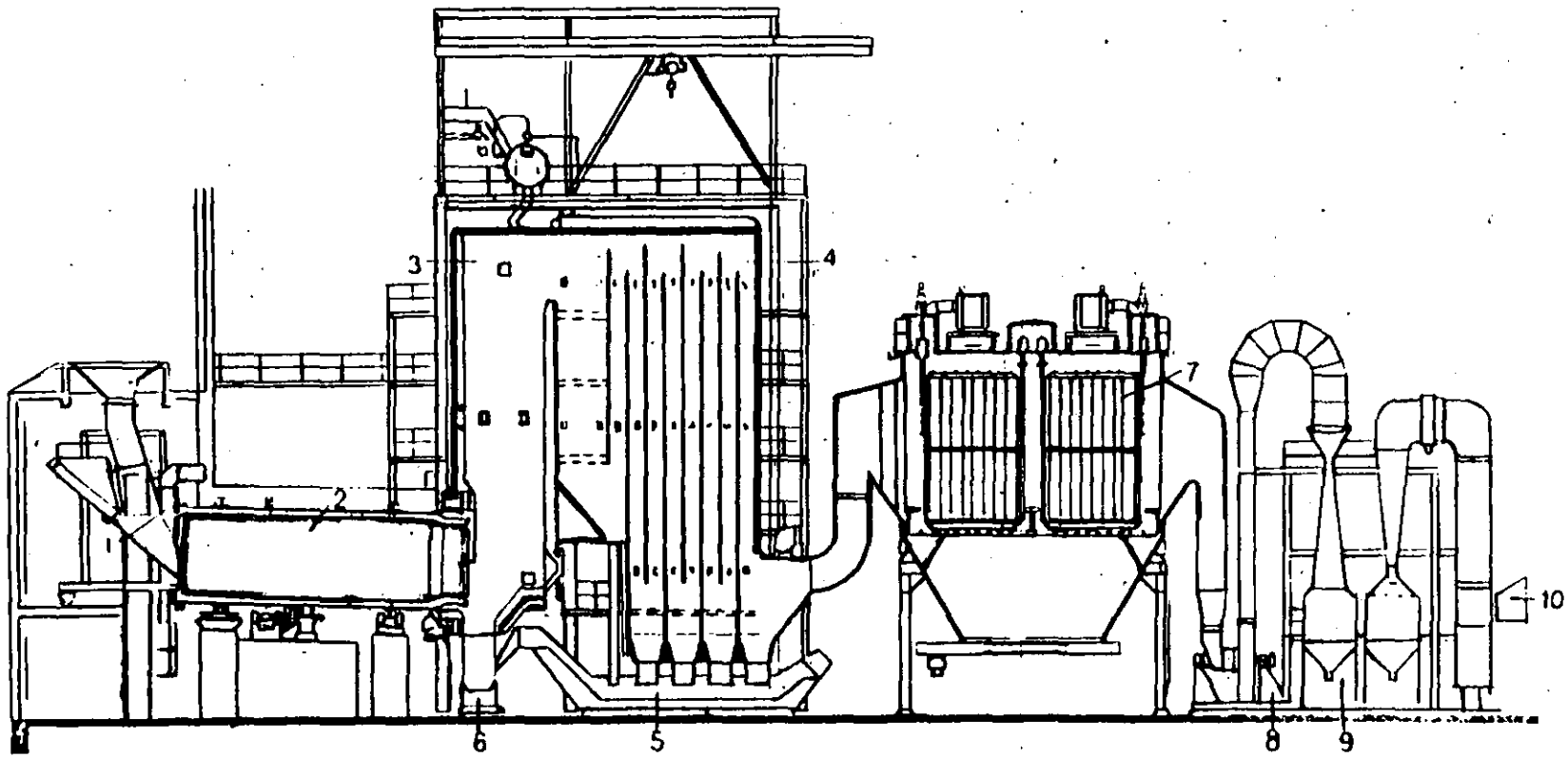
Este tipo de horno permite una mayor eficiencia en la combustión de los residuos, debido a que éstos tienen que pasar por una etapa previa de molienda requerida por el tipo de proceso. Asimismo, los tiempos de residencia son muy inferiores a los característicos de los otros tipos de hornos (1 a 2 minutos vs. 30 min.).

FIG. 2



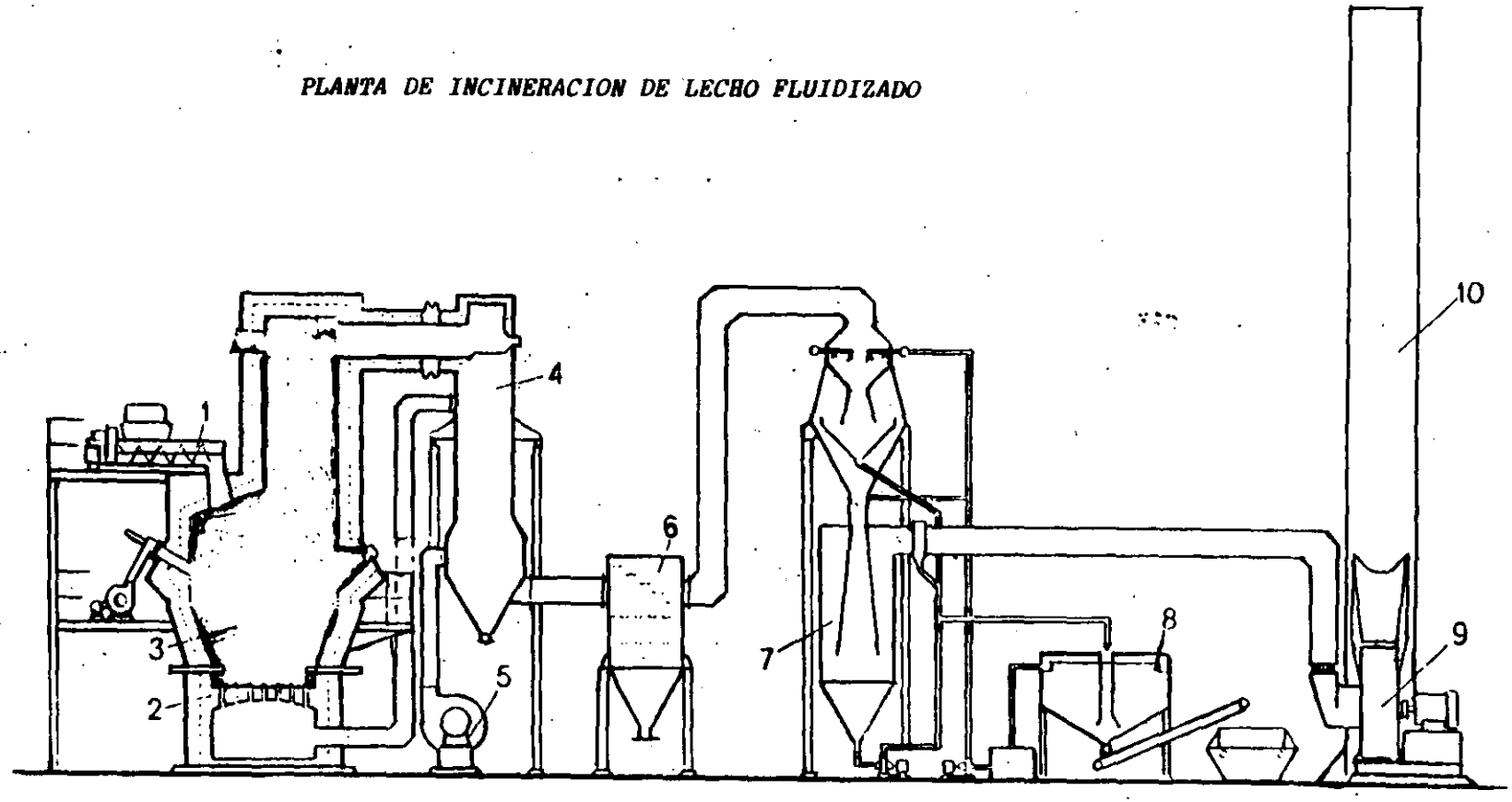
1. *Zona de descarga*
2. *Almeja hidráulica*
3. *Grúa viajera*
4. *Tolva de alimentación*
5. *Pistón de alimentación*
6. *Parrillas móviles*
7. *Sistema de extracción de escorias*
8. *Generador de vapor*
9. *Torre de absorción*
10. *Filtro de bolsas*
11. *Ventilador de tiro*
12. *Chimenea*
13. *Turbina*

PLANTA INCINERADORA DE HORNO ROTATORIO



1. *Dispositivo de alimentación*
2. *Horno rotatorio*
3. *Cámara de post-combustión*
4. *Caldera*
5. *Captación de cenizas*
6. *Descorificador*
7. *Precipitador electrostático*
8. *Ventilador de tiro inducido*
9. *Lavadores (2 etapas)*
10. *Conexión a la chimenea*

PLANTA DE INCINERACION DE LECHO FLUIDIZADO



1. *Sistema de alimentación*
2. *Charola de distribución*
3. *Combustor de lecho fluidizado*
4. *Precalentador de aire*
5. *Ventilador de tiro forzado*
6. *Ciclón*
7. *Lavador de gases*
8. *Tanque de sedimentación y neutralización*
9. *Ventilador de tiro inducido*
10. *Chimenea*

3.3 Descripción del proceso de incineración intermitente.

El proceso de incineración "batch" o intermitente es más simple que el continuo en sus componentes, con métodos de carga y descarga manuales o mecánicos. La figura 5 muestra dos hornos de este tipo, de diferentes capacidades (45 y 350 kg/hr). El proceso de incineración en este equipo consiste de pasos muy sencillos, ya que generalmente la alimentación de residuos y la descarga de cenizas se lleva a cabo en forma manual. Primeramente se introducen los residuos en el horno que se encuentra a la temperatura adecuada, en la cantidad de acuerdo a la capacidad de diseño. Posteriormente, se someten a la combustión durante el tiempo necesario y de acuerdo a las especificaciones del equipo y características de los residuos. Finalmente, una vez efectuada la combustión, las cenizas son retiradas del horno. Cabe mencionar que en los equipos de diseño simple, es necesario esperar un tiempo razonable hasta que la temperatura de las cenizas descienda suficientemente para permitir su manejo, aunque por lo general los equipos modernos incluyen sistemas de extinción de cenizas; así como la opción de alimentación y descarga automáticas.

III. PRODUCCION DE COMPOSTA.

La producción de composta o compostaje, consiste fundamentalmente en la degradación biológica de la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos municipales, la cual puede ser conseguida siguiendo métodos diversos. El resultado obtenido mediante este proceso es un producto que, si bien no posee las características de un fertilizante completo, sí es susceptible de ser utilizado como un mejorador de suelos para uso agrícola y en jardines, ya que su aplicación permite reintegrar a aquéllos ciertos

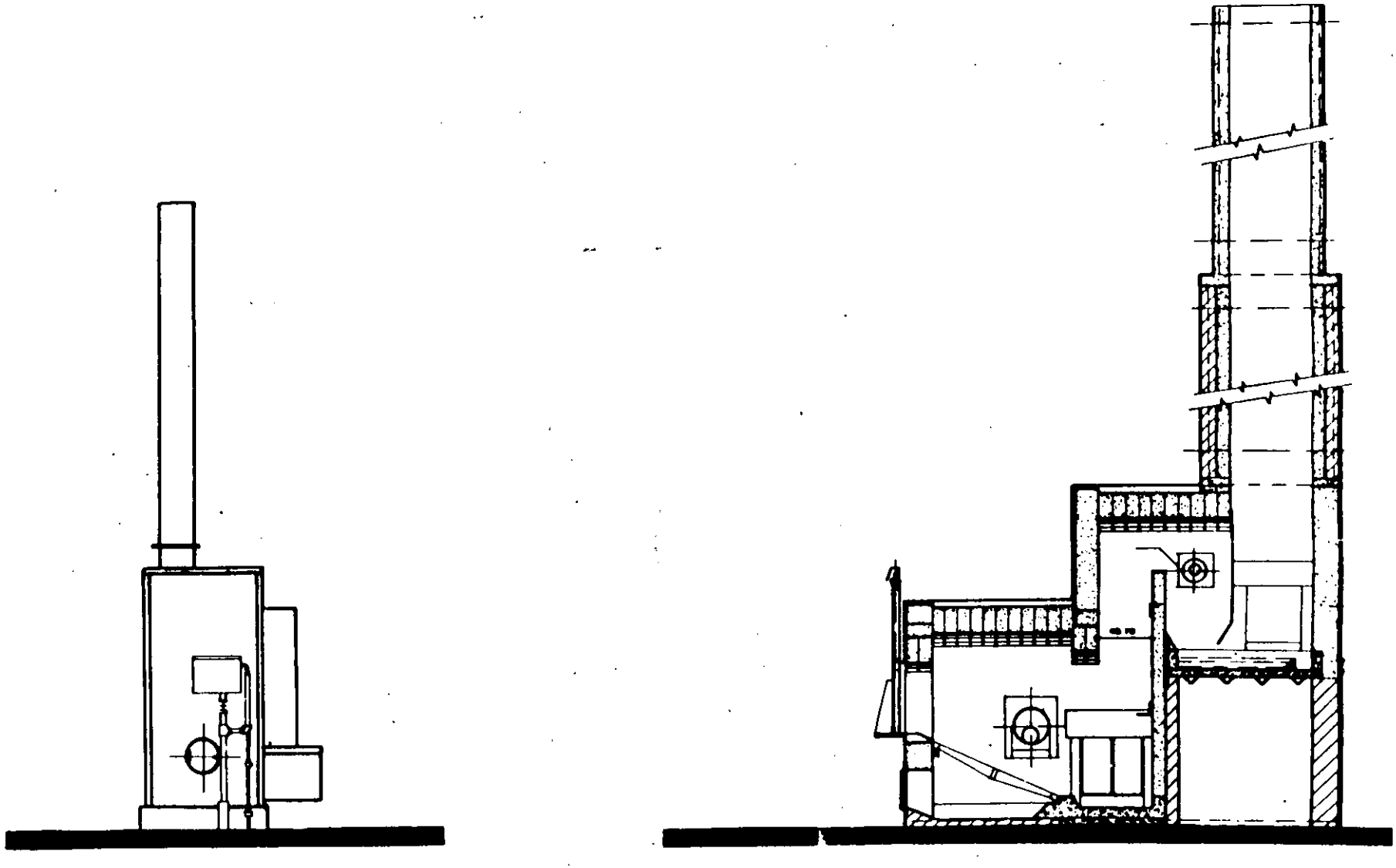


FIG.5 INCINERADORES INTERMITENTES

nutrientes agotados por la siembra extensiva de cultivos y otras actividades. En la práctica, es posible utilizar como insumos, otros productos tales como lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales.

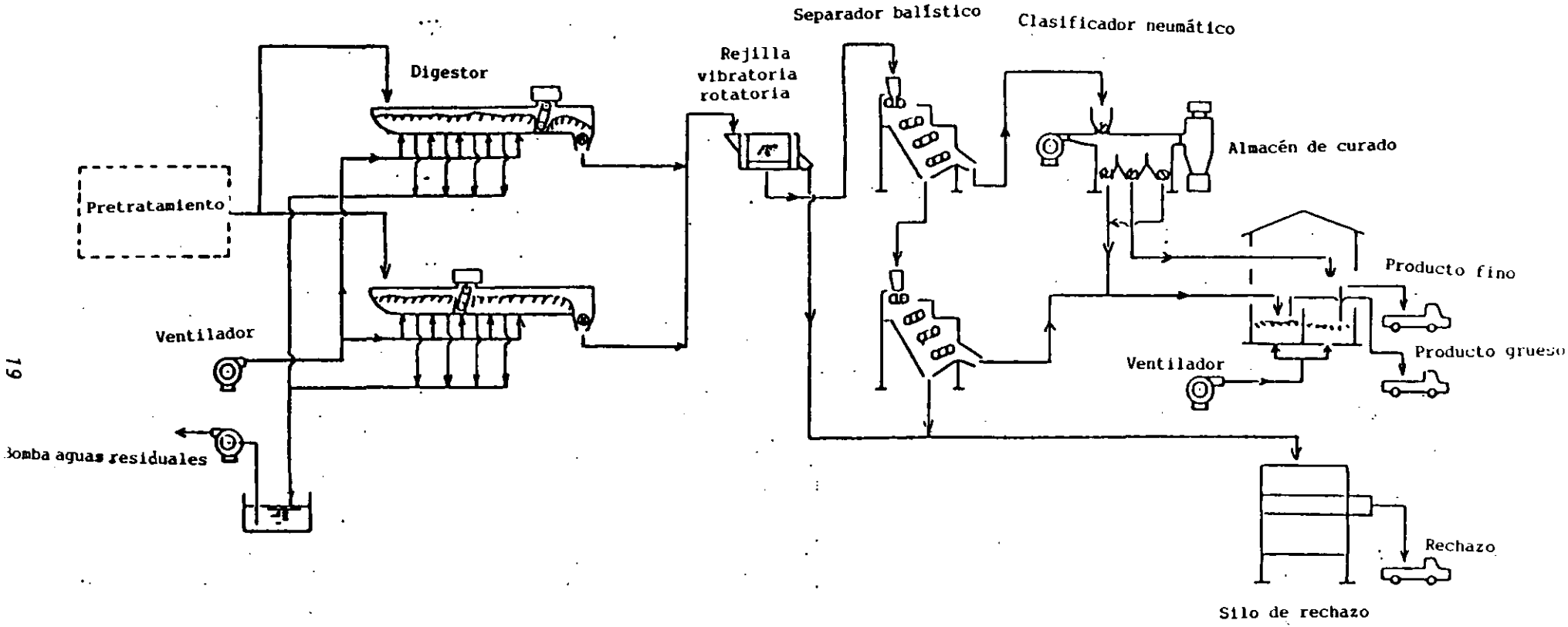
El proceso de compostaje requiere que los componentes no biodegradables de los residuos sólidos sean separados de antemano con objeto de obtener un producto de buena calidad, por lo que, además de la ventaja conseguida al producir un mejorador de suelos a partir de la basura, se tiene la posibilidad de recuperar subproductos reciclables, con lo cual se reducen significativamente los volúmenes de residuos que es necesario destinar a la disposición final en rellenos sanitarios y por consiguiente se incrementa la vida útil de éstos.

En cualquier caso, la decisión para implantar o no este tipo de tratamiento depende en gran medida de la posibilidad de comercializar o de aplicar de manera adecuada el producto obtenido. Por consiguiente, la existencia de un mercado potencial local suficientemente atractivo es una condicionante para optar favorablemente por esta alternativa.

1. Descripción del proceso de compostaje.

El proceso establecido para la generación de composta se caracteriza por dos etapas básicas: primeramente, se requiere separar de los residuos sólidos aquellos componentes no biodegradables. La segunda etapa consiste propiamente en la degradación biológica de la materia orgánica bajo condiciones controladas.

A continuación se efectúa una breve descripción de los principales pasos que conforman el proceso de compostaje dentro de una planta de tratamiento de este tipo (figura 6).



(Source : GOTOH, 1981)

Fig. 6 Proceso de composta alta tasa

En primer término, los residuos sólidos recibidos en la planta son pesados con objeto de llevar un control sobre los volúmenes que ingresan a las instalaciones.

Posteriormente, los residuos son depositados por los vehículos en una fosa de recepción, donde son temporalmente almacenados para luego ser alimentados a unas tolvas, generalmente mediante el uso de grúas de almeja.

Las tolvas a su vez alimentan a unas bandas transportadoras de rodillos sobre las que se depositan los residuos. A lo largo y a ambos lados de estas bandas se encuentran colocados los operarios que llevan a cabo la separación en forma manual, de subproductos reciclables tales como vidrio blanco y de color, papel, plástico, etc.; estos productos son depositados por los operarios en tolvas que a su vez alimentan otras bandas transportadoras para cada tipo de material separado.

La porción de residuos que no es recuperada, constituida en gran medida por materia orgánica, continúa en la banda transportadora, la cual alimenta a través de una tolva a un molino desmenuzador, donde la fracción remanente es triturada en fragmentos de tamaño más o menos homogéneo, con la finalidad de lograr una mayor eficiencia durante el proceso de fermentación.

Después que los residuos son triturados, éstos son sometidos a la acción de un electroimán, con objeto de separar automáticamente los desechos constituidos por metal ferroso y enviarlos a un área específica; el resto es enviado a una criba vibratoria con objeto de uniformar el tamaño de las partículas y separa aquellos subproductos que escaparon a la separación manual y no deben continuar a la siguiente etapa del proceso.

De esta manera, se logra obtener un material constituido basicamente por elementos orgánicos, el cual conforma la materia prima inmediata para la producción de composta.

A continuación se tiene la etapa de fermentación, la cual puede estar basada en un proceso de alta tasa o bien de fermentación lenta.

a) Proceso de alta tasa.

Este proceso requiere de instalaciones y equipo especiales, por lo que lleva implícita una alta inversión de capital. Se lleva a cabo en instalaciones cerradas donde es relativamente fácil controlar los parámetros involucrados en el proceso, ya que en este caso el,proceso no se ve afectado por las condiciones climatológicas locales.

Dentro de las instalaciones se cuenta con equipos de agitación mecánica, con objeto de efectuar una aereación eficiente manteniendo una separación casi permanente de las partículas de materia orgánica.

Actualmente existen en el mercado varios diseños de cámaras fermentadoras o digestores de alta tasa: verticales de piso múltiple, verticales de paletas, horizontales tipo horno rotatorio, horizontales de paletas, etc. Dependiendo del diseño utilizado y las características de los residuos, el tiempo requerido para lograr la fermentación siguiendo el proceso de alta tasa, puede variar entre tres y quince días.

b) Proceso de fermentación lenta.

Este tipo de proceso se lleva a cabo generalmente a la intemperie, formando pilas de longitud variable sobre el suelo, y comprende una etapa preliminar de fermentación y una posterior de maduración o estabilización, lo cual

requiere de extensiones considerables de terreno. En este caso, es necesario revolver o agitar los residuos periódicamente utilizando un cargador frontal o algún otro medio, con objeto de asegurar la degradación aerobia efectuada por los microorganismos.

A diferencia del proceso de alta tasa, éste requiere de uno a tres meses para llevarse a cabo, y se ve afectado directamente por las condiciones climatológicas del sitio cuando se efectúa a la intemperie, que es la práctica más común en estos casos.

Para los dos procesos de fermentación descritos, existe una etapa posterior de molido fino y envasado, cuando las condiciones de comercialización y distribución del producto final así lo requieran.

2. Consideraciones particulares del proceso de fermentación.

Existen ciertos parámetros que es necesario considerar y controlar durante el proceso de degradación de la materia orgánica, con objeto de lograr una fermentación adecuada y un producto final de buena calidad. A continuación se enlistan estos parámetros, mencionando rangos de valores en algunos casos; cabe señalar que estos valores son indicativos y los valores idóneos deberán ser establecidos para cada localidad en particular.

a) Contenido de humedad.

Se recomienda que éste permanezca dentro de un rango del 50 al 60% durante el proceso de fermentación.

b) Relación carbono-nitrógeno (C/N).

Se recomienda una relación C/N inicial de 30 a 50 para lograr una fermentación adecuada, pasando a un rango de 25 a 35 en la etapa de estabilización.

c) Temperatura.

Es conveniente mantener la temperatura entre 50 y 55°C durante los primeros días de fermentación, y entre 55 y 60°C para el resto del proceso. Si la temperatura rebasa los 65 °C, la actividad biológica puede verse drásticamente reducida, sin embargo, es recomendable elevar la temperatura hasta 70 °C durante un máximo de 24 horas, con objeto de eliminar gérmenes patógenos, semillas de maleza y otros.

d) Inoculación o siembra.

Con objeto de acelerar el proceso de fermentación, es conveniente inocular la materia orgánica con residuos sólidos en descomposición, lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales, estiércol, etc.

e) Tamaño de las partículas.

Conviene que éste se encuentre en un rango de 2.5 a 7.5 cms., con objeto de lograr una eficiencia adecuada en la aereación.

f) pH.

El pH no deberá ser mayor a 8.5, con objeto de evitar las pérdidas de nitrógeno en forma de gas amoníaco.

IV. REDUCCION DE VOLUMEN.

La reducción de volumen de los residuos sólidos se lleva a cabo con objeto de facilitar su manejo y, fundamentalmente, para alargar al máximo la vida útil de los sitios de disposición final. Ya se ha mencionado a la

incineración como una manera particular de lograr este objetivo; en este apartado se revisarán otros métodos disponibles para lograr la reducción de volumen.

1. Compactación.

Por lo general, en nuestro país este proceso se lleva a cabo principalmente en las etapas de recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos, sin embargo, es posible efectuarlo también en otras etapas del manejo de los residuos sólidos, como pueden ser las estaciones de transferencia. En el caso de los sitios de disposición final, el equipo empleado para la compactación de los residuos consiste en tractores de oruga, o bien en compactadores diseñados específicamente para ese fin, los cuales dan varias "pasadas" sobre los residuos hasta lograr su objetivo. De estos equipos y el procedimiento a seguir para la compactación de los residuos en rellenos sanitarios se hablará más adelante, en el capítulo correspondiente a disposición final. De la misma manera, no se revisarán aquí los equipos de compactación integrados en los vehículos de recolección y transferencia, que se encuentran considerados por separado.

Los equipos normalmente utilizados en las estaciones de transferencia para reducir el volumen de los residuos sólidos constan básicamente de una estructura robusta donde se compactan los residuos en base a un sistema hidráulico. Después de conseguir la compactación, existen dos alternativas dependiendo del equipo con que cuente la estación. La primera, consiste en cargar los residuos compactados en una caja de transferencia, dejando que sea la estructura de ésta el único control para mantener el peso volumétrico conseguido por el equipo de compactación. Por consiguiente, al descargar los residuos en el sitio de

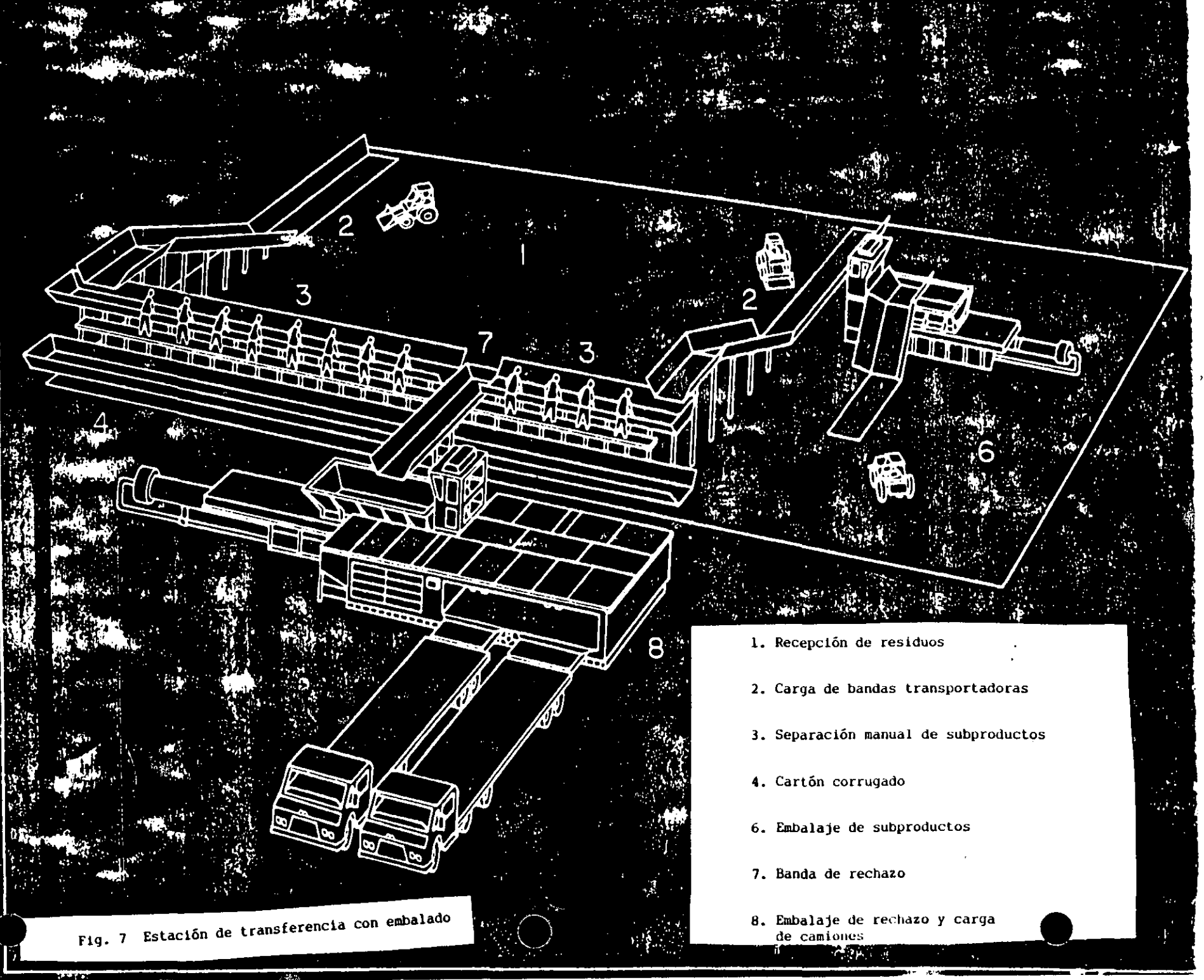
disposición final, éstos recuperan parcialmente su peso volumétrico anterior a la compactación.

La segunda alternativa considera, como paso adicional a la compactación, el flejado con alambre de acero para evitar que los residuos se re-expandan y mantengan la densidad conseguida aún después de ser dispuestos en un relleno sanitario. De hecho, lo que se consigue es conformar una "paca" de basura de dimensiones relativamente considerables.

Este método se ha utilizado con éxito sobre todo en Estados Unidos y Japón; en este último país se utiliza además una malla de alambre adicional al flejado. La figura No. 7 muestra el esquema de una estación de transferencia con embalaje de subproductos y de rechazo para ser enviado a disposición final u otro tratamiento.

Las ventajas obtenidas con este método son las siguientes:

- el peso volumétrico obtenido es de 1.5 a 2 veces superior al que se obtiene en un relleno sanitario bien consolidado.
- se disminuyen los asentamientos en rellenos sanitarios.
- se disminuye la emisión de olores y el riesgo de proliferación de vectores.
- en ciertos casos, es posible disponer hasta un 60% más de residuos sólidos en un relleno sanitario.
- los requerimientos en material de cubierta pueden verse reducidos hasta en un 75%.
- incremento considerable en la vida útil de un relleno sanitario.
- mayor eficiencia de los vehículos en el transporte de residuos.



1. Recepción de residuos
2. Carga de bandas transportadoras
3. Separación manual de subproductos
4. Cartón corrugado
6. Embalaje de subproductos
7. Banda de rechazo
8. Embalaje de rechazo y carga de camiones

Fig. 7 Estación de transferencia con embalado

Entre las desventajas de este método se pueden mencionar las siguientes:

- altos costos de inversión en el equipo e instalaciones.
- el lixiviado generado puede presentar una mayor agresividad.
- el método no es aplicable cuando los residuos presentan altos contenidos de humedad.

2. Fragmentación.

Dentro del término fragmentación se comprende a todas aquellas técnicas que tienen por objeto la reducción y homogenización del tamaño de las partículas que conforman los residuos sólidos municipales (molido, pulverizado, trituración, desmenuzado, etc.). Normalmente la fragmentación se considera como una actividad de pre-tratamiento, y se lleva a cabo generalmente con el objeto de dar a los residuos una preparación para un tratamiento o destino posterior, mediante la modificación de ciertas características físicas. Esta modificación se traduce en una reducción en el volumen global de los residuos, así como en una homogenización de sus características físicas (tamaño de partícula, peso volumétrico, composición, etc.).

Los efectos conseguidos mediante la fragmentación de los residuos sólidos adquieren mayor o menor importancia dependiendo del tratamiento posterior al que éstos serán destinados. Para el caso de un relleno sanitario, las ventajas se encuentran representados por:

- un mayor grado de compactación
- menores asentamientos locales posteriores a la clausura
- mayor vida útil del sitio
- menores riesgos de incendio, incidencia de vectores y olores
- menor daño a los equipos de trabajo utilizados en el sitio

Para el caso de la incineración, al tener un combustible más homogéneo se puede lograr un mayor control sobre el proceso correspondiente, y con ello una mayor eficiencia en la combustión de los residuos. Asimismo, se evitan riesgos de daño a las partes que conforman el equipo de combustión. En el caso de utilizar hornos de lecho fluidizado, el molido de los residuos es un requisito indispensable (lo mismo que en la fabricación de composta).

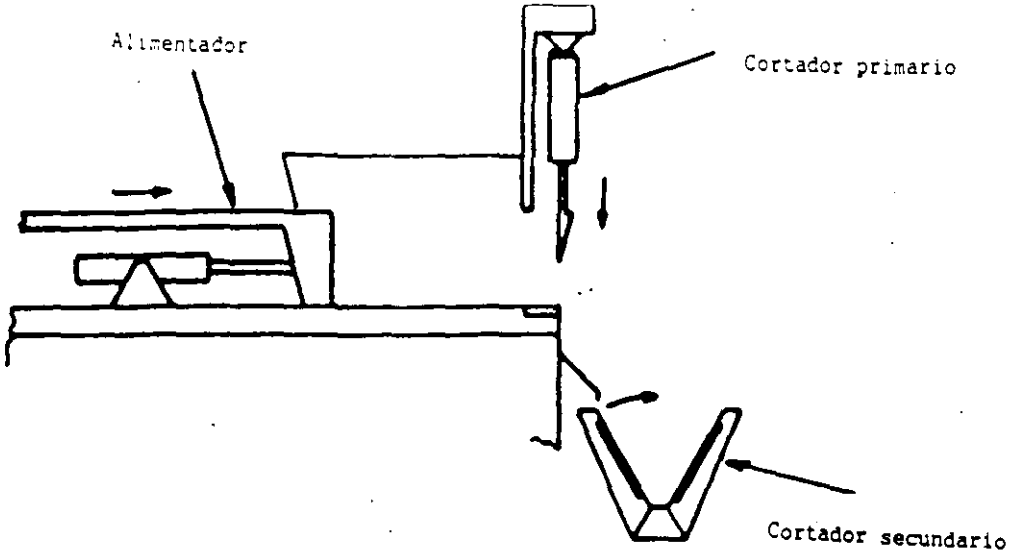
En el transporte de los residuos sólidos, se logra una mayor eficiencia al permitir un mejor "acomodo" de éstos en los vehículos de transporte.

Finalmente, y de manera general, el manejo de los residuos se facilita considerablemente cuando son sometidos al proceso de fragmentación.

2. Equipo utilizado para la fragmentación.

Los equipos actualmente disponibles para lograr la fragmentación de los residuos sólidos son muy diversos y se basan en distintos principios de operación. Las figuras 8 y 9 muestran algunos de los equipos más comunmente usados con este propósito.

De los equipos mostrados, el más utilizado es el denominado molino de martillos, el cual se compone de una



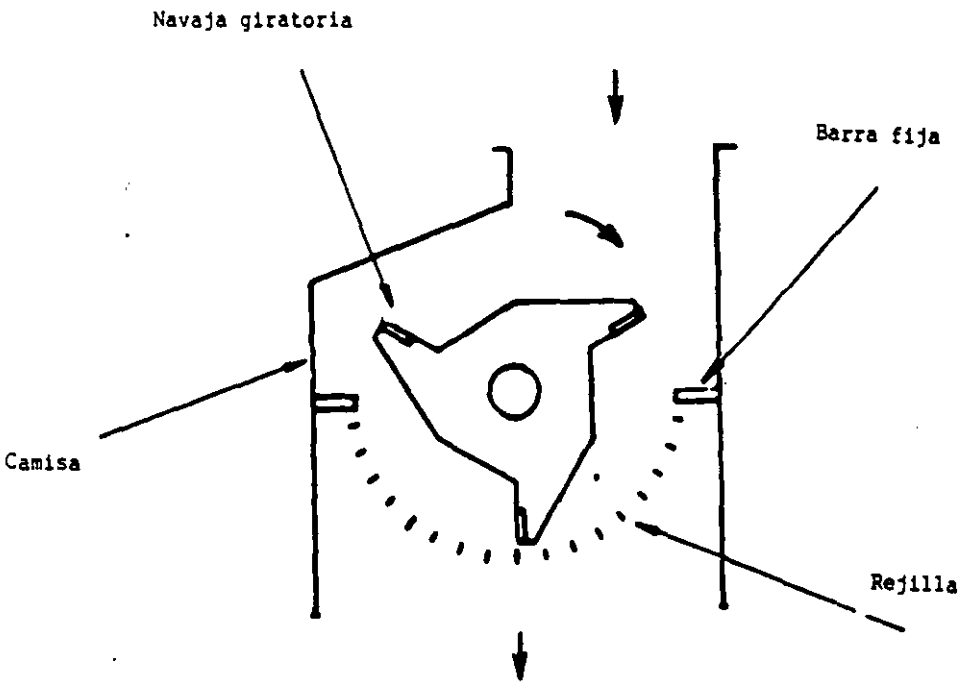
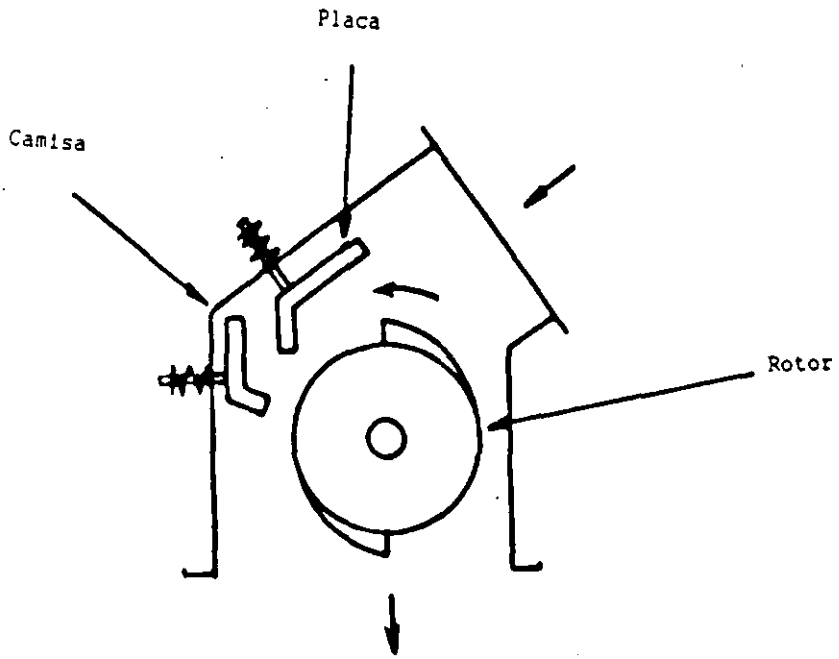


Fig. 8 Cortadores



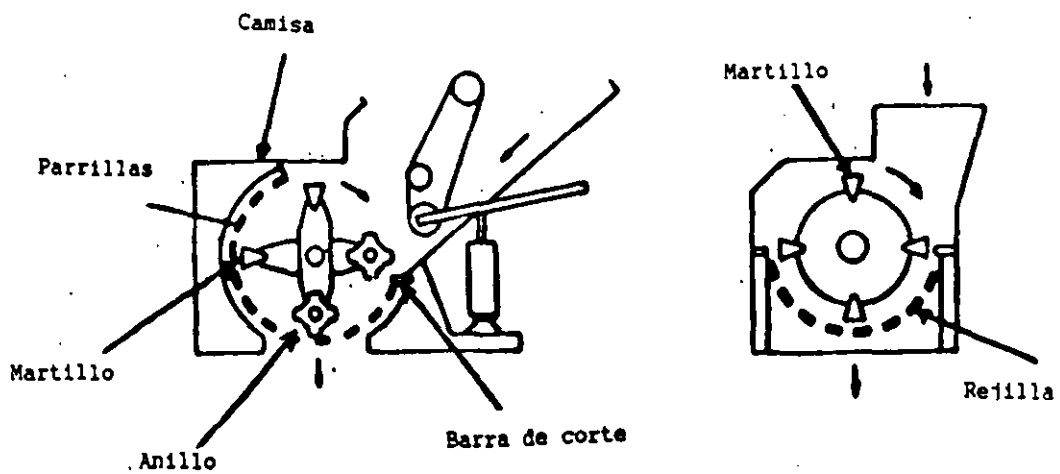


Fig. 9 Molinos

estructura fija en acero o camisa al interior de la cual pueden girar uno, dos o tres rotores sobre un eje vertical u horizontal; dentro de la estructura se encuentran fijas una o más parrillas cuya posición puede ser regulada. Los rotores son accionados por un motor eléctrico a través de una correa o bien otro mecanismo de transmisión. Sobre los ejes de los rotores se encuentran fijados discos de acero espaciados por lo general a cada diez centímetros; sobre estos discos se encuentran a su vez fijados los martillos formados por barras rectangulares en acero, los cuales pueden girar libremente sobre su eje. Cuando el rotor gira a alta velocidad, los martillos adoptan una posición radial por el efecto de la fuerza centrífuga y golpean todo lo que se encuentra en su radio de influencia, girando sobre su eje después del impacto o cuando se introduzca un objeto sumamente duro o voluminoso evitando así que se dañe u obstruya el equipo.

La granulometría deseada se obtiene regulando diferentes parámetros de operación: número y colocación de los martillos, velocidad de rotación, velocidad tangencial, espaciamiento de las barras de la parrilla, etc.

La velocidad tangencial del martillo en el punto de impacto tiene un efecto determinante en el resultado obtenido. Para la eliminación completa del vidrio, esta velocidad deberá encontrarse entre 80 y 100 m/s, con lo cual el 80% del vidrio es pulverizado, y el resto es reducido a partículas muy pequeñas sin bordes cortantes. Conociendo el diámetro de los rotores, es posible obtener la velocidad de rotación necesaria que puede variar de 500 a 2,300 rpm dependiendo del equipo.

El molino de martillos consume una gran cantidad de energía, que es variable según el gasto de alimentación y la granulometría deseada. En razón de las características

dimensionales de los residuos crudos, la potencia instalada generalmente es superior a 150 CV, ya que los residuos no han sufrido una pre-selección. El gasto horario y el rendimiento granulométrico son función de la potencia. Para una granulometría final de 80 mm., en promedio, la potencia requerida es de 15 CV por ton/hora de alimentación.

Por lo general, los residuos sólidos presentan características de abrasividad elevada, por lo que las piezas sometidas a un desgaste excesivo (martillos, parrillas, placas de protección, etc.) deben ser susceptibles de desmontarse fácilmente y ser reemplazadas rápidamente. El desgaste de estas piezas depende de factores tales como: alimentación horaria de residuos, granulometría deseada, y el tipo de residuos tratados. En ocasiones, la vida de estas piezas se puede prolongar utilizando aleaciones de metales o aceros especiales, lo cual resulta sumamente costoso. Por lo general, los martillos de los molinos son invertidos en su posición cuando presentan medio uso, excepto en los equipos en que es posible invertir el sentido en el giro del rotor. A continuación se anota, de manera indicativa, la vida útil expresada en toneladas molidas por un juego de martillos en acero ordinario, en función de la granulometría deseada:

- 600 toneladas para 35 mm.

- 800 toneladas para 55 mm.

- 1,000 toneladas para 75 mm.

- 1,200 toneladas para 100 mm.

V. SEPARACION.

Los residuos sólidos que se desechan en los hogares, comercios, parques, etc., se convierten en basura propiamente dicha al ser mezclados con otro tipo de residuos. Este mezclado se lleva a cabo en los recipientes domésticos, contenedores, en los vehículos recolectores o de transferencia, así como en los sitios de disposición final. Desde este punto de vista, la separación de subproductos puede darse desde el inicio del ciclo de los residuos sólidos, es decir, en la fuente generadora, con lo cual se evita el mezclado de residuos de diferentes tipos. La alternativa a este tipo de separación es la que se da de manera posterior a la recolección y transporte de los residuos, que es la más común en nuestro medio.

1. Separación en la fuente.

Es el método de separación más sencillo; de hecho, no se da una separación sino que se evita el mezclado de los residuos en la fuente generadora. Es la alternativa que recientemente ha adquirido más relevancia y más apoyo especialmente en los países industrializados, donde los costos de disposición final y de tratamiento han alcanzado niveles sumamente elevados, aunque también se ha iniciado su desarrollo en países con otras características.

Para lograr el desarrollo de un eficiente programa de separación en la fuente, es necesario cumplir como mínimo dos requisitos fundamentales:

- conciencia ciudadana
- infraestructura de apoyo

El primero de estos requisitos es necesario para que el ciudadano esté convencido de la conveniencia y necesidad de

llevar a cabo la separación en la fuente. Si bien es cierto que se pueden usar ciertos incentivos para el convencimiento del público en general, tales como la remuneración económica mediante la comercialización de subproductos, es necesario de cualquier manera que exista una conciencia y un convencimiento de que con la separación en la fuente se logran ventajas que repercuten en beneficio de la comunidad y el medio ambiente. Ahora bien, si no existe una infraestructura de apoyo, no tiene ninguna ventaja efectuar la separación de residuos en la fuente, ya que éstos serían mezclados en los camiones recolectores, o bien el ciudadano no podría realizar su comercialización. Por lo tanto, es necesario establecer una estrategia completa a efecto de que los subproductos separados puedan ser recolectados en forma adecuada, ya sea mediante vehículos especiales o bien programando la recolección en diferentes días para diferentes tipos de residuos. Asimismo, la estrategia debe considerar el establecimiento de centros de acopio, para la recepción de subproductos de aquellos ciudadanos que prefieran llevarlos a estos sitios.

Por otro lado, y a nivel doméstico, también es necesario contar con la infraestructura requerida para el almacenaje separado de los subproductos reciclables, lo cual generalmente demanda un mayor espacio en el lugar donde se acostumbre guardar la basura en una vivienda.

2. Separación posterior.

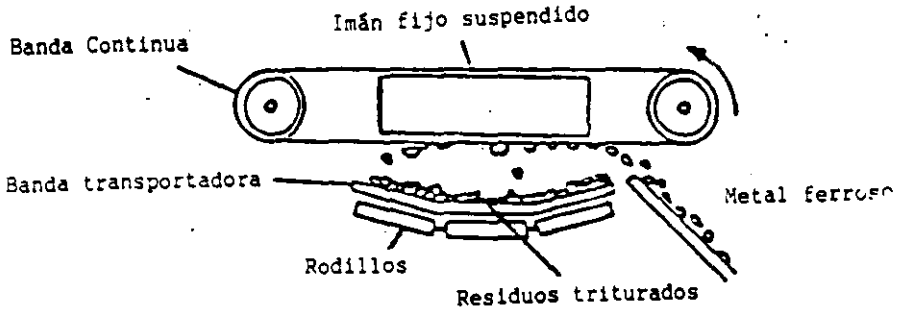
La separación de subproductos a partir de los residuos sólidos, fuera de la fuente generadora, es una práctica que comunmente se da desde la etapa de recolección de dichos residuos y hasta su disposición final. En efecto, la separación de subproductos es efectuada por los barrenderos, la tripulación de los vehículos, y los "pepenadores" que operan en los sitios de disposición final. Sin embargo,

dicha separación se lleva a cabo de manera informal, y frecuentemente en condiciones de insalubridad y de alto riesgo para las personas que llevan a cabo esta tarea, así como con muchas molestias para la población expuesta a este tipo de actividades.

Por otro lado, en la actualidad existen disponibles en el mercado tecnologías y equipos cuyo objetivo es la separación mecánica de los subproductos contenidos en los residuos sólidos. Esta separación puede ser completamente mecanizada o bien una combinación de equipo mecánico y separación manual.

El método de separación combinado utiliza fundamentalmente bandas transportadoras de rodillos accionadas por motores y sobre las cuales los residuos se desplazan a cierta velocidad y con un espesor determinado. A ambos lados de las bandas se colocan operadores que se dedican a separar manualmente un tipo preestablecido de material, el cual van depositando en contenedores o tolvas que se encuentran ubicadas próximas a los operadores. Sobre la banda permanece el material de rechazo que se envía a algún tipo de tratamiento o bien a disposición final.

La separación mecanizada utiliza principios de tipo balístico, neumático, magnético y otros para separar los subproductos contenidos en la basura, aprovechando sus características físicas. Las figuras 10, 11 y 12 muestran algunos de los equipos comunmente utilizados en la separación mecánica de subproductos.



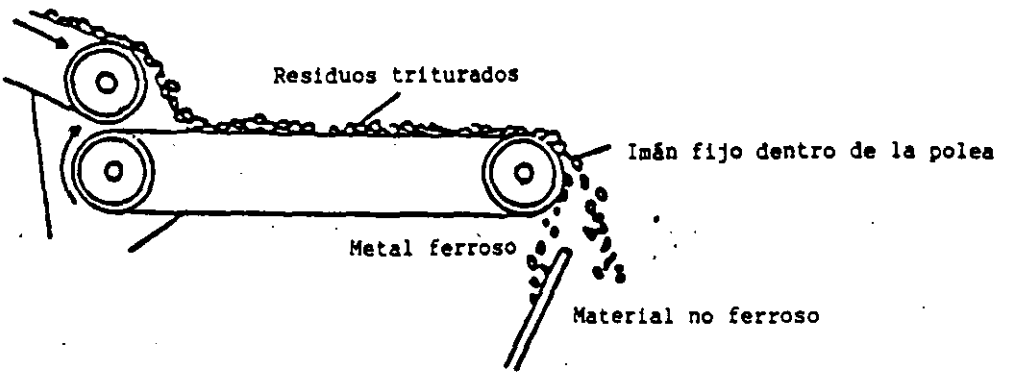


Fig. 10 Separadores magnéticos típicos

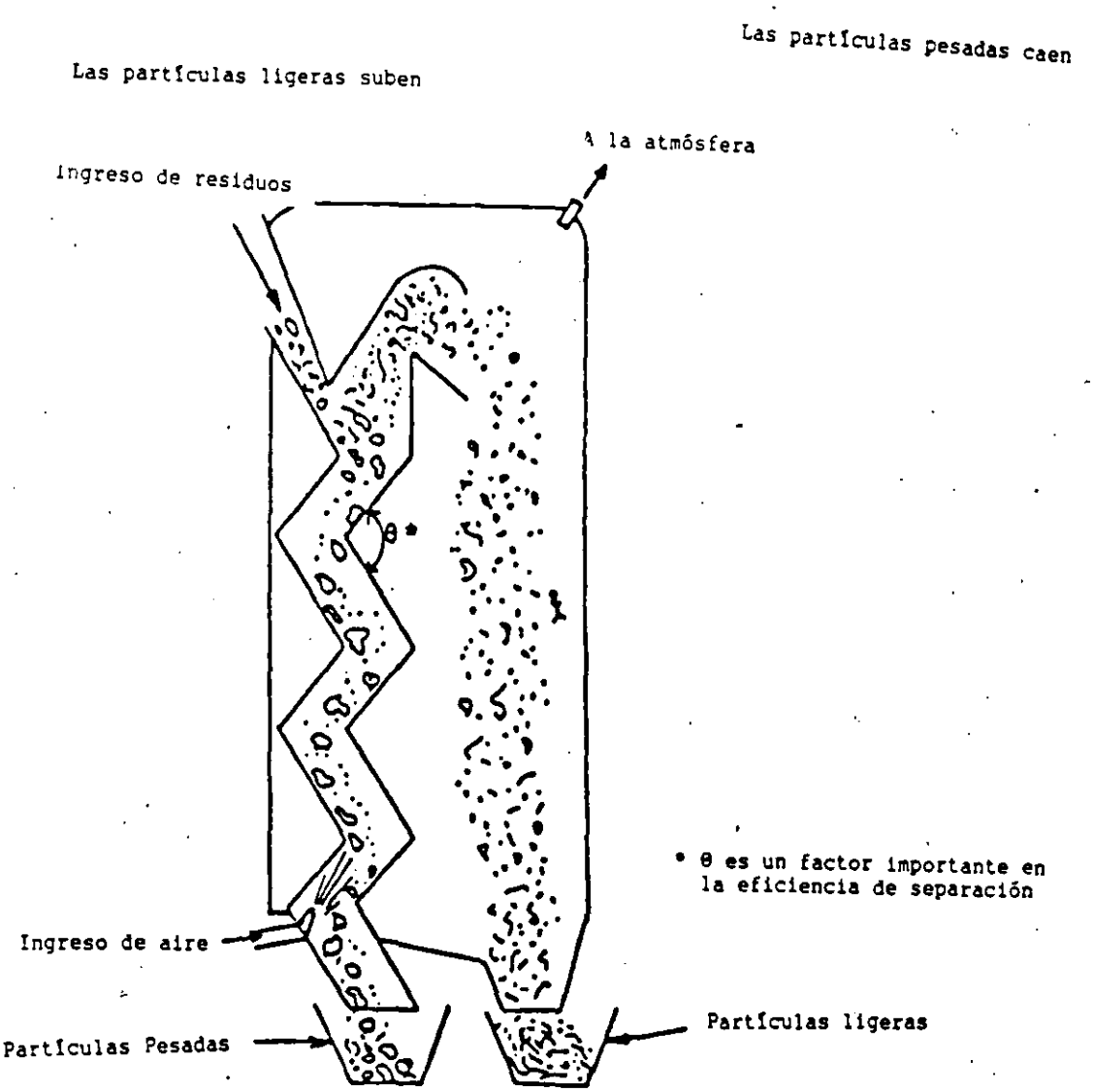
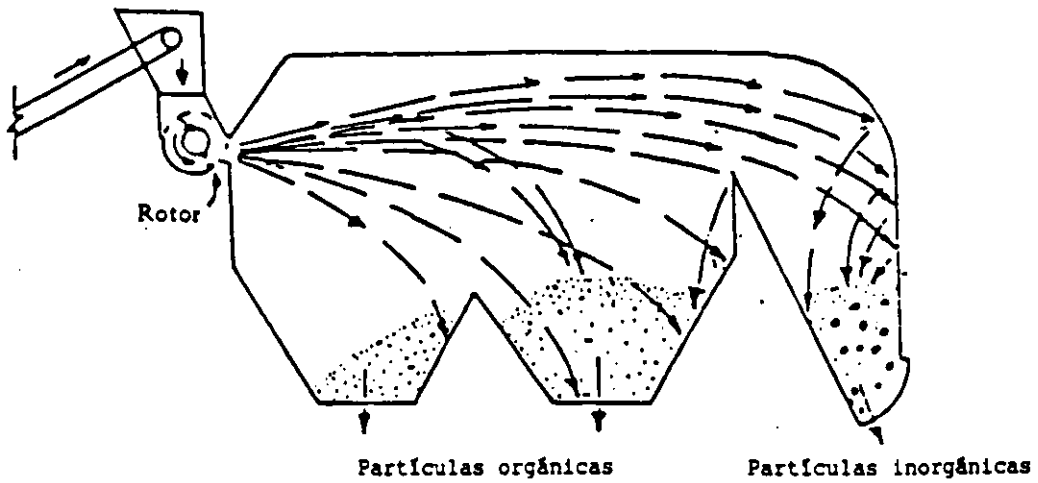
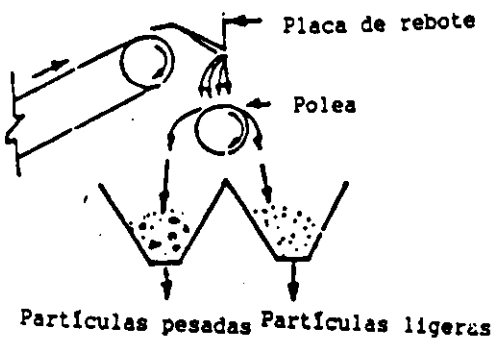


Fig. 11 Separador zig zag

Separador balístico



Separador de rebote



Transportador inclinado

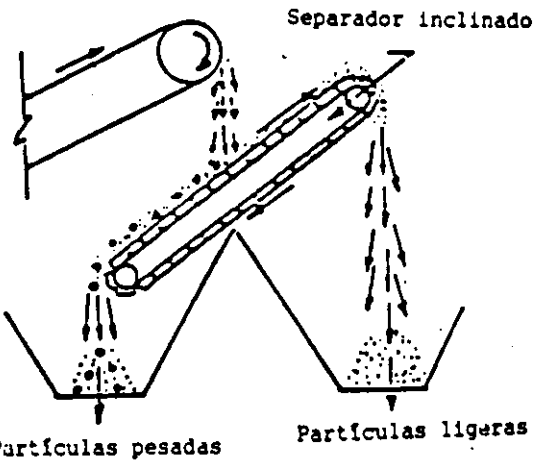


Fig. 12 Separadores inerciales

BIBLIOGRAFIA.

1. Japan Institute for Infrastructure. GUIDELINES FOR CONSTRUCTION OF HIGH RATE COMPOSTING SYSTEM. Tokio, Japón. 1983.

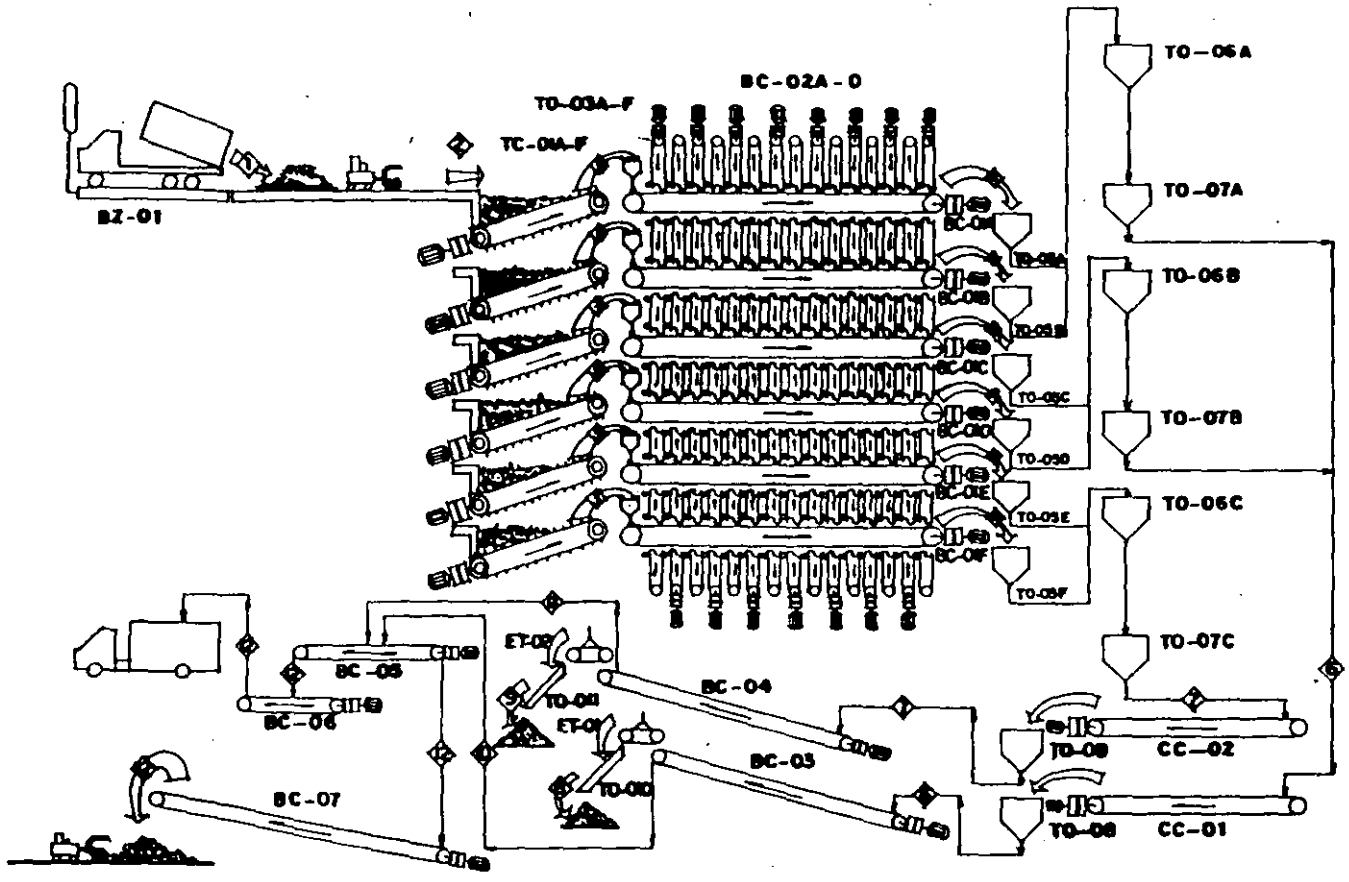
2. Japan International Cooperation Agency. SOLID WASTE MANAGEMENT AND NIGHT SOIL TREATMENT COURSE. Manual del curso, Volumen II. Tokio, Japón. 1987.

3. Association Genérale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux. LES RESIDUS URBAINS. Volumen II. Technique et Documentation Lavoisier. París, Francia. 1985

4. Dirección General de Servicios Urbanos, DDF. COMPLEMENTO DEL INSTRUCTIVO DE OPERACION DEL AREA DE CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE COMPOSTEO PARA LA PLANTA INDUSTRIALIZADORA DE DESECHOS SOLIDOS DE SAN JUAN DE ARAGON. México, D.F. 1987.

5. David Gordon Wilson, editor. THE TREATMENT AND MANAGEMENT OF URBAN SOLID WASTE. Connecticut, USA. 1972.

6. Vidales Albarrán, Humberto. SISTEMAS DE MANEJO Y DISPOSICION FINAL DE DESECHOS SOLIDOS. SAHOP, México, D.F. 1979.



RELACION DE EQUIPO

CLAVE	CANT.	DESCRIPCION
BC-01	6	TRANSPORTADORES DE CLASIFICACION
BC-02	15	TRANSPORTADORES DE SUBPRODUCTOS SELECCIONADOS
BC-03	1	TRANSPORTADOR A ESTACION DE CARGA, LINEAS A-D
BC-04	1	TRANSPORTADOR A ESTACION DE CARGA, LINEAS E-F
BC-05	1	TRANSPORTADOR DE DISTRIBUCION REVERSIBLE
BC-06	1	TRANSPORTADOR REVERSIBLE CARGA A CAMIONES
BC-07	1	TRANSPORTADOR DE EMERGENCIA
BZ-01	1	BASCULA PARA CAMIONES
CC-01	1	TRANSPORTADOR DE MATERIAL
CC-02	1	TRANSPORTADOR DE MAT. TRIT.
EI-01	1	ELECTROIMAN, LINEAS A-D
EI-02	1	ELECTROIMAN, LINEAS E-F
TC-01	6	TRANSPORTADOR A CLASIFICACION
TO-02	6	TOLVA DE ALIMENTACION A SELECCION
TO-03	6	TOLVAS DESCARGA, TRANSPORTADORES DE TABLILLAS
TO-04	180	TOLVAS PARA SUBPRODUCTOS SELECCIONADOS
TO-05	6	TOLVAS DE DESCARGA, LINEAS DE DESCARGA
TO-06	3	TOLVAS DE ALIMENTACION A MOLINO
TO-07	3	TOLVAS DE SALIDA DE MOLINO
TO-08	1	TOLVA DE SALIDA DE TRANSPORTADOR
TO-09	1	TOLVA DE SALIDA DE TRANSPORTADOR
TO-10	1	CHUTE ELECTROIMAN EI-01
TO-11	1	CHUTE ELECTROIMAN EI-02

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

TEMA: V

V, INCINERACION Y OTROS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

EXPOSITOR:
ING. VICTOR M. FLORES V.

PALACIO DE MINERIA

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

TRATAMIENTO DE RESIDUOS HOSPITALARIOS INFECCIOSOS

AREA DE GENERACION	TIPO DE RESIDUO	TRATAMIENTO
1. QUIRÓFANOS	TEJIDOS, ÓRGANOS, PARTES DEL CUERPO, SANGRE, FLUIDOS, PUNZO CORTANTES, ESPONJAS, TUBOS DE LAVADO, SONDAS, GASAS, ALGODÓN, VENDAS, GUANTES QUIRÚRGICOS, ALMOHADILLAS, ROPA, MASCARILLAS, MEDICAMENTOS, HILO DE SUTURA, CATÉTERES.	INCINERACIÓN.
2. ANATOMÍA PATOLÓGICA	TEJIDOS, SANGRE, PARTES DEL CUERPO, FLUIDOS, PUNZO CORTANTES, ESPONJAS, GASAS, ALGODÓN, GUANTES, VENDAS, MASCARILLAS, ROPA, SONDAS, RECIPIENTES DE VIDRIO Y PLÁSTICO VACIOS.	INCINERACIÓN.
3. BANCO DE SANGRE	SANGRE, JERINGAS, ALGODÓN, GASAS, PLASMA, RECIPIENTES, LANCETAS DESECHABLES PUNZO CORTANTES.	INCINERACIÓN.
4. LABORATORIOS	MUESTRAS DE CULTIVOS, CULTIVOS Y CEPAS DE AGENTES INFECCIOSOS, UTENSILIOS DE CULTIVOS, DISPOSITIVOS USADOS PARA TRANSFERIR, INOCULAR O MEZCLAR CULTIVOS, PUNZO CORTANTES, MATERIAL DE LABORATORIO DE LATEX, MEDIOS DE CULTIVO SIN ESTERILIZAR.	INCINERACIÓN.
5. CURACIONES	PUNZO CORTANTES, GASAS, ALGODÓN, VENDAS, HILO QUIRÚRGICO, TELAS ADHESIVAS, MEDICAMENTOS, TEXTILES IMPREGNADOS CON SANGRE.	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR DESINFECCIÓN POR RADIO-ONDAS DESINFECCIÓN POR MICRO-ONDAS
6. TOMA DE MUESTRAS	PUNZO CORTANTES, ALGODÓN, GUANTES, CUBRE BOCAS, TUBOS DE ENSAYE, LANCETAS DESECHABLES.	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN POR VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIACIÓN.

AREA DE GENERACION	TIPO DE RESIDUO	TRATAMIENTO
7. MORTUORIOS	PUNZO CORTANTES, ROPA DE CAMA, VENDAS, GASAS, ALGODÓN, ROPA DE VESTIR.	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAROR DESINFECCIÓN POR MICRO-ONDAS
8. ENCAMADOS	COLCHONES, ROPA DE CAMA, BATAS, ALMOHADAS, PUNZO CORTANTES, MEDICAMENTOS, SANGRE, GASAS, ALGODÓN, SONDAS, BOLSAS DE SUERO, PLASMA, PAÑALES, PAPEL SANITARIO, PAPEL, VENDAS, BOLSAS DE LAVADO INTESTINAL	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIACIÓN
9. SALAS DE EXPULSIÓN	PLACENTAS, FETOS, SANGRE, ALGODÓN, GASAS, VENDAS, HILO DE SUTURA, MASCARILLAS, GORRAS DESECHABLES PARA CIRUGÍA, CINTAS ADHESIVAS, SONDAS, BOLSAS DE PLASMA Y SANGRE VACIAS, PRODUCTOS SANGÍNEOS, PUNZO CORTANTES, TOALLAS, BATAS SUCIAS, GUANTES, ESPONJAS, SÁBANAS.	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS
10. SALA DE INFECCIOSOS	PUNZO CORTANTES, GASAS, ALGODÓN, VENDAS, SONDAS DE PLÁSTICO CONTAMINADAS CON PLASMA Y SANGRE, PAÑALES, ROPA DE CAMA, ROPA DE VESTIR, BATAS, GUANTES, RESIDUOS ALIMENTICIOS, PAPEL SANITARIO Y TODO LO QUE ESTÉ EN CONTACTO CON EL PACIENTE.	INCINERACIÓN.
11. SALA DE RECUPERACIÓN	PUNZO CORTANTES, GASAS, ALGODÓN, VENDAS, SONDAS DE PLÁSTICO CONTAMINADAS CON PLASMA Y SANGRE, PAÑALES, ROPA DE CAMA, ROPA DE VESTIR, BATAS, GUANTES, RESIDUOS ALIMENTICIOS, PAPEL SANITARIO Y TODO LO QUE ESTÉ EN CONTACTO CON EL PACIENTE.	INCINERACIÓN.
12. TERAPIA INTENSIVA	PUNZO CORTANTES, GASAS, ALGODÓN, VENDAS, SONDAS DE PLÁSTICO CONTAMINADAS CON PLASMA Y SANGRE, PAÑALES, ROPA DE CAMA, ROPA DE VESTIR, BATAS, GUANTES, RESIDUOS ALIMENTICIOS, PAPEL SA-	INCINERACIÓN.

AREA DE GENERACION	TIPO DE RESIDUO	TRATAMIENTO
	NITARIO Y TODO LO QUE ESTÉ EN CONTACTO CON EL PACIENTE.	
13. URGENCIAS	PRODUCTOS SANGUÍNEOS, PUNZO CORTANTES, GASAS, ALGODÓN, RESIDUOS DE MEDICAMENTOS, ROPA CONTAMINADA CON SANGRE, MASCARILLAS, GUANTES, ABATELENGUAS, PAÑAL DESECHABLE, PAPEL, TOALLAS SANITARIAS, RECIPIENTES VACIOS DE SUEROS, SANGRE Y PLASMA.	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS
14. ZONAS DE INCUBADORAS	PAÑAL DESECHABLE, ROPA DE CAMA, GASAS, ALGODÓN, BOLSAS DE SANGRE Y PLASMA, SONDAS, VENDAS, ABATELENGUAS, PUNZO CORTANTES, MASCARILLAS, CINTAS ADHESIVAS, GUANTES.	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS
15. CONSULTORIOS	ABATELENGUAS, PUNZO CORTANTES, RECIPIENTES VACIOS DE MEDICINAS, ALGODÓN, GASAS, PAPEL SANITARIO, VENDAS, MASCARILLAS.	ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS INCINERACIÓN.
16. CUARTO SÉPTICO	PAPEL Y TOALLAS SANITARIAS.	ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS.
17. SALA DE CUNAS	PUNZO CORTANTES, ALGODÓN, GASAS, VENDAS, ROPA DE CAMA, COLCHONES, BATAS, TOALLAS, PAPEL, RESIDUOS DE MEDICAMENTOS, ABATELENGUAS, PAÑALES DESECHABLES, SONDAS, BOLSAS DE PLÁSTICO VACIAS	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS
18. SALAS DE RADIOTERAPIA	PUNZO CORTANTES, GASAS, ALGODONES, VENDAS, FLUÍDOS DEL CUERPO, SONDAS	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS

AREA DE GENERACION	TIPO DE RESIDUO	TRATAMIENTO
19. SALA DE RAYOS X	PUNZO CORTANTES, SONDAS, FLUÍDOS DEL CUERPO, GASAS, VENDAS, ALGODÓN	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS
20. SANITARIOS DE ENFERMOS INFECCIOSOS	TOALLAS SANITARIAS, PAPEL SANITARIO, PAPEL PAPEL PARA SECADO DE MANOS	ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS INCINERACIÓN.
21. BIOTERÍO	PUNZO CORTANTES, CADÁVERES DE ANIMALES, TEXTILES, ACERRÍN, PAJA, EXCREMENTOS, RESIDUOS ALIMENTICIOS, RECIPIENTES DE MEDICAMENTOS, PARTES DEL CUERPO, TEJIDOS, ÓRGANOS, ALGODÓN, GASAS, SANGRE, MASCARILLAS Y GUANTES.	INCINERACIÓN.

TRATAMIENTO DE RESIDUOS HOSPITALARIOS Y BIOMEDICOS PELIGROSOS

AREA DE GENERACION	TIPO DE RESIDUO	T R A T A M I E N T O
LABORATORIO QUIMICO	SALES DE PLATA, PRODUCTOS QUIMICOS UTILIZADOS PARA LAS OPERACIONES (ÁSIDOS Y BASES), RESIDUOS DE REACTIVOS QUIMICOS, REACTIVOS CADUCOS, PRODUCTOS CON METALES PESADOS, PUNZON-CORTANTES, MATERIAL DE LABORATORIO ROTO, ALGÓDON, SOLVENTES ORGANICOS.	INCINERACIÓN, ESTABILIZACIÓN, NEUTRALIZACIÓN.
FARMACIA	RESIDUOS DE MEDICINAS, MEDICAMENTOS CADUCOS, EMBALAJE O SOBRE EMBALAJE DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS, PRODUCTOS QUIMICOS.	INCINERACIÓN
RADIOTERAPIA	FRASCOS CON RESIDUOS DE DIFERENTES MEDICAMENTOS (RADIO-FARMACEUTICOS, MEDIOS DE CONTRASTE, CATETERES ANGIOGRAFICOS, ETC.), JERINGAS, GASAS, APÓSITOS Y ALGODÓN, CON RESIDUOS DE LOS ANTERIORES MEDICAMENTOS; CARTÓN, PLASTICO, RECIPIENTES DE VIDRIO, METALES PAPEL, TRAPO, MADERA SÓLIDOS ORGANICOS, SOLUCIONES AZUFRES, SOLVENTES, ACEITES SOLUBLES, ACEITES MINERALES, RESIDUOS RADIACTIVOS (ISOTOPOS CONTAMINANTES). PLACAS DE RAYOS X, LOS PRODUCTOS QUIMICOS CADUCOS RADIOACTIVOS.	INCINERACIÓN, ESTABILIZACIÓN, LOS RESIDUOS RADIOACTIVOS DEBEN SER CONECTADOS, MANEJADOS Y DISPUESTOS POR OTRA INSTITUCIÓN.
QUIMIOTERAPIA	RESIDUOS DE MEDICAMENTOS QUIMICOS, RESIDUOS DE DROGAS ANTINEOPLASTICAS Y RESIDUOS CITOTOXICOS, PUNZO-CORTANTES, GASAS, ALGODÓN USADO EN TRATAMIENTO DE CANCER.	INCINERACIÓN

TRATAMIENTO DE RESIDUOS HOSPITALARIOS INFECCIOSOS

AREA DE GENERACION	TIPO DE RESIDUO	TRATAMIENTO
1. QUIRÓFANOS	TEJIDOS, ÓRGANOS, PARTES DEL CUERPO, SANGRE, FLUIDOS, PUNZO CORTANTES, ESPONJAS, TUBOS DE LAVADO, SONDAS, GASAS, ALGODÓN, VENDAS, GUANTES QUIRÚRGICOS, ALMOHADILLAS, ROPA, MASCARILLAS, MEDICAMENTOS, HILO DE SUTURA, CATÉTERES.	INCINERACIÓN.
2. ANATOMÍA PATOLÓGICA	TEJIDOS, SANGRE, PARTES DEL CUERPO, FLUIDOS, PUNZO CORTANTES, ESPONJAS, GASAS, ALGODÓN, GUANTES, VENDAS, MASCARILLAS, ROPA, SONDAS, RECIPIENTES DE VIDRIO Y PLÁSTICO VACIOS.	INCINERACIÓN.
3. BANCO DE SANGRE	SANGRE, JERINGAS, ALGODÓN, GASAS, PLASMA, RECIPIENTES, LANCETAS DESECHABLES PUNZO CORTANTES.	INCINERACIÓN.
4. LABORATORIOS	MUESTRAS DE CULTIVOS, CULTIVOS Y CEPAS DE AGENTES INFECCIOSOS, UTENSILIOS DE CULTIVOS, DISPOSITIVOS USADOS PARA TRANSFERIR, INOCULAR O MEZCLAR CULTIVOS, PUNZO CORTANTES, MATERIAL DE LABORATORIO DE LATEX, MEDIOS DE CULTIVO SIN ESTERILIZAR.	INCINERACIÓN.
5. CURACIONES	PUNZO CORTANTES, GASAS, ALGODÓN, VENDAS, HILO QUIRÚRGICO, TELAS ADHESIVAS, MEDICAMENTOS, TEXTILES IMPREGNADOS CON SANGRE.	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR DESINFECCIÓN POR RADIO-ONDAS DESINFECCIÓN POR MICRO-ONDAS
6. TOMA DE MUESTRAS	PUNZO CORTANTES, ALGODÓN, GUANTES, CUBRE BOCAS, TUBOS DE ENSAYE, LANCETAS DESECHABLES.	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN POR VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIACIÓN.

AREA DE GENERACION	TIPO DE RESIDUO	TRATAMIENTO
7. MORTUORIOS	PUNZO CORTANTES, ROPA DE CAMA, VENDAS, GASAS, ALGODÓN, ROPA DE VESTIR.	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAROR DESINFECCIÓN POR MICRO-ONDAS
8. ENCAMADOS	COLCHONES, ROPA DE CAMA, BATAS, ALMOHADAS, PUNZO CORTANTES, MEDICAMENTOS, SANGRE, GASAS, ALGODÓN, SONDAS, BOLSAS DE SUERO, PLASMA, PAÑALES, PAPEL SANITARIO, PAPEL, VENDAS, BOLSAS DE LAVADO INTESTINAL	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIACIÓN
9. SALAS DE EXPULSIÓN	PLACENTAS, FETOS, SANGRE, ALGODÓN, GASAS, VENDAS, HILO DE SUTURA, MASCARILLAS, GORRAS DESECHABLES PARA CIRUGÍA, CINTAS ADHESIVAS, SONDAS, BOLSAS DE PLASMA Y SANGRE VACIAS, PRODUCTOS SANGÍNEOS, PUNZO CORTANTES, TOALLAS, BATAS SUCIAS, GUANTES, ESPONJAS, SÁBANAS.	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS
10. SALA DE INFECCIOSOS	PUNZO CORTANTES, GASAS, ALGODÓN, VENDAS, SONDAS DE PLÁSTICO CONTAMINADAS CON PLASMA Y SANGRE, PAÑALES, ROPA DE CAMA, ROPA DE VESTIR, BATAS, GUANTES, RESIDUOS ALIMENTICIOS, PAPEL SANITARIO Y TODO LO QUE ESTÉ EN CONTACTO CON EL PACIENTE.	INCINERACIÓN.
11. SALA DE RECUPERACIÓN	PUNZO CORTANTES, GASAS, ALGODÓN, VENDAS, SONDAS DE PLÁSTICO CONTAMINADAS CON PLASMA Y SANGRE, PAÑALES, ROPA DE CAMA, ROPA DE VESTIR, BATAS, GUANTES, RESIDUOS ALIMENTICIOS, PAPEL SANITARIO Y TODO LO QUE ESTÉ EN CONTACTO CON EL PACIENTE.	INCINERACIÓN.
12. TERAPIA INTENSIVA	PUNZO CORTANTES, GASAS, ALGODÓN, VENDAS, SONDAS DE PLÁSTICO CONTAMINADAS CON PLASMA Y SANGRE, PAÑALES, ROPA DE CAMA, ROPA DE VESTIR, BATAS, GUANTES, RESIDUOS ALIMENTICIOS, PAPEL SA-	INCINERACIÓN.

AREA DE GENERACION	TIPO DE RESIDUO	TRATAMIENTO
	NITARIO Y TODO LO QUE ESTÉ EN CONTACTO CON EL PACIENTE.	
13. URGENCIAS	PRODUCTOS SANGUÍNEOS, PUNZO CORTANTES, GASAS, ALGODÓN, RESIDUOS DE MEDICAMENTOS, ROPA CONTAMINADA CON SANGRE, MASCARILLAS, GUANTES, ABATELENGUAS, PAÑAL DESECHABLE, PAPEL, TOALLAS SANITARIAS, RECIPIENTES VACIOS DE SUEROS, SANGRE Y PLASMA.	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS
14. ZONAS DE INCUBADORAS	PAÑAL DESECHABLE, ROPA DE CAMA, GASAS, ALGODÓN, BOLSAS DE SANGRE Y PLASMA, SONDAS, VENDAS, ABATELENGUAS, PUNZO CORTANTES, MASCARILLAS, CINTAS ADHESIVAS, GUANTES.	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS
15. CONSULTORIOS	ABATELENGUAS, PUNZO CORTANTES, RECIPIENTES VACIOS DE MEDICINAS, ALGODÓN, GASAS, PAPEL SANITARIO, VENDAS, MASCARILLAS.	ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS INCINERACIÓN.
16. CUARTO SÉPTICO	PAPEL Y TOALLAS SANITARIAS.	ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS.
17. SALA DE CUNAS	PUNZO CORTANTES, ALGODÓN, GASAS, VENDAS, ROPA DE CAMA, COLCHONES, BATAS, TOALLAS, PAPEL, RESIDUOS DE MEDICAMENTOS, ABATELENGUAS, PAÑALES DESECHABLES, SONDAS, BOLSAS DE PLÁSTICO VACIAS	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS
18. SALAS DE RADIOTERAPIA	PUNZO CORTANTES, GASAS, ALGODONES, VENDAS, FLUÍDOS DEL CUERPO, SONDAS	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ON ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ON

AREA DE GENERACION	TIPO DE RESIDUO	TRATAMIENTO
19. SALA DE RAYOS X	PUNZO CORTANTES, SONDAS, FLUÍDOS DEL CUERPO, GASAS, VENDAS, ALGODÓN	INCINERACIÓN. ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS
20. SANITARIOS DE ENFERMOS INFECCIOSOS	TOALLAS SANITARIAS, PAPEL SANITARIO, PAPEL PAPEL PARA SECADO DE MANOS	ESTERILIZACIÓN CON VAPOR ESTERILIZACIÓN POR MICRO-ONDAS ESTERILIZACIÓN POR RADIO-ONDAS INCINERACIÓN.
21. BIOTERÍO	PUNZO CORTANTES, CADÁVERES DE ANIMALES, TEXTILES, ACERRÍN, PAJA, EXCREMENTOS, RESIDUOS ALIMENTICIOS, RECIPIENTES DE MEDICAMENTOS, PARTES DEL CUERPO, TEJIDOS, ÓRGANOS, ALGODÓN, GASAS, SANGRE, MASCARILLAS Y GUANTES.	INCINERACIÓN.

TRATAMIENTO DE RESIDUOS HOSPITALARIOS Y BIOMEDICOS PELIGROSOS

AREA DE GENERACION	TIPO DE RESIDUO	T R A T A M I E N T O
LABORATORIO QUIMICO	SALES DE PLATA, PRODUCTOS QUIMICOS UTILIZADOS PARA LAS OPERACIONES (ÁSIDOS Y BASES), RESIDUOS DE REACTIVOS QUIMICOS, REACTIVOS CADUCOS, PRODUCTOS CON METALES PESADOS, PUNZON-CORTANTES, MATERIAL DE LABORATORIO ROTO, ALGODON, SOLVENTES ORGANICOS.	INCINERACIÓN, ESTABILIZACIÓN, NEUTRALIZACIÓN.
FARMACIA	RESIDUOS DE MEDICINAS, MEDICAMENTOS CADUCOS, EMBALAJE O SOBRE EMBALAJE DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS, PRODUCTOS QUIMICOS.	INCINERACIÓN
RADIOTERAPIA	FRASCOS CON RESIDUOS DE DIFERENTES MEDICAMENTOS (RADIO-FARMACEUTICOS, MEDIOS DE CONTRASTE, CATETERES ANGIOGRAFICOS, ETC.), JERINGAS, GASAS, APÓSITOS Y ALGODÓN, CON RESIDUOS DE LOS ANTERIORES MEDICAMENTOS; CARTÓN, PLASTICO, RECIPIENTES DE VIDRIO, METALES PAPEL, TRAPO, MADERA SÓLIDOS ORGANICOS, SOLUCIONES AZUFRES, SOLVENTES, ACEITES SOLUBLES, ACEITES MINERALES, RESIDUOS RADIACTIVOS (ISOTOPOS CONTAMINANTES). PLACAS DE RAYOS X, LOS PRODUCTOS QUIMICOS CADUCOS RADIOACTIVOS.	INCINERACIÓN, ESTABILIZACIÓN, LOS RESIDUOS RADIOACTIVOS DEBEN SER CONECTADOS, MANEJADOS Y DISPUESTOS POR OTRA INSTITUCIÓN.
QUIMIOTERAPIA	RESIDUOS DE MEDICAMENTOS QUIMICOS, RESIDUOS DE DROGAS ANTINEOPLASTICAS Y RESIDUOS CITOTOXICOS, PUNZO-CORTANTES, GASAS, ALGODÓN USADO EN TRATAMIENTO DE CANCER.	INCINERACIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

TEMA: V

V. INCINERACION Y OTROS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

PALACIO DE MINERIA

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

INDICE.

ANEXO

INDUSTRIA DEL PLASTICO, RECICLAJE

1.- GENERALIDADES

COMUNMENTE SE DEFINE AL PLASTICO COMO TODO AQUEL MATERIAL SUSCEPTIBLE DE SER MOLDEADO, LO CUAL ES IMPRECISO YA QUE MATERIALES COMO BARRO, YESO Y OTROS MAS, BIEN PODRIAN IDENTIFICARSE CON ESTA DEFINICION, POR ELLO EL INSTITUTO MEXICANO DEL PLASTICO INDUSTRIAL (IMPI), EN EL ANUARIO ESTADISTICO DEL PLASTICO 1990, PROPORCIONA UNA DEFINICION PARA LOS PLASTICOS EN LA QUE QUEDAN ENGLOBADOS LOS DIFERENTES TIPOS (PROLIPOPILENO, POLIETILENO, PVC, ETC.), A LOS CUALES LES DA EL NOMBRE TECNICO DE POLIMEROS . ENTENDIENDO AL POLIMERO COMO EL "COMPUESTO ORGANICO NATURAL O SINTETICO, DE ESTRUCTURA MUY GRANDE Y ALTO PESO MOLECULAR, QUE ESTA CONSTITUIDO DE UNA PEQUEÑA UNIDAD REPETITIVA LLAMADA MONOMERO".

EN LA ACTUALIDAD VIVIMOS RODEADOS DE POLIMEROS, EN CUALQUIER PARTE ENCONTRAMOS PRODUCTOS ELABORADOS CON ESTE MATERIAL COMO SON: BOLSAS, CUBETAS, ENVASES, ENGRANES,ESCOBAS, VENTANAS, ELECTRODOMESTICOS, MUEBLES Y HASTA EDIFICIOS COMPLETOS.

EL USO DE LOS POLIMEROS COMUNMENTE LLAMADOS PLASTICOS, SE REMONTA A LOS PRIMEROS POLIMEROS NATURALES COMO LA GUATAPECHA, EL AMBAR, LA GOMA LOCA Y EL MISMO PETROLEO; LOS EGIPCIOS LO UTILIZABAN PARA EMBALZAMAR MUERTOS E IMPREGNAR TEXTILES CON EL FIN DE PROPORCIONARLES MAYOR RESISTENCIA O BIEN COMO COMBUSTIBLE PARA LAMPARAS Y ANTORCHAS.

POSTERIORMENTE SURGEN LOS POLIMEROS SEMISINTETICOS COMO LA CASEINA PARA BOTONES, EL HULE VULCANIZADO PARA NEUMATICOS, LA PARKESINA, LA EBONITA Y EL CELULOIDE CUANDO NACE LA CINEMATOGRAFIA EN 1907 SE INTRODUCEN LOS POLIMEROS SINTETICOS, CUANDO EL DR. BAECKELAND DESCUBRE UN COMPUESTO DE FENOL FORMALDEHIDO AL CUAL DENOMINA "BAQUELITA".

LA BAQUELITA PRESENTA GRAN RESISTENCIA A ELEVADAS TEMPERATURAS POR LO QUE SE UTILIZA EN RECEPTORES TELEFONICOS, CONECTORES ELECTRICOS Y ASAS PARA UTENSILIOS.
DESPUES DE ESTA FECHA SURGE UNA GRAN VARIEDAD DE MATERIALES, DESARROLLO QUE SE VE ACELERADO ENTRE LOS ANOS 40' Y 50', YA QUE CADA 3 O 5 ANOS SE DESCUBRE UN NUEVO MATERIAL.

EXISTE UNA LISTA DE MAS DE 50 MATERIALES DIFERENTES, QUE PRESENTAN GRAN VARIEDAD DE GRADOS Y A ULTIMAS FECHAS TODAVIA SURGEN MODIFICACIONES. SI DURANTE ALGUN TIEMPO DE LA VIDA HUMANA SE LE LLAMO LA EDAD DE PIEDRA Y EN OTRO LA EDAD DE LOS METALES, POR SER LOS MATERIALES QUE MAS SE UTILIZABAN; ACTUALMENTE A NUESTRA EPOCA SE LE DEBERIA DENOMINAR LA EDAD DEL PLASTICO.

2.-CLASIFICACION DE LOS PLASTICOS

LOS MATERIALES PLASTICOS SE CLASIFICAN EN:

A).- SU ESTRUCTURA QUIMICA

- COMPORTAMIENTO AL CALOR
- MORFOLOGIA
- PRESENCIA DE MONOMEROS
- TACTICIDAD

B).- SU CONSUMO

- COMODITIES
- VERSATILES
- TECNICOS
- ESPECIALIDADES

A).- LA ESTRUCTURA QUIMICA DEFINE 4 CLASIFICACIONES, LA MAS IMPORTANTE ES LA DE COMPORTAMIENTO AL CALOR QUE SEPARA A TODOS LOS POLIMEROS EN 2 GRANDES GRUPOS:

- TERMOPLASTICOS
- TERMOFIJOS

LOS PRIMEROS SON AQUELLOS MATERIALES QUE SE REBLANDECEN O SE FUNDEN POR LA ACCION DEL CALOR PARA FORMAR UN ARTICULO, PERO SI SE LES VUELVE A APLICAR CALOR TIENEN LA POSIBILIDAD DE FUNDIRSE NUEVAMENTE Y MOLDEAR UN PRODUCTO IGUAL O DIFERENTE. LOS SEGUNDOS SON AQUELLOS MATERIALES QUE UNA VEZ QUE HAN SIDO TRANSFORMADOS EN UNA PIEZA POR CALOR O PRESION, AL APLICARLES NUEVAMENTE CALOR SE DEGRADAN O SE CARBONIZAN, ELIMINANDO TODA POSIBILIDAD DE SER REPROCESADOS.

TERMOPLASTICOS	TERMOFIJOS
ABS	EP
POM	PF
PVC	NF
PA	VP
PC	PVR
PET	VF
PS	
DEAD	
PEBD	
PNMD	
PP	

B).- DE ACUERDO A SU CONSUMO SE CLASIFICAN EN:

a).- COMODITIES

- SE CONSUMEN EN VOLUMENES ALTOS
- FACIL INTEGRACION EN SU PROCESO
- SE PUEDE USAR EL PRODUCTO DE DIVERSOS PROVEEDORES
- MINIMOS REQUERIMIENTOS DE ASISTENCIA TECNICA
- PROCESAMIENTO Y EQUIPO RELATIVAMENTE SIMPLE
- MARGENES BAJOS DE GANANCIA
- PRECIOS BAJOS DE GANANCIA
- PRECIOS DE ACUERDO A COSTOS
- COMPETENCIA POR PRECIO

INCLUYEN A: POLIETILENOS, CLORURO DE POLIVENILO, PROLIPOPILENO Y POLIESTIRENOS.

b).- VERSATILES

- SE CONSUMEN EN VOLUMENES MEDIOS
- POCA TECNOLOGIA EN PRODUCCION Y TRANSFORMACION
- NO EXISTE SUFICIENTE DIFUSION DE APLICACIONES
- CREATIVIDAD Y DISENO, BASE DE SU DESARROLLO
- SATISFACEN MERCADOS DEFINIDOS
- PRECIO DE ACUERDO A FUNCIONALIDAD

INCLUYEN A: POLIURETANO, FENOLICAS, RESINAS, POLIESTER INSATURADAS, POLIMETIL METACRILATO, EPOXICAS Y UREICAS.

c).- TECNICOS

- SE CONSUMEN EN BAJOS VOLUMENES
- MARGENES ALTOS DE GANANCIA
- PROCESAMIENTO Y EQUIPO ESPECIALIZADO
- SATISFACEN EL MERCADO AUTOMOTRIZ Y ELECTRICO-ELECTRONICO PRINCIPALMENTE
- SE VENDEN CON ASISTENCIA TECNICA
- SUSTITUCION DE PARTES MECANICAS

INCLUYEN A: ABS, PET Y PBT, POLIAMIDAS, POLICARBONATO, ACETALES Y ALGUNAS ALEACIONES.

d).- ESPECIALIDADES

- SE CONSUMEN EN VOLUMENES MINIMOS
- SON CASI DESCONOCIDOS EN MEXICO
- PRESENTAN COMBINACIONES DE EXCELENCIA EN PROPIEDADES
- ES OBLIGADA LA ASISTENCIA TECNICA
- SE TRANSFORMAN A CERCA DE LOS 300 GRADOS CENTIGRADOS Y POR ARRIBA DE ELLOS
- MARGENES ELEVADOS DE GANANCIA
- EQUIPO MUY ESPECIAL PARA SU TRANSFORMACION

3

- SATISFACEN MERCADOS ESPECIALES COMO EL AUTOMOTRIZ Y EL AEREOESPECIAL

INCLUYEN A: POLIMEROS DE CRISTAL LIQUIDO (LCP), SULFATO DE POLIFENILENO (PPS), POLIESTER ETER CETONA (PEEK), POLIESTER SULFONA (PES), POLIMIDA (PL), POLIESTER IMIDA (PEI), POLIARIL (PAI).

3.- PRODUCCION DE BASURA EN MEXICO Y EL MUNDO DESECHOS PLASTICOS

LAS SOCIEDADES MODERNAS IMPONEN FORMAS DE VIDA EN LOS QUE EL CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS SE INCREMENTA PELIGROSAMENTE, MUY ESPECIALMENTE LAS MATERIAS PRIMAS PLASTICAS. POR OTRO LADO, DURANTE LOS ULTIMOS ANOS, SE HA HECHO CADA VEZ MAS EVIDENTE QUE LAS MATERIAS PRIMAS NO SON INAGOTABLES. ESTE HECHO INCIDE CADA VEZ MAS SOBRE LA NECESIDAD DE ECONOMIZARLAS, CONVIRTIENDOSE ESTO EN EL OBJETIVO PRIMORDIAL, CONSECUENTEMENTE, CADA VEZ SERA MAS NECESARIA LA RECOLECCION Y REUTILIZACION DE LOS RESIDUOS PLASTICOS GENERADOS POR LAS INDUSTRIAS FABRICANTES Y TRANSFORMADORAS, ASI COMO POR EL CONSUMIDOR FINAL.

EN MEXICO COMO EN EL MUNDO, NO SOLO SE PRODUCE MAQUINARIA, BIENES DE INVERSION Y DE CONSUMO, SINO TAMBIEN RESIDUOS Y DESECHOS QUE CONJUNTAMENTE A ESTOS BENEFICIOS PRODUCEN EL DESEQUILIBRIO ECOLOGICO QUE HOY PADECEMOS Y LA ESCACES DE RECURSOS RENOVABLES NO RENOVABLES; YA QUE MUCHOS DE LOS SATISFACTORES PRODUCIDOS SE USAN MOMENTANEAMENTE Y DESPUES PASAN A FORMAR GRANDES CANTIDADES DE BASURA.

EXISTEN CIERTAS CAUSAS QUE PROVOCAN QUE LA BASURA SE ACUMULE (INCULTURA, HABITO, IRRESPONSABILIDAD), PERO HASTA LA FECHA NI EN MEXICO NI EN NINGUN OTRO PAIS SE HA DADO LA SOLUCION EFECTIVA.

LA BASURA NO ES NADA MAS UN PROBLEMA POR LA CONTAMINACION QUE PRODUCE O POR SER FUENTE DE ENFERMEDADES DIVERSAS, TAMBIEN ES UNA CARGA PARA TODA LA SOCIEDAD POR EL COSTO ECONOMICO QUE REPRESENTA.

EN MEXICO SE PRODUJERON 62 000 TON/DIA DE PLASTICO EN EL ANO DE 1990 Y SE ESTIMA QUE PARA EL ANO 2000 ESTA PRODUCCION ASCENDERA A 100 000 TON/DIA.

ASI MISMO SE OBSERVA QUE ALREDEDOR DEL 30% DE LA BASURA QUE SE GENERA EN LA REPUBLICA MEXICANA SE ENCUENTRA LOCALIZADA EN EL AREA METROPOLITANA ES DECIR, UN VOLUMEN DE 3'000 000 DE M3 MENSUALES Y A NIVEL NACIONAL ALCANZA UN TOTAL DE 10'000,000 DE M3 EN EL MISMO LAPSO DE TIEMPO.

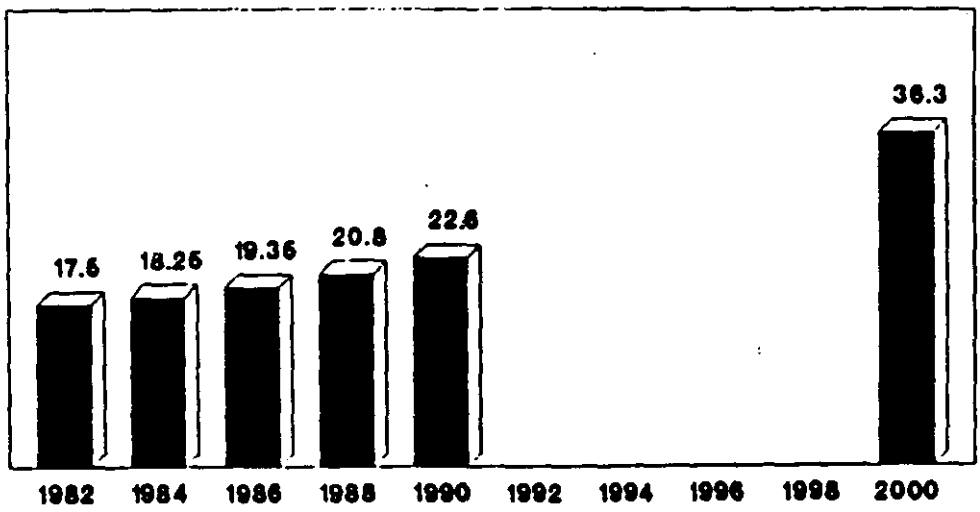
EN EL MUNDO, EL TOTAL DE BASURA PRODUCIDA ES DE 755'000,000 DE TON./ANO, SIENDO LOS PAISES MAS INDUSTRIALIZADOS Y LAS CIUDADES DE MAYOR EXPLOSION DEMOGRAFICA LOS MAYORES APORTADORES CON UN GENERACION PROMEDIO PER-CAPITA AL DIA QUE VA DESDE 6.5Kg. LOS PAISES DE MENOR POBLACION HASTA 2 Kg.. EN LOS PAISES ALTAMENTE

INDUSTRIALIZADOS.

EN PARTICULAR LOS PLASTICOS REPRESENTAN MENOS DEL 6% EN LA BASURA Y EQUIVOCADAMENTE SE PIENSA QUE SON LOS MATERIALES MAS PELIGROSOS PARA EL MEDIO AMBIENTE, SIN CONSIDERAR TODOS LOS BENEFICIOS QUE HAN PROVOCADO EN TODOS LOS SECTORES INDUSTRIALES Y A LA HUMANIDAD EN GENERAL.

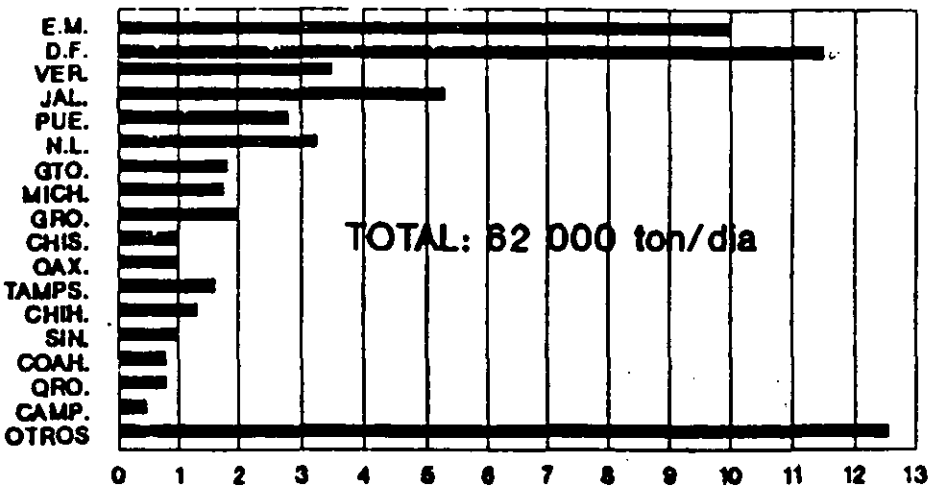
SI BIEN ES CIERTO QUE LOS RESIDUOS PLASTICOS PROVENIENTES DE ENVASES COMO BOLSAS, BOTELLAS, PELICULAS, VASOS DESECHABLES, JERINGAS ETC., CAUSAN PROBLEMAS EN EL MANEJO DE LA BASURA ENTRE OTRAS COSAS, POR OCUPAR GRANDES VOLUMENES DEBIDO A SU BAJA DENSIDAD, TAMBIEN ES CIERTO QUE SI ESTOS SE SEPARAN REPRESENTAN UNA VALIOSA FUENTE DE MATERIAS PRIMAS QUE A SU VEZ PRESENTAN UNA GRAN OPORTUNIDAD PARA EL DASARROLLO DE NUEVAS INDUSTRIAS PARA SU RECICLAMIENTO PUESTO QUE LOS PLASTICOS SON MATERIALES "RECICLABLES" Y ESTE TIPO DE NEGOCIOS SON ALTAMENTE RENTABLES.

PRODUCCION DE BASURA
MEXICO
Millones de Toneladas



EN LA PRIMER GRAFICA SE OBSERVA EL INCREMENTO EN LA GENERACION DE BASURA EN MEXICO DE 1982 A 1990 Y UNA PROYECCION PARA EL AÑO 2000. SE MANTIENE CIERTA CONSTANCIA DE 1982 A 1988,DANDOSE UN INCREMENTO MAYOR EN 1990,PROYECTANDOSE UN INCREMENTO ALARMANTE PARA EL AÑO 2000.

PRODUCCION DE BASURA POR DIA
MEXICO 1990
Miles de Toneladas

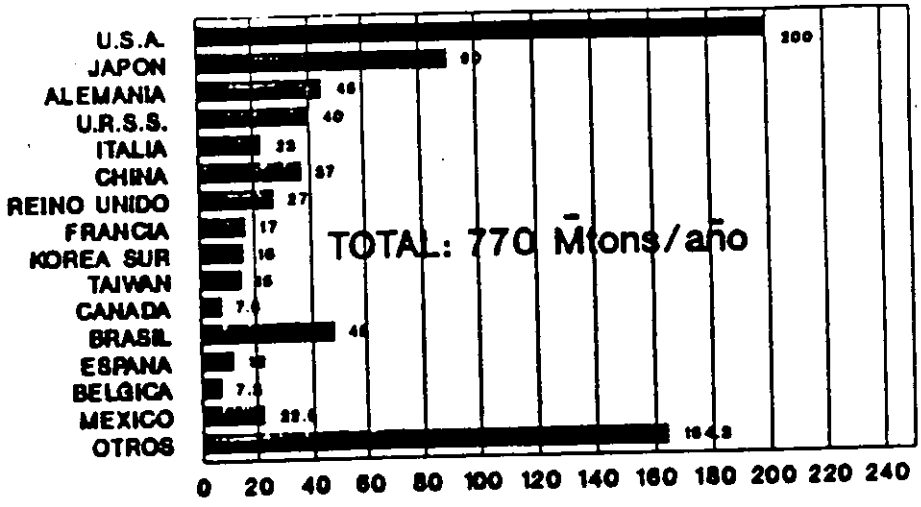


0.7 Kg/hab-dia
85 MILLONES DE HABITANTES

= 59,500 TON/dia

EN LA GRAFICA DE PRODUCCION DE BASURA POR DIA EN MEXICO DURANTE 1990, LOS TRES PRIMEROS LUGARES POR MAXIMA GENERACION LOS OBTUVIERON EL ESTADO DE MEXICO CON 10 000 TONELADAS, EL D.F. CON MAS DE 11 000 TONELADAS Y JALISCO CON UN POCO MAS DE 5 000 TONELADAS CONTRASTANTEMENTE CAMPECHE ES LA ENTIDAD FEDERATIVA QUE MENOS BASURA PRODUCE, CON UNA GENERACION DE 1000 TONELADAS.

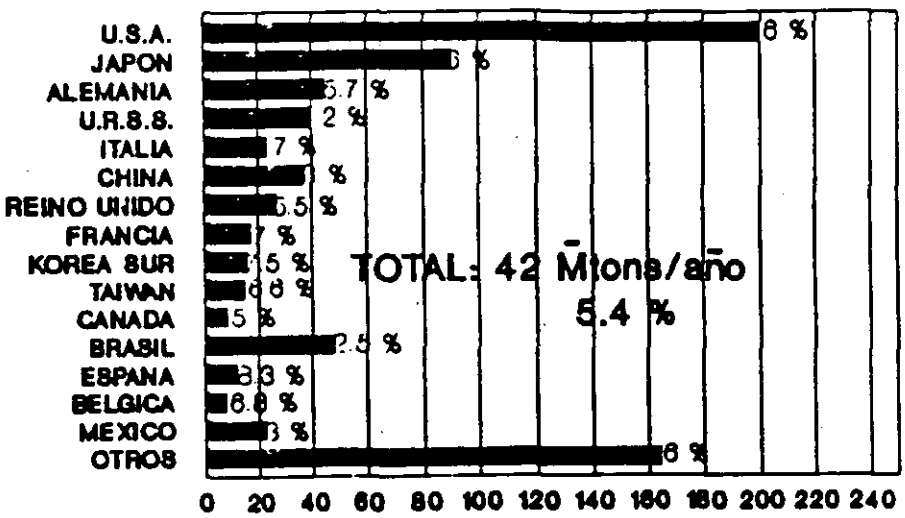
PRODUCCION DE BASURA
MUNDIAL 1990
Millones de Toneladas



0.4 Kg/hab-dia
5200 MILLONES DE HABITANTES

CON RESPECTO A LA GRAFICA NUMERO 3 QUE SE REFIERE A LA PRODUCCION DE BASURA A NIVEL MUNDIAL EN 1990, SE OBSERVA A U.S.A. CON LA GENERACION MAXIMA DE 200 000 000 DE TONELADAS Y A BELGICA CON LA GENERACION MINIMA DE 7 000 000. MEXICO PRODUJO EN EL MISMO AÑO UN POCO MAS DE 22 000 000 DE TONELADAS DE BASURA UBICANDOSE ASI ENTRE LOS PAISES DE MENOR GENERACION ANUAL A NIVEL MUNDIA

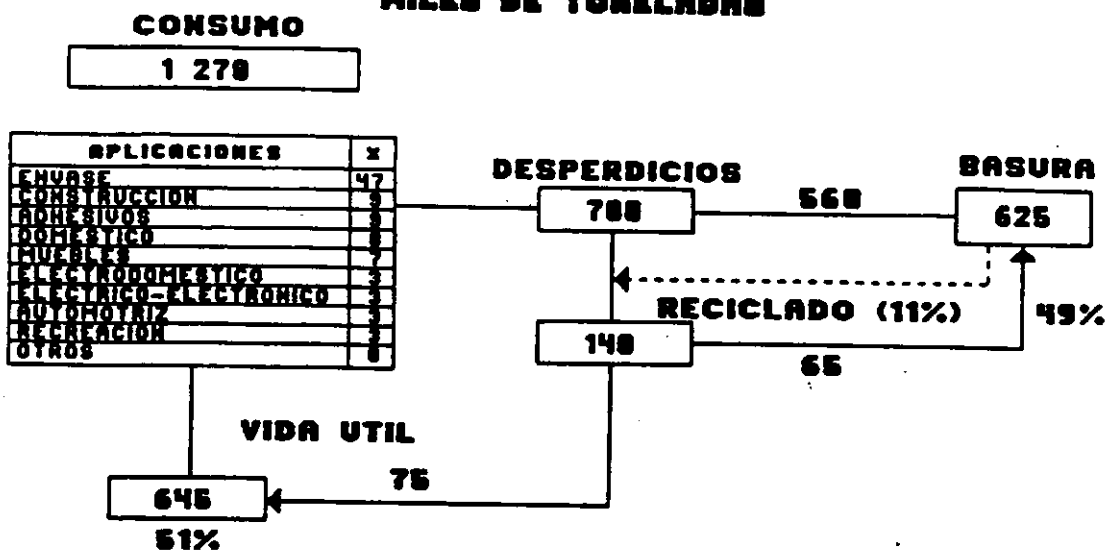
PRODUCCION DE DESECHOS PLASTICOS
MUNDO 1990
Millones de Toneladas



BASURA TOTAL: 775 MTons.

EN LA SIGUIENTE GRAFICA REFERIDA A PRODUCCION DE RESIDUOS PLASTICOS EN EL MUNDO DURANTE 1990, ES IMPORTANTE RESALTAR EL TOTAL DE MILLONES DE TONELADAS GENERADAS EN ESTE TIPO DE MATERIAL,MISMAS QUE ASCIENDEN A 42, REPRESENTANDO ESTOS EL 5.4% DE LA GENERACION TOTAL DE RESIDUOS SOLIDOS. NO SE OBSERVA EN LOS DISTINTOS PAISES UNA CONSTANTE EN LA GENERACION DE RESIDUOS PLASTICOS, UBICANDOSE COMO LOS MAXIMOS GENERADORES DE ESTE TIPO DE RESIDUOS ESPAÑA Y COREA DEL SUR.

TOTAL PLASTICOS
MILES DE TONELADAS



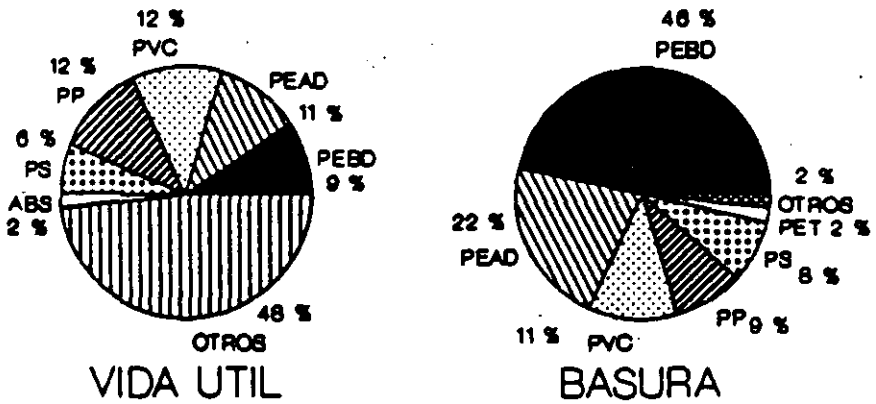
1,712.32 TON/DIA DE PLASTICOS DE DESECHO EN M

EN EL D.F. SE PRODUCEN 11,000 TON/DIA DE P.
LO CUAL EQUIVALE AL 17.74% DE LA GENE
TOTAL DE LOS R.S. EL QUE EN EL D.F. SE PRODUCE
APROXIMADAMENTE LA 303.76 TON/DIA DE PLASTICOS

EL TOTAL DE PLASTICOS PRODUCIDOS EN MEXICO DURANTE 1990 SE ESQUEMATIZA EN LA GRAFICA NUMERO 5,EN ELLA SE OBSERVA EN NUMEROS ABSOLUTOS QUE EL TOTAL DE CONSUMO DE PLASTICOS FUE DE 1 000 000 DE TONELADAS, MISMOS QUE TIENEN DISTINTAS APLICACIONES EN ARTICULOS DE USO, DE ESTAS,700 TONELADAS SE CONSTITUYEN EN DESPERDICIOS LLEGANDO A LOS SITIOS DE DISPOSICION FINAL 625 TONELADAS DE LAS CUALES SOLO EL 11% SON RECICLABLES.

Reciclados

SITUACION GLOBLAL DE LOS PLASTICOS



EN LA SIGUIENTE GRAFICA SITUACION GLOBAL DE LOS PLASTICOS, SE HACE UNA DIFERENCIACION EN PORCENTAJES RESPECTO A LA CAPACIDAD DE VIDA UTIL DE LOS PLASTICOS TERMOFIJOS Y PORCENTAJE DE ELLOS, QUE LLEGAN A CONSTITUIRSE MAS RAPIDAMENTE EN BASURAS.

4.- LA DGGRADABILIDAD DEL PLASTICO

EN LA ACTUALIDAD, EN MUCHAS COMUNIDADES EL PRINCIPAL METODO UTILIZADO EN EL TRATAMIENTO DE BASURAS ES EL RELLENO SANITARIO O ENTIERRO Y UNA OPINION COMUN ES QUE SI EL PLASTICO FUERA DEGRADABLE ESTE SIMPLEMENTE DESAPARECERIA Y MINIMIZARIA EL PROBLEMA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS, ES SOLO UNA SUPOSICION.

EXISTE UNA CONFUSION ACERCA DEL DESARROLLO DEL PLASTICO DEGRADABLE O CUALQUIER OTRO TIPO DE MATERIAL PARA ENVASE, ESTUDIOS RECIENTES EN NEW YORK Y ALEMANIA MUESTRAN QUE MAS DEL 60% DEL MATERIAL, QUE SE DEPOSITA EN LOS RELLENOS SANITARIOS, ES CONSIDERADO COMO DEGRADABLE, ESTOS INCLUYEN RESIDUOS DE COMIDA, RESIDUOS ORGANICOS, PAPEL Y MADERA, LAS PELICULAS PLASTICAS REPRESENTAN MENOS DEL 4% DEL TOTAL DE RESIDUOS SOLIDOS GENERADOS, POR LO TANTO ES DIFICIL DE CREER QUE EL PROBLEMA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS SE RESOLVERIA HACIENDO DEGRADABLES A LOS PLASTICOS.

ABSOLUTAMENTE NADA SE DEGRADA RAPIDAMENTE, LA DEGRADACION DE HECHO, ES UN PROCESO COMPLEJO Y LENTO, PARA QUE ESTE SE LLEVE A CABO LA MATERIA DEGRADABLE DEBE ESTAR EXPUESTA A LA LUZ, CALOR, AIRE, AGUA,Y BACTERIAS.

BAJO LAS CONDICIONES DE LOS RELLENOS SANITARIOS MUCHOS DE LOS MATERIALES GENERICAMENTE CONSIDERADOS DEGRADABLES, COMO SON LAS LAMINAS DE ACERO, DE LATA Y PRODUCTOS DE PAPEL, SUFREN UN DETERIORO LENTO O INCLUSIVE INCOMPLETO. LA DESCOMPOSICION DE LA PELICULA DE CELULOSA DEL PAPEL ES SIGNIFICATIVAMENTE RETARDADA SI ESTA HA SIDO TENIDA O FUERTEMENTE IMPRESA. POR EJEMPLO, LOS ENCABEZADOS DEL PERIODICO PUEDEN SER FACILMENTE LEIDOS DESPUES DE 10 ANOS DE HABER SIDO ENTERRADO EN EL RELLENO SANITARIO.

LAS ENVOLTURAS PLASTICAS SON CIERTAMENTE UNA PARTE VISIBLE EN LOS TIRADEROS Y LAS ENVOLTURAS DEGRADABLES PUEDEN SER DE GRAN AYUDA PARA REDUCIR EL PROBLEMA DE LOS TIRADEROS.

COMO RESULTADO DE ESTO SE HAN IMPUESTO DIVERSAS LEGISLACIONES PARA EL DESARROLLO DE PLASTICOS DEGRADABLES, PRINCIPALMENTE EN ALGUNOS PAISES DE EUROPA Y E.E.U.U., LO CUAL A SU VEZ HA PROPORCIONADO EL DESARROLLO DE TECNOLOGIAS PARA LA FABRICACION DE PLASTICOS DEGRADABLES, CONTRARIAMENTE A LO QUE SE VENIA HACIENDO CUANDO EL OBJETIVO ERA INCREMENTAR LA DURABILIDAD DE LOS PLASTICOS.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS ACTUALMENTE SE BASAN EN LA ADICION DE CIERTAS SUSTANCIAS AL PLASTICO QUE PROVOQUEN SU DESINTEGRACION, DISTINGUIENDOSE DE ACUERDO AL MEDIO QUE LA OCACIONA, 2 TIPOS DE DEGRADACION:

1.- FOTODEGRADACION.- SE APOYA EN LA LUZ ULTRAVIOLETA DEL SOL, LA CUAL ROMPE LA ESTRUCTURA QUIMICA DEL PLASTICO.

2.- BIODEGRADACION.- IMPLICA EL ROMPIMIENTO Y CONSUMO DEL MATERIAL PLASTICO MEDIANTE ORGANISMOS VIVIOS.

FOTO Y BIODEGRADACION DE LOS PLASTICOS DEPENDEN DE LA LUZ SOLAR Y/O HUMEDAD. LOS PLASTICOS FOTODEGRADABLES TOMARAN UN MAYOR TIEMPO PARA SU DEGRADACION, EN ALASKA, COMPARADO CON LOS ESTADOS UNIDOS DONDE EXISTE ABUNDANCIA DE LUZ SOLAR COMO EN EL CASO DE MEXICO.

DE IGUAL MANERA LA HUMEDAD DEBE ESTAR PRESENTE EN LOS RELLENOS SANITARIOS, PARA QUE LOS MICRO ORGANISMOS PENETREN AL MATERIAL PLASTICO Y DESTRUYAN SU ESTRUCTURA QUIMICA. EL ALMIDON HA SIDO PROPUESTO COMO UN ADITIVO BIODEGRADABLE EN PLASTICOS, PARTICULARMENTE PARA BOLSAS Y ENVOLTURAS DE ALIMENTOS DE RAPIDO CONSUMO. ALGUNOS DE LOS PROBLEMAS TECNICOS DE EL SISTEMA POR ALMIDON ES QUE SE PUEDEN SOBRE PASAR LOS NIVELES DE FRAGILIDAD TENIENDOSE PROBLEMAS MECANICOS, ESPECIALMENTE SI LOS PRODUCTOS SON EXPUESTOS A ALTOS NIVELES DE HUMEDAD CON LA POSIBILIDAD DE QUE EL ALMIDON AYUDE AL CRECIMIENTO DE MICRO ORGANISMOS POR SI MISMO.

POR OTRO LADO, LOS PLASTICOS DEGRADABLES PUEDEN DETENER EL RECICLADO, Y EL MEDIO AMBIENTE PREFIERE UNA SOLUCION DIRECTA AL PROBLEMA DE LA CRISIS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS. MUCHAS DE LAS APLICACIONES DEL RECICLAMIENTO DE PLASTICOS, DEPENDE DE LA DUREZA Y DURABILIDAD DE LOS MATERIALES, PROPIEDADES QUE NO SON TOMADAS EN CUENTA PARA LOS PRODUCTOS DEGRADABLES EN TERMINOS PROLONGADOS DE USO.

LOS PLASTICOS BIO O FOTODEGRADABLES, NO PUEDEN SER MEZCLADOS CON PLASTICOS SIN NINGUN TRATAMIENTO PREVIO PARA EL RECICLAMIENTO, SIN QUE LAS CUALIDADES DEL PLASTICO FINAL SE VEAN AFECTADAS. LOS METODOS PARA EL TRATAMIENTO DE PLASTICOS DEGRADABLES SON DE MAYOR IMPORTANCIA EN RELACION A LAS NECESIDADES DEL DESARROLLO DEL RECICLAMIENTO, PERO AL FINAL, AMBAS SOLO INCREMENTARAN EL COSTO DE RECICLADO, DETENIENDO EL CRECIMIENTO.

5.-RECICLADO DE PLASTICOS

EN MEXICO, A PARTIR DE LOS ULTIMOS AÑOS EL TEMA DEL RECICLAJE DE PLASTICOS HA ADQUIRIDO RELEVANCIA, AL RESPECTO SE HAN HECHO UNA SERIE DE ESTUDIOS PARA DETERMINAR LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ESTA NUEVA INDUSTRIA. EL INSTITUTO MEXICANO DEL PLASTICO INDUSTRIAL (IMPI), RECIENTEMENTE CONCLUYO UN ESTUDIO DENOMINADO "RECICLADO DE PLASTICOS EL NEGOCIO DE LOS 90'", DEL CUAL SE EXTRAJO LA MAYOR PARTE DE LA INFORMACION QUE A CONTINUACION SE PRESENTA.

LA PROBLEMATICA DE LA RECUPERACION DE LOS SUBPRODUCTOS APROVECHABLES DE LA BASURA EN MEXICO Y EN PARTICULAR DE LOS PLASTICOS CONTENIDOS EN LAS MISMAS, DEBE ABORDARCE SEGUN PLANTEA EL IMPI MEDIANTE LA COLABORACION DEL GOBIERNO A TRAVES DE SUS ORGANISMOS (SEDUE, SECOFI, SS, DDF) CON ASOCIACIONES DE FABRICANTES DE MATERIAS PRIMAS, DE TRANSFORMADORES, ESCUELAS Y UNIVERSIDADES QUIENES DEBERAN TOMAR MEDIDAS SOBRE LOS PUNTOS SIGUIENTES:

- LEGISLACION
- INFORMAR Y MOTIVAR A LA POBLACION
- ACTUAR

EL RECICLADO DE PLASTICOS ESTA EN SU PRIMERA ETAPA EN PAISES COMO MEXICO Y AMERICA LATINA, Y AFORTUNADAMENTE SE HA DESARROLLADO CON EXITO EN ALEMANIA, JAPON Y E.E.U.U.

RECICLAR SIGNIFICA QUE TODOS LOS DESPERDICIOS Y RESIDUOS QUE GENERAMOS EN NUESTRAS VIDAS SE VUELVAN A INTEGRAR A UN CICLO NATURAL, INDUSTRIAL O COMERCIAL MEDIANTE UN PROCESO CUIDADOSO QUE PERMITA LLEVARLO A CABO DE MANERA ADECUADA Y LIMPIA.N

PARA ASEGURAR EL ABASTO DE MATERIAS PLASTICAS LO MAS LIMPIOS POSIBLES Y DE LA MISMA ESPECIE FACILITANDO SU RECOLECCION Y RECICLAJE, EN E.E.U.U Y EN LA MAYORIA DE LOS PAISES EUROPEOS HA SIDO ACOPLADO UN SISTEMA DE CODIFICACION PARA ENVASES DESARROLLADO POR LA SOCIEDAD DE LA INDUSTRIA DEL PLASTICO SPI, INC. (USA).

6.-SISTEMA DE CODIFICACION PARA ENVASES PLASTICOS

ESTE SISTEMA AYUDA A IDENTIFICAR EN LOS ENVASES, BOTELLAS, CONTENEDORES Y RECIPIENTES EN GENERAL, EL TIPO DE PLASTICO USADO PARA SU FABRICACION.

EL SISTEMA BASADO EN UNA SIMBOLOGIA SIMPLE PERMITE A LOS SELECCIONADORES DURANTE EL PROCESO DE RECOLECCION Y RECICLAJE, IDENTIFICAR Y SEPARAR LOS DIFERENTES PRODUCTOS, SE COMPONE DE TRES FLECHAS QUE FORMAN UN TRIANGULO CON UN NUMERO EN EL CENTRO Y LETRAS EN LA BASE.

CON BASE A INVESTIGACIONES REALIZADAS POR LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE EN OTROS PAISES, SE HA ENCONTRADO QUE EL SIMBOLO PROPUESTO ES SIMPLE Y FACIL DE DISTINGUIR DE OTRAS MARCAS TRADICIONALMENTE COLOCADOS EN LOS ENVASES POR SUS FABRICANTES.

EL TRIANGULO DE FLECHAS (SIMBOLO UNIVERSAL DEL RECICLAJE), FUE ADOPTADO PARA AISLAR O DISTINGUIR EL CODIGO NUMERICO DE OTRAS MARCAS EN EL ENVASE. EL NUMERO Y LAS LETRAS INDICAN LA RESINA USADA PARA LA FABRICACION DEL ENVASE, SEGUN LA SIGUIENTE PRECISION:

- PET (POLIETILENOTERAFTALENO)
- PEAD (POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD)
- PVC (CLORURO DE POLIVINILO)
- PEBD (POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD)
- PP (POLIPROPILENO)
- PS (POLIESTIRENO)
- OTROS

EL CODIGO INDICA LA RESINA DE QUE ESTE HECHO EL ENVASE Y NO TIENE RELACION ALGUNA CON EL TAMANO CONTENIDO O APARIENCIA DEL MISMO (VER ANEXO 1)

8.- VOLUMEN DE DESPERDICIOS POR TIPO DE PLASTICO

DEBIDO A QUE EL CONSUMO DE PLASTICOS ESTA ORIENTADO EN MEXICO PRINCIPALMENTE AL SECTOR DE ENVASE OCUPANDO ESTE EL 47% EL CUAL A SU VEZ TIENE UN PERIODO DE UTILIZACION MUY CORTO DE MENOS DE UN AÑO, EN LA ACTUALIDAD LOS MAYORES PROBLEMAS SE CENTRAN EN EL.

EN MEXICO, COMO EN OTROS PAISES DEL MUNDO LA PRINCIPAL FUENTE DE RESIDUOS PLASTICOS SON LAS FAMILIAS APORTANDO EL 70% SEGUIDO DE LAS INDUSTRIAS CON UN 20% Y FINALMENTE, COMERCIOS E INSTITUCIONES CON EL 10% DANDO UN TOTAL DE 625,000 TON.

ANALIZANDO EL CONSUMO TOTAL DE PLASTICOS, QUE ES DE 1'270,000 TON. SE PUEDE OBSERVAR QUE EL 49% DE ESTE SE CONVIERTE EN BASURA, QUEDANDO EN VIDA UTIL EL 51% EN APLICACIONES DE SECTORES COMO EL DE LA CONSTRUCCION, ELECTRICO-ELECTRONICO, MUEBLES AUTOMOTRIZ.

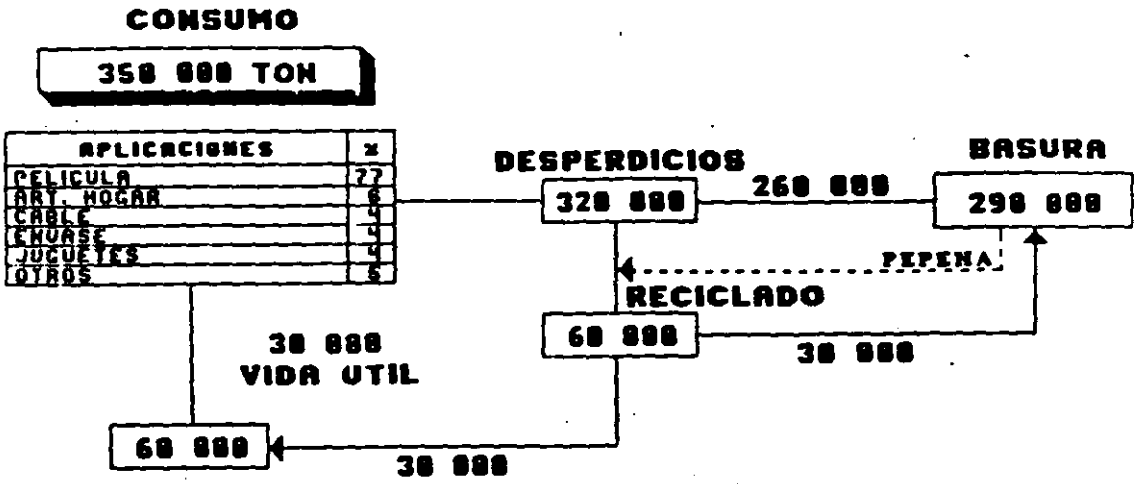
EN EL ANO DE 1990, UNICAMENTE SE REGISTRO UN RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS DE PLASTICOS EN GENERAL DE 140,000 TON. QUE EQUIVALE AL 11% DEL CONSUMO TOTAL Y CUYAS FUENTES PRINCIPALMENTE PROVIENEN DE LOS PROPIOS TRANSFORMADORES PLASTICOS.

EN GENERAL, LOS DESPERDICIOS PLASTICOS ESTAN BASICAMENTE FORMADOS

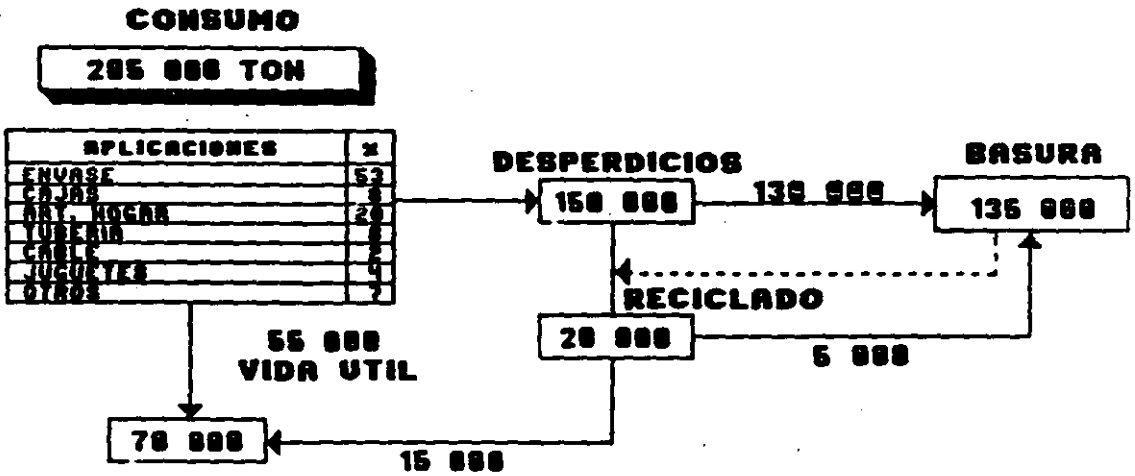
POR POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD, POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD, PVC, POLIPROPILENO, POLIESTIRENO Y PET. PARA CADA UNO DE ESTOS SE PRESENTA UN ANALISIS DE GENERACION Y RECUPERACION DE DESPERDICIOS.

EN ADELANTE SE INCLUYEN UNA SERIE DE GRAFICAS POR TIPO DE PLASTICO, EN LAS CUALES SE MUESTRA FUNDAMENTALMENTE LOS PORCENTAJES DE SUBPRODUCTOS RECICLADOS Y PORCENTAJES DE AQUELLOS QUE VAN DIRECTAMENTE A LA BASURA.

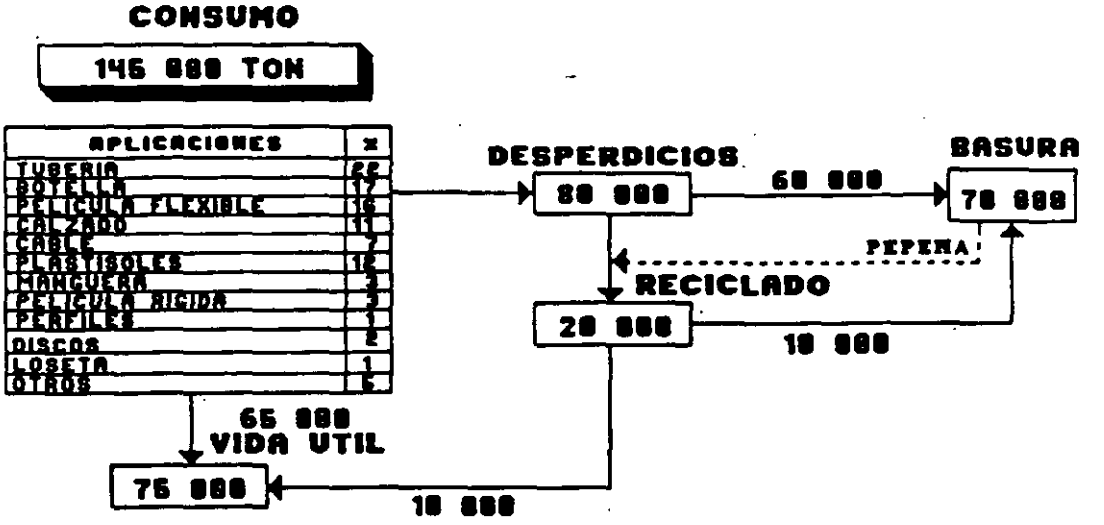
POLIETILENO BAJA DENSIDAD



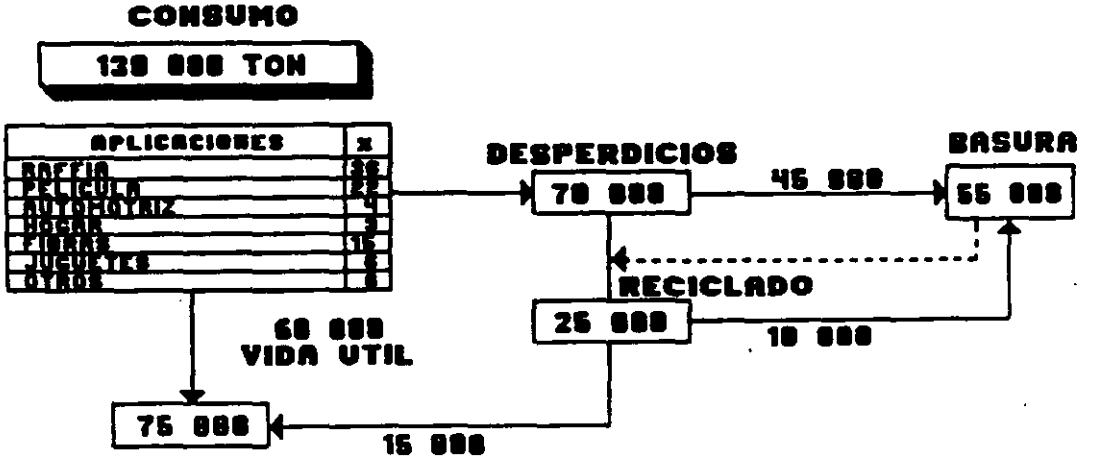
POLIETILENO ALTA DENSIDAD



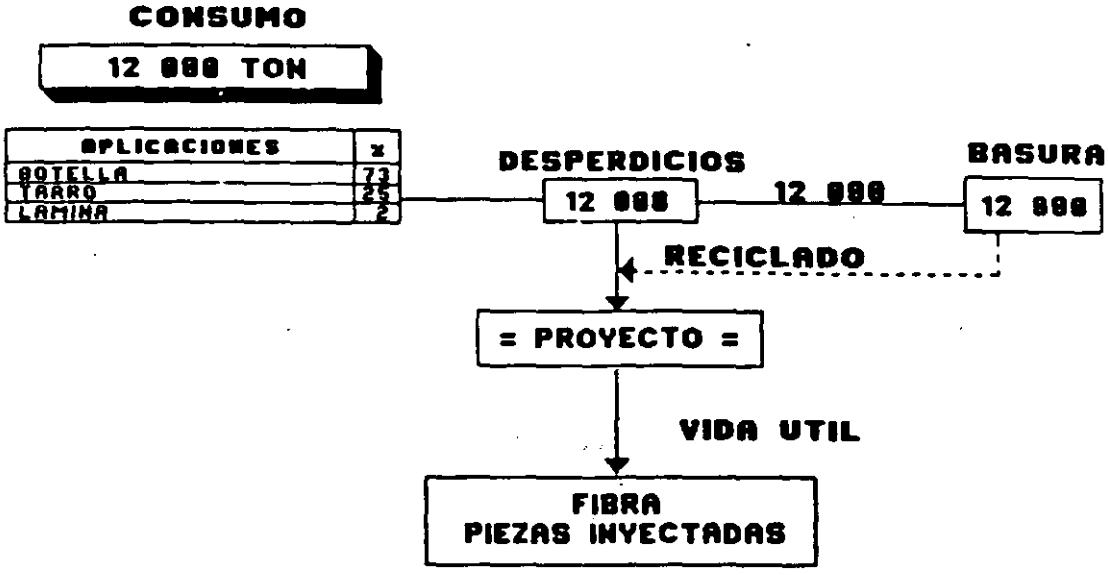
CLORURO DE POLIVINILO (PVC)



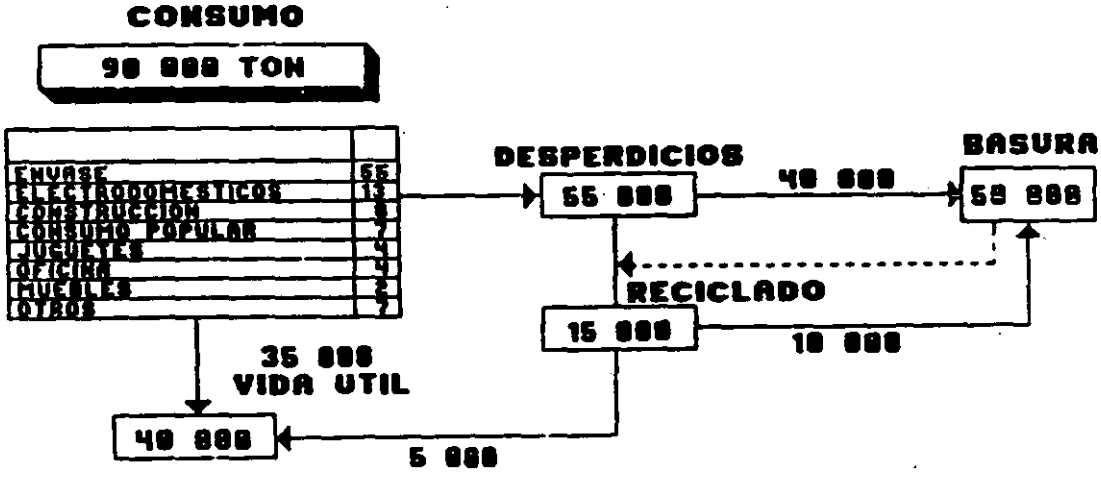
POLIPROPILENO (PP)



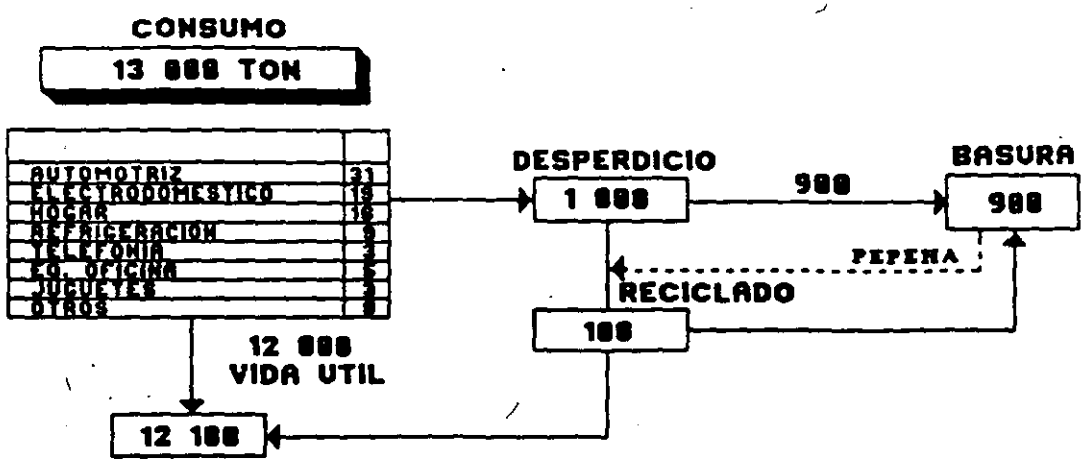
PET



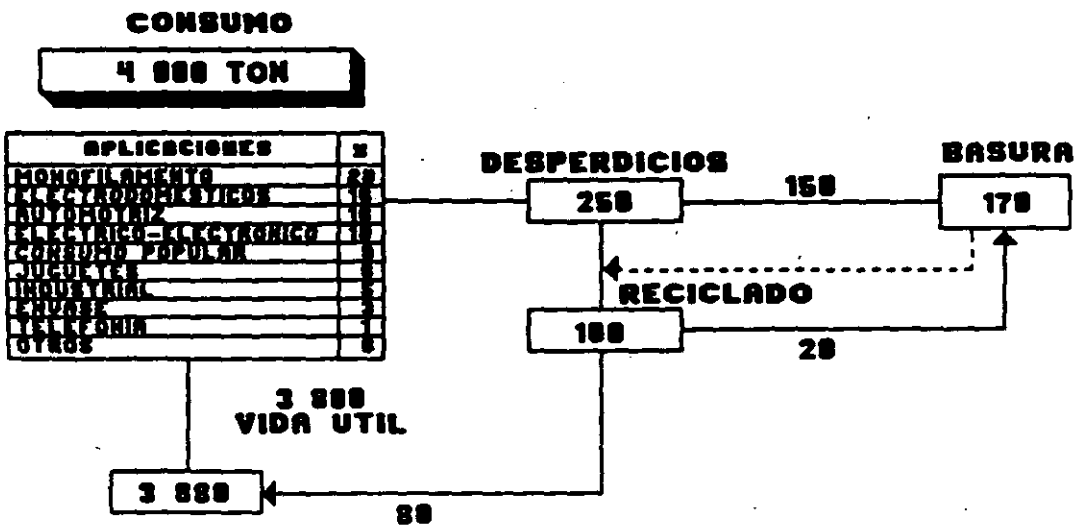
POLIESTIRENO



ABS



POLIAMIDAS



8.- TECNOLOGIAS PARA EL RECICLADO DE PLASTICOS

EXISTEN DIVERSAS TECNOLOGIAS PARA EL RECICLADO DE PLASTICOS LAS CUALES SE DEFINEN DE ACUERDO AL ESTADO GENERAL DE LOS DESPERDICIOS QUE DEBERAN TRANSFORMARSE.

- PLASTICOS DE LA MISMA ESPECIE
- MEZCLAS DE PLASTICOS

PLASTICOS DE LA MISMA ESPECIE

CUANDO SE TIENEN LOS DESPERDICIOS LO MAS LIMPIOS POSIBLE ES APLICABLE CON UNA GRAN RENTABILIDAD EL PROCESO DE REGRANULACION PARA TERMOPLASTICOS.

PARA QUE ESTE SISTEMA TENGA BUENOS RESULTADOS SE REQUIERE OBSERVAR LAS SIGUIENTES REGLAS BASICAS PARA EL MANEJO DE LOS DESPERDICIOS DENTRO DE LA INDUSTRIA QUE LOS GENERE.

a).- LOS DESPERDICIOS DEBEN TENER UN LUGAR ESPECIAL DENTRO DEL CICLO DE PRODUCCION. PONGA SUS DESPERDICIOS EN MANOS EXPERTAS.

b).- ELIMINE LA PALABRA "SCRAP" PARA SUS DESPERDICIOS YA QUE SIGNIFICA SUSTANCIA INSERVIBLE.

c).- MANTENGA LIMPIOS SUS SUBPRODUCTOS LIBRES DE CONTAMINACION DE MATERIALES DIFERENTES COMO METAL, PAPEL, VIDRIO, OTROS PLASTICOS O SUSTANCIAS EXTRANAS. LOS DESPERDICIOS MEZCLADOS Y SUCIOS PIERDEN INMEDIATAMENTE SU VALOR.

d).- CLASIFIQUE LOS SUBPRODUCTOS POR TIPO DE PLASTICOS Y TAMANO, DEBIDO A QUE CADA UNO PRESENTA CARACTERISTICAS PARTICULARES COMO PUNTO DE FUSION, FLUIDEZ, DENSIDAD, Y ESTRUCTURA QUIMICA, LO QUE SIGNIFICA QUE CUANDO SE MEZCLAN PRESENTAN INCOPATIBILIDAD Y DIFICULTAD DE RECICLADO.

e).- INSTALE ASPIRADORAS PARA LIMPIEZA DE LA PLANTA. NO UTILICE AIRE PARA SOPLAR SOBRE EL LUGAR DE TRABAJO PARA EVITAR LA CONTAMINACION CON POLVO.

CUANDO SE LLEVEN A CABO CORRECTAMENTE LAS REGLAS ANTERIORES, ENTONCES SE OBTIENEN SUBPRODUCTOS ADECUADOS PARA REGRANULARSE Y REINCORPORARSE AL CICLO DE PRODUCCION QUE LOS GENERO O BIEN PARA LA FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS QUE NO REQUIEREN DE ALTA CALIDAD.

LOS SUBPRODUCTOS OBTENIDOS DE LA RECOLECCION DIFERENCIADA TAMBIEN REQUIEREN IR LIBRES DE CONTAMINACION POR EJEMPLO, ACEITES, DETERGENTES Y AZUCAR. ESTO GENERALMENTE REQUIEREN DE UN PROCES DE LAVADO POSTERIOR A LA MOLIENDA PARA LOGRAR UN REGRANULADO DE

BUENAS CARACTERISTICAS.

EL PROCESO DE REGRANULADO CONSISTE BASICAMENTE EN LOS SIGUIENTES PASOS:

1.- MOLIENDA
2.- LAVADO/SEPARADO
3.- COMPACTACION
4.- MODIFICACION DE ADITIVOS
5.- PELLETIZADO.

EXISTEN EN EL MUNDO DIVERSAS EMPRESAS ESPECIALIZADAS EN LA FABRICACION DE LINEAS COMPLETAS PARA EL RECICLAJE DE PLASTICOS, LOS CUALES INCLUYEN TODOS LOS PASOS DEL PROCESO DESCRITO ANTERIORMENTE Y QUE DISENAN SUS EQUIPOS A LA MEDIDA DE LAS NECESIDADES DE CADA TIPO DE DESPERDICIOS.

PLASTICOS MEZCLADOS:

CUANDO SE TIENEN MEZCLAS DE DISTINTOS MATERIALES PLASTICOS LOS CUALES RESULTAN DIFICILES DE SEPARAR FISICA Y ECONOMICAMENTE, SE HAN DESARROLLADO METODOS ESPECIALES PARA SU RECICLAMIENTO OBTENIENDO BARRAS, PLACAS Y DIVERSOS PRODUCTOS MOLDEADOS.

EL PROCESO CONSISTE BASICAMENTE EN LAS SIGUIENTES ETAPAS:

- FRAGMENTACION DE LOS DESPERDICIOS.

- LAS FRACCIONES LIGERAS COMO PELICULAS SON AUTOMATICAMENTE COMPACTADOS EN LA BASE DE TRITURACION ALCANZANDO 8MM DE MALLA.

- LA MEZCLA PUEDE SER PROLONGADA SI ESTA CONTIENE UN ALTO NIVEL DE CONTAMINACION DE MATERIA ORGANICA.

- EL MATERIAL ES ALIMENTADO A UN SITIO PERFORADOR CUYA FUNCION ES MEZCLAR Y ALMACENAR AQUI EL MATERIAL ES SECADO Y HOMOGENEIZADO.

- LA MEZCLA ES DESCARGADA DESDE EL MEZCLADOR A UNA TOLVA INTERMEDIA DISPERSA CON UN SEPARADOR MAGNETICO DE METALES Y QUE ALIMENTA DIRECTAMENTE AL EXTRUSOR.

- EL EXTRUSOR O PLASTIFICADOR ES MANEJADO HIDRAULICAMENTE PARA LOGRAR ALTAS VELOCIDADES QUE CALIENTEN A LA MEZCLA DE 200 A 300 GRADOS CENTIGRADOS POR FRICCION DURANTE UN CORTO PERIODO DE RESIDENCIA DENTRO DEL CILINDRO PARA EVITAR SU DEGRADACION. POSTERIORMENTE LA MEZCLA ES LLEVADA POR COMPRESION HACIA LOS MOLDES.

- EL CORTO PERIODO DE RESIDENCIA DENTRO DE LA MAQUINA Y EL DISENO DE LA MISMA EVITA LA POSIBILIDAD DE QUE SE LIBEREN SUSTANCIAS VOLATILES.

- DIEZ A VEINTE MOLDES MONTADOS ROTATIVAMENTE SE VAN LLENANDO EN FORMA, SUCESIVA FRENTE A LA SALIDA DE LA MEZCLA FUNDIDA DEL EXTRUSOR PARA QUE DESPUES DE UN BANO DE AGUA SE LLEVE A CABO SU ENFRIAMIENTO Y FINALMENTE SE RETIENE LA PIEZA MOLDEADA.

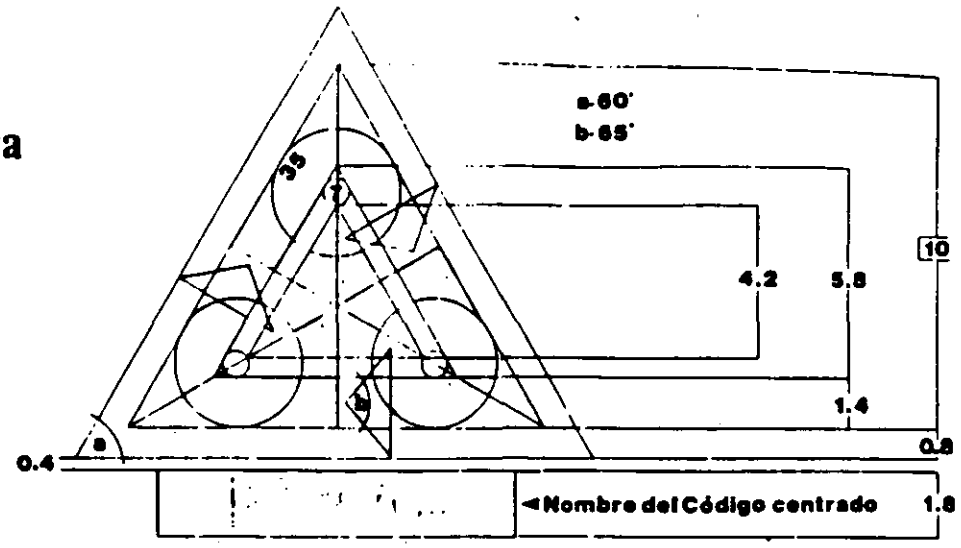
- LAS PIEZAS RECIEN MOLDEADAS SE COLOCAN EN ESTANTES AEREADOS HORIZONTALMENTE DURANTE 8 A 10 HORAS PARA ALCANZAR EL ENFRIAMIENTO DEL CENTRO Y LA ESTABILIZACION TOTAL DEL PRODUCTO.

DEBIDO A QUE ALGUNOS PLASTICOS RESULTAN SER INCOMPATIBLES ENTRE SI EN ESTADO FUNDIDO, EXISTEN DIFICULTADES DURANTE EL PROCESO Y ESTA NO PERMITE LA OBTENCION DE PRODUCTOS DE BUENA CALIDAD. POR ESTA RAZON, SE REQUIERE UNA CLASIFICACION PREVIA DE LOS RESIDUOS DE TAL FORMA QUE UNO DE LOS PLASTICOS COMPONENTES DE LA MEZCLA OCUPE MAS DEL 50%, ESTE PLASTICO GENERALMENTE ES POLIETILENO.

A PESAR DE QUE LAS TECNOLOGIAS DESARROLLADAS PERMITEN AMPLIAS TOLERANCIAS EN LA COMPOSICION DE LA MEZCLA, SE PRESENTAN CIERTAS RECOMENDACIONES REFERENTES A LAS CANTIDADES DE PVC,PET Y POLIESTIRENO, QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA.

ANEXO 1.

Estructura



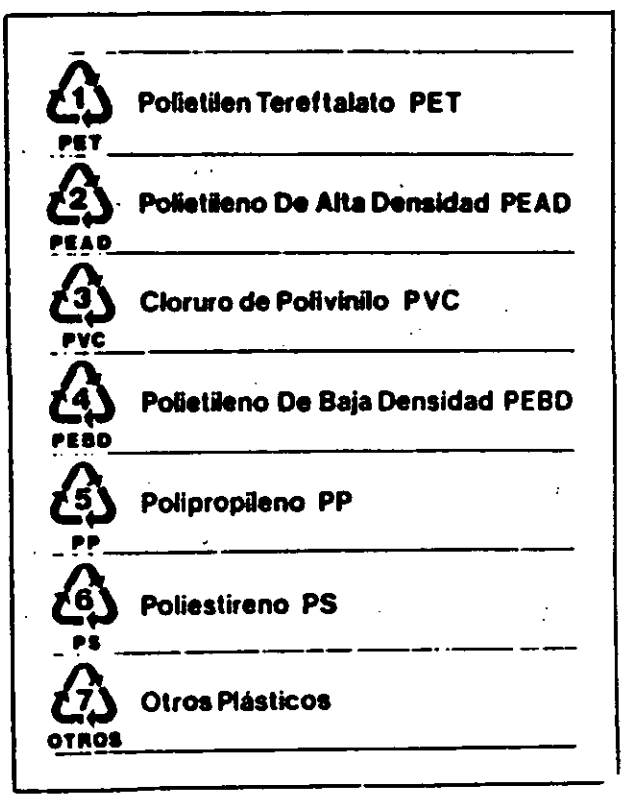
Tipo de letra

HELVETICA BOLD

ABCDEFGHIJK LMNOPQRSTU VWXYZabcdef

ghijklmnopqrst uvwxyz123456 7890 &?!ßE$(;)

Codigos de identificación en envases plásticos para reciclaje



ANEXO 2.

TECNOLOGIAS DE LAS MATERIAS PLASTICAS.

LAS MATERIAS PLASTICAS SON SUSTANCIAS ORGANICAS DE PRODUCCION SINTETICA CON CARACTERISTICAS FISIOQUIMICAS PARTICULARES, ANALOGAS A LAS RESINAS NATURALES. LAS MATERIAS PRIMAS HAN SUPERADO LA FASE DE PRODUCTOS AUXILIARES PARA ADOPTAR CADA VEZ MAS FRECUENTEMENTE, EL PAPEL DE MATERIA PRIMA. EN TODAS LAS RAMAS DE LA TECNICA Y DE LA INDUSTRIA SE EMPLEAN POR SUS PROPIEDADES DE LIGEREZA Y FACIL MANIPULACION, ASI COMO POR SU BAJO COSTE. DE LAS MULTIPLES APLICACIONES QUE TIENE CABE CITAR ENTRE LAS MAS IMPORTANTES, LA PRODUCCION DE LAMINADOS PLASTICOS, DE FIBRAS ARTIFICIALES Y SINTETICAS, DE PINTURAS Y BARNICES, DE RECIPIENTES, LA VENTAJOSA SUSTITUCION DE METALES, DEL VIDRIO, DE LA CERAMICA, DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION ETC.

TECNOLOGIAS DE LA ELABORACION.

PARA LA ELABORACION DE LAS MATERIAS PLASTICAS SE APROVECHAN LAS CARACTERISTICAS FISICOQUIMICASY, POR TANTO, SE USAN DISTINTOS METODOS PARA LAS MATERIAS TERMOPLASTICAS Y PARA LOS TERMOENDURECIBLES. EN TODOS LOS METODOS SE PASA A TRAVES DE UNA FASE VISCOSA, AMORFA Y TRANSITORIA DE LA RESINA, QUE SE OBTIENE CON LA ADMINISTRACION DE CALOR A TEMPERATURAS DETERMINADAS, O CON LA ADICION DE CIERTAS SUSTANCIAS QUIMICAS, DENOMINADAS CATALIZADORES.

LAS RESINAS FLUIDIFICADAS COLOCADAS O PROYECTADAS SOBRE DETERMINADOS ESPACIOS HUECOS, SE SOLIDIFICAN AL ENFRIARSE Y ADQUIEREN FORMA DE ESPACIOS.

MOLDEADO

LOS PROCEDIMIENTOS DE MOLDEADO HAN CONTRIBUIDO CONSIDERABLEMENTE ADIFUNDIR LAS MATERIAS PLASTICAS AL PERMITIR EFECTUAR RAPIDAMENTE Y CON NOTABLE ECONOMIA DE COSTE LA PRODUCCION EN SERIE DE OBJETOS CON LA FORMA DESEADA Y CASI ACABADOS.

PARA LOS DIVERSOS METODOS DE MOLDEADO DE LAS MATERIAS PLASTICAS (MOLDEADO POR COMPRENSION, POR INDUCCION Y POR TRANSFERENCIA) SE USAN LAS PRENSAS. LA PRENSA ES UNA MAQUINA QUE DESARROLLA EL CALOR PRECISO PARA LA FLUIDIFICACION DE LA RESINA Y EJERCE SOBRE ESTA LA PRESION NECESARIA PARA QUE ADQUIERA LA FORMA DEL OBJETO QUE SE MOLDEA.

LA CAVIDAD EN QUE SE INTRODUCE LA RESINA PARA SOMETERLA A LAS OPERACIONES DE MOLDEADO ESTA DETERMINADA POR UN MOLDE CONSTITUIDO POR DOS BLOQUES, CUYAS CARAS ANTERIORES AJUSTADAS DAN A LA REASINA LA FORMA, IMPRONTA O MATRIZ, QUE SE DESEA, LOS BLOQUES SE

CALIENTAN CON RESISTENCIAS TERMOELECTRICAS REGULABLES. EL CIERRE DEL MOLDE TIENE LUGAR A PRESION; ESTA SE EJERCE MEDIANTE EL EMPUJE DE UN PISTON DE EMBOLO MOVIDO MECANICAMENTE, POR TORNILLO O HIDRAULICAMENTE,CON LIQUIDOS REGULADOS HASTA 200 ATMOSFERAS Y MAS. LA PRENSA PUEDE TENER MOLDES CON MISMO PRINCIPIO TECNOLOGICO DESCRITO A PROPOSITO DEL MOLDEADO POR EXTRUSION Y SOPLADO.

EL ORIFICIO DE LA CABEZA DEL ESPULSOR ES DE FORMA ANULAR A TRAVES DE ESTE SALE IMPEDIDA UNA MANGA CILINDRICA CONTINUA DEL ESPESOR DE UN MILIMETRO APROXIMADAMENTE, EN LA CUAL SE INSULFA AIRE APRESION PARA DILATARLA. ALGUNOS DISPOSITIVOS DE TRANSPORTE REGULAN AL MISMO TIEMPO EL ESPESOR DE LA PELICULA Y EL DIAMETRO.

LA PELICULA TUBULAR ASI OBTENIDA SE ENROLLA EN BOBINAS Y POSTERIORMENTE SE VUELVE A TOMAR PARA LAS DIVERSAS ELABORACIONES.

LAMINACION Y REVESTIMIENTO

LAS RESINAS TERMOPLASTICAS PARA OBTENER MATERIAS PLASTICAS EN HOJA Y LAMINA SE EFECTUAN CON EL EMPLEO DE LAS CALANDRIAS, MAQUINAS FORMADAS POR UNA SERIE DE CILINDROS METALICOS QUE GIRAN SOBRE PERNOS. LAS DIMENCIONES DE ESTOS CILINDROS SON VARIABLES, Y SU DISPOSICION ESTA DETERMINADA POR LOS DIFERENTES USOS DE LAS CALANDRIAS. EN GENERAL, ESTAS NO TIENEN NUNCA MENOS DE TRES CILINDROS ACOPLADOS EN POSICION VERTICAL, HORIZONTAL O MIXTA. TAMBIEN SON FRECUENTES LAS CALANDRIAS DE CUATRO CILINDROS PARA PRODUCCIONES ESPECIALES.

EL PERNO DE LOS CILINDROS SE APOYA EN COJINES SUSTENTADORES Y TODO EL DISPOSITIVO SE INCERTA EN UN BASTIDOR QUE SOSTIENE EL EQUIPO COMPLETO PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA CALANDRIA.

EL CALOR DE ROZAMIENTO DEL MOVIMIENTO ROTATIVO DE LOS CILINDROS SOBRE LOS PERNOS ES REGULADO POR UN SITEMA DE LUBRICACION DE CIRCULACION FORZADA, MIENTRAS QUE EL CALOR NECESARIO PARA EL CALENTAMIENTO DE LOS CILINDROS SE SUMINISTRA A TRAVES DE AGUJEROS PRACTICADOS EN EL PERNO DEL CILINDRO MEDIANTE LA CIRCULACION DE LIQUIDOS O VAPORES INTRODUCIDOS EN LOS CANALES DISPUESTOS, EN EL INTERIOR DE AQUEL.

EN EL PROCESO DE LAMINACION , LA CALANDRIA SE ALIMENTA DE MODO CONTINUO MEDIANTE CINTAS TRANSPORTADORAS; A LA SALIDA HAY DISPOSITIVOS QUE REGULAN EL ESPESOR DE LA HOJA, CORTAN LOS BLOQUES Y ENROLLAN EL LAMINADO.

LA HOJA PUEDE CALANDRARSE HASTA EL ESPESOR DE 0.04 MILIMETROS.

EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CONSISTE EN LA APLICACION DE RESINA, EN ESTADO PLASTICO, SOBRE UN DETERMINADO SOPORTE DE MODO QUE SE RECUBRA COMPLETAMENTE SU SUPERFICIE. LOS METODOS USADOS PARA EL REVESTIMIENTO DE ESPESOR CONTROLADO SE BASAN EN UNA CUCHILLA QUE, PRESIONANDO SOBRE LA SUPERFICIE DEL SOPORTE YA REVESTIDO, REGULA EL ESPESOR Y LA UNIFORMIDAD DE LA PELICULA RETENIENDO EL EXCESO DE MATERIAL.

EL REVESTIMIENTO SE DENOMINA DE CUCHILLA LIBRE CUANDO EL SOPORTE EJERCE PRESION CONTRA LA HOJA DE LA CUCHILLA; DE ALFOMBRA CUANDO EL SOPORTE SE HACE CIRCULAR BAJO LA CUCHILLA SOSTENIDA POR UNA CINTA CONTINUA QUE GIRA SOBRE DOS CILINDROS; DE CILINDROS CUANDO EL SOPORTE DESCANSA DIRECTAMENTE SOBRE EL CILINDRO ROTATORIO Y LA CUCHILLA SE APOYA EN CORRESPONDENCIA CON ESE CILINDRO.

AL REVESTIMIENTO SIGUE INMEDIATAMENTE EL ACABADO QUE PUEDE CONSISTIR EN LAS OPERACIONES DE COLORACION, ESTAMPILLADO ETC.

A CONTINUACION, EL MATERIAL SE SECA EN HORNO, DONDE SE COMPLETA LA GELATINACION DE LA RESINA, Y DESPUES SE ENVUELVE EN ROLLOS PARA SU ALMACENAMIENTO.

EN TODAS LAS OPERACIONES SE HA DE TENER EN CUENTA QUE LA PASTA DE REVESTIR SE COMPONE DE DIVERSAS SUSTANCIAS QUE PUEDEN VOLATIZARSE EN LAS DIFERENTES FASES DEL TRABAJO; TAMBIEN ES NECESARIO PREVENIR LOS EFECTOS PERJUDICIALES SOBRE EL MATERIAL ACABADO, ES DECIR YA LAMINADO Y REVESTIDO.

CONFORMACION POR COLADO.

UN MATERIAL EN ESTADO FLUIDO O LIQUIDO, VERTIDO DENTRO DE LA MATRIZ, ADQUIERE EL ESTADO SOLIDO EN UN TIEMPO DETERMINADO. LAS RESINAS USADAS EN ESTOS PROCESOS SON ESPECIALMENTE LAS FENOLICAS, LOS POLIESTERES Y EL CLORURO DE POLIVINILO; SEGUN EL MATERIAL PLASTICO EMPLEADO PARA LA CONFORMACION DEL OBJETO, ES NECESARIA UNA PREPARACION PREVIA.

LOS MOLDES PARA LA COLADA SE CONSTRUYEN DE METAL, CAUCHO Y OTRO MATERIAL SIMILAR DIRECTAMENTE SOBRE EL EJEMPLAR QUE SE HA DE REPRODUCIR Y SE REFUERZAN CON SOPORTES RIGIDOS PARA EVITAR DEFORMACIONES; EN CASO DE NECESIDAD SE RECURRE A MOLDES FORMADOS POR LADOS DESMONTABLES. EL GROSOR DE UN MOLDE VARIA SEGUN LAS DIMENSIONES DE LAS PIEZAS A REPRODUCIR Y LA CANTIDAD QUE SE DESEA OBTENER.

CONFORMACION POR INMERSION

LA CONFORMACION POR INMERSION DIFIERE DEL PROCEDIMIENTO DE COLADO, EXCLUSIVAMENTE POR EL HECHO DE QUE LA RESINA, EN LUGAR DE INTRODUCIRSE EN LA MATRIZ DEL MOLDE POR SU ADAPTACION A LAS PAREDES INTERIORES , SE FUNDE EN UN RECIPIENTE ADECUADO PARA QUE SE CONSERVE EL ESTADO DE FLUIDEZ, EN ESTA MASA FUNDIDA SE SUMERGE EL MODELO QUE SE QUIERE REPRODUCIR, LA RESINA SE ADHIERE A LA SUPERFICIE DEL MODELO, Y UNA VEZ ENDURECIDA, SE PROCEDE A DESPRENDERLA E INVERTIRLA.
MEDIANTE ESTE MISMO PROCEDIMIENTO DE INMERSION SON REVESTIDOS AQUELLOS OBJETOS A LOS CUALES INTERESA PROTEGER CONTRA LOS AGENTES EXTERNOS O AISLAR DE AMBIENTES DETERMINADOS. EI REVESTIMIENTO RECUBRE PERMANENTEMENTE LA SUPERFICIE DEL OBJETOY,

POR TANTO, QUEDA EXCLUIDA TODA POSIBLE ACCION QUE DETERIORE LA SUPERFICIE DE LA RESINA APLICADA.

EL CICLO DE LA ELABORACION PUEDE ORGANIZARSE EN SERIE, CON DIVERSOS MODELOS PARA LA PRODUCCION DE EJEMPLARES VARIADOS HASTA 1 000 - 1 500 CADA VEZ, SEGUN LAS DIMENSIONES DE ESTOS.

CONFORMACION POR DESCOMPOSICION.

ESTE PROCESO QUE PERMITE MOLDEAR LOS MATERIALES TERMOPLASTICOS EN HOJA ES UNA TECNOLOGIA DE TRABAJO QUE TIENE SUS ORIGENES EN LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS A PRINCIPIOS DE SIGLO PARA EL MOLDEADO DE LOS DERIVADOS DE LA CELULOSA Y NO HA ENCONTRADO SU MAS COMPLETA AFIRMACION HASTA LA APARICION DE LAS MATERIAS PLASTICAS.

EL CICLO DE TRABAJO CONSISTE EN MOLDEAR UNA HOJA DE MATERIAL TERMOPLASTICO SOBRE LA SUPERFICIE DE UN MOLDE PROVOCANDO SU ADHESION POR MEDIO DE LA PREWSION QUE EJERCE EL AIRE.

LA MAQUINA DE DESCOMPRESION CONSTA DE UNA CAJA CON UNA CINTA QUE SOPORTA EL VASTIDOR EN CORRESPONDENCIA CON EL MOLDE, SITUADO EN EL INTERIOR DE LA CAJA EN LA CUAL SE HACE EL VACIO.

EL AIRE POR EFECTO DE LA PRESION , HACE QUE SE ADHIERA A LA HOJA, QUE SE HA VUELTO PLASTICA, A LA SUPERFICIE DEL MOLDE, ESTE PUEDE SER CONCAVO O CONVEXO, SEGUN EL PROCESO DE ELABORACION Y LA FORMA DEL OBJETO QUE SE HA DE REPRODUCIR. LA EXTRACCION DE LA PIEZA CONFORMADA SE HACE POR MEDIO DE AIRE INSULFADO EN EL INTERIOR DE LA CAJA DE DESCOMPRESION.

EN LAS MAQUINAS MODERNAS SE TIENDE A CONSTRUIR VARIOS BASTIDORES, UNIENDO LOS DIFERENTES SERVICIOS Y AUTORIZANDO EL TRABAJO EN LA ELABORACION CONTINUA, LA HOJA ES PROPORCIONADA POR UNA BOBINA QUE SE DESENRROLLA A MEDIDA QUE SE EXTRAE EL OBJETO MOLDEADO Y SE PRESENTA AL MOLDE SU ESTADO PLASTICO PARA LA SUCESIVA E INMEDIATA CONFORMACION.

LA CONFORMACION POR DESCOMPOSICION PERMITE LA POSIBILIDAD DE REPRODUCIR ARTICULOS DE GRANDES SUPERFICIES, ESPEOR REDUCIDO Y COMPOSICION HOMOGENEA. DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONOMICO, EL RENDIMIENTO ESTA EN RELACION CON LA FACILIDAD CON QUE SE CONSTRUYEN LOS MOLDES Y LA DISPONIBILIDAD DE DISPONER DE MANO DE OBRA NO ESPECIALIZADA.

SOLDADURA.

ES LA OPERACION MEDIANTE LA CUAL DOS O MAS PARTERS DE UN OBJETO, PREVIAMENTE MOLDEADAS, EXTRUIDAS O CALANDRADAS, SE UNEN POR MEDIO DEL CALOR Y DE LA PRESION, YA SEA POR SIMPLE APROXIMACION DEL MATERIAL QUE SE HA DE SOLDAR O BIEN CON APORTE DE MATERIAL DE LA MISMA NATURALEZA.

TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

TECNOLOGIA	PAIS DE ORIGEN	TIPO DE PROCESO	TIPO DE RESIDUOS	CAPACIDAD	CARACTERISTICAS TECNICAS	SISTEMAS ANTICONTAMINANTES
DEUTSCHE BABCOCK ANLAGEN PARKSTR. 29 P.O. BOX 4 Y 6 D-4150 KREFELD 11 TEL. (02151) 448.0 TELEX 853824 TELEFAX (02151) 448467	ALEMANIA	INCINERACIÓN EN MASA CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA (VAPOR Y/O - ELECTRICIDAD)	- MUNICIPALES - POTENCIALIDAD PARA TRATAR LODOS DE DRENAJE	.8 - 40 TON/HORA	- HORNO DE PARRILLAS ROTATORIAS "DUSSELDORF" - CALDERA VERTICAL DE TUBOS - DISEÑO OPTIMIZADO PARA EVITAR LA FORMACIÓN DE NO_X - CÁMARA DE COMBUSTIÓN PARA GASES - CONTROL AUTOMATIZADO - TEMPERATURA 800-1100 °C	- PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO - LAVADOR DE GASES - SIST. PARA MINIMIZAR LA FORMACIÓN DE DIOXINAS
DEUTSCHE BABCOCK ANLAGEN PARKSTR. 29 P.O BOX 4 Y 6 D-4150 KREFELD 11 TE. (02151) 448.0 TELEX 853824 TELEFAX (02151) 448467	ALEMANIA	INCINERACIÓN EN MASA CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA.	- MUNICIPALES - INDUSTRIALES NO PELIGROSOS - HOSPITALARIOS NO PATOLÓGICOS - LODOS DE DRENAJE	.3 - 20 TON/HORA	- HORNO DE PARRILLAS RECIPROCANTES - CALDERA DE TUBOS - COMBUSTIÓN TOTAL DE GASES - CONTROL AUTOMÁTICO - COMPUTARIZADO - CÁMARA DE COMBUSTIÓN CON 3 ETAPAS - TEMP. 800-1100 °C	- TORRE DE ABSORCIÓN P/PREPARACIÓN DE POLVOS - LAVADOR DE GASES - FILTRO DE BOLSAS
DUTSCHE BABCOCK ANLAGEN PARKSTR. 29 P.O. BOX 4 Y 6 D-4150 KREFELD 11 TEL. (02151) 448.0 TELEX 853824 TELEFAX (02151) 448467	ALEMANIA	INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PRE-PROCESADOS CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA OPCIONAL.	- MUNICIPALES - INDUSTRIALES - R.D.F.	.4 - 40 TON/HORA	- INCINERACIÓN DE LECHO FLUIDIZADO - HORNO CALDERA - ALIMENTACIÓN POR BANDAS - QUEMADOR PARA GASES Y LÍQUIDOS - CONTROL AUTOMÁTICO - TEMP. 800-1200 °C	- CICLÓN P/SEPARACIÓN DE POLVOS - LAVADOR DE GASES EN HÚMEDO - TANQUE DE SEDIMENTACIÓN Y NEUTRALIZACIÓN.

TECNOLOGIA	PAIS DE ORIGEN	TIPO DE PROCESO	TIPO DE RESIDUOS	CAPACIDAD	CARACTERISTICAS TECNICAS	SISTEMAS ANTICONTAMINANTES
ROWITEC ABT. FBT THERMICHE ENERGIEANLAGEN 4MBH. GOTTLIEB-DUNKEL-STRAPE 21 D-1000 BERLIN 42 TEL. 030/703.50.23 TELETEX 308.047 TELEFAX 030/703.50.15	ALEMANIA	INCINERACIÓN DE DESECHOS PRE-TRATADOS, CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA. LECHO FLUIDIZADO	- MUNICIPALES TRITURADA Y CLASIFICADA - LODOS DE DRENAJE - INDUSTRIALES (LÍQUIDOS Y GASES)	2-9.5/POR LÍNEA DE INCINERACIÓN TON/HORA	- HORNO DE LECHO FLUIDIZADO - HORNO -CALDERA - ALIMENTACIÓN AL HORNO POR BANDAS TRANSPORTADORAS - SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE ARENA FORMADORA DEL LECHO FLUIDIZADO - TEMP. 800-1100°C	- MEZCLADO DE CAL CON LOS RESIDUOS EN EL HORNO PARA EVITAR LA EMISIÓN DE SO_2 - EL DISEÑO PREVIENE LA FORMACIÓN DE NO_x - LAVADOR DE GASES - FILTRO DE BOLSAS P/PARTÍCULAS
BS MILJÖTEKNIK A/S ALDERSROVEJ 22 DK-8200 AARHUS N TEL. 45 86 16 32 11 FAX. 45 86 10 33 75 TELEX 64332 BSMTEK DK	DINAMARCA	INCINERACIÓN EN MASA CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA.	- RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	4 - 20 TON/HORA	- HORNO CON PARRILLAS RECIPROCANTES "MARK 5" (DISEÑO PROPIO) - FOSA DE ALMACENAMIENTO - GRUA VIAJERA - CONTENEDOR PARA CENIZAS - CALDERA DE TUBOS - ECONOMIZADOR - TEMP. 800-1100°C	- REACTOR ABSORBEDOR DE GASES ÁCIDOS - CICLÓN PARA PARTÍCULAS - FILTRO DE BOLSAS O ELECTROSTÁTICO
JOY ENERGY SYSTEMS, INC. 11900 WESTHALL DRIVE CHARLOTTE, N.C. 28278 (704) 587.8000 (704) 587.8030 (FAX)	EE.UU.	INCINERACIÓN EN MASA CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA.	- DESECHOS SÓLIDOS MUNICIPALES	.8-40 TON/HORA	- HORNO CON PARRILLAS RECIPROCANTES (MIJÖTEKNIK) - HORNO-CALDERA DE PAREDES DE AGUA - SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO - APROVECHAMIENTO TOTAL DEL CALOR - TEMP. 800-1100°C	- DEPURADOR EN SECO PARA GASES ÁCIDOS - FILTRO DE BOLSAS

TECNOLOGIA	PAIS DE ORIGEN	TIPO DE PROCESO	TIPO DE RESIDUOS	CAPACIDAD	CARACTERISTICAS TECNICAS	SISTEMAS ANTICONTAMINANTES
DEUTSCHE BABCOCK ANLAGEN PARKSTR. 29 P.O BOX 4 Y 6 D-4150 KREFELD 11 TEL. (02151) 448.0 TELEX. 853824 TELEFAX (02151) 448467	ALEMANIA	INCINERACIÓN EN MASA CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA	- SÓLIDOS MUNICIPALES - INDUSTRIALES - LODOS DE DRENAJE - FARMACÉUTICOS	4 - 20 TON/HORA	- HORNO ROTATORIO - ALIMENTACIÓN ESPECIAL DE RESIDUOS - CALDERA INTEGRADA - CÁMARA SECUNDARIA P/- COMBUSTIÓN DE GASES - CONTROL Y MONITOREO - COMPUTARIZADO - TEMP. 800-1500 °C	- PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO - LAVADOR DE GASES - TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - TORRE EMPACADA
MARTIN (REPRESENTANTE EN MÉXICO DE GRUPO FUTURA) TEL. 576.17.83	SUIZA	INCINERACIÓN EN MASA CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA.	- MUNICIPALES - DESPERDICIOS DE PRODUCCIÓN TROPICAL - HOSPITALARIOS NO PATOLÓGICOS	6 - 40 TON/HORA	- HORNO-CALDERA CON PARRILLAS MÓVILES DE RETROCESO "MARTIN" (DISEÑO PROPIO) - INCINERACIÓN UNIFORME DE LOS RESIDUOS - CONTROL AUTOMÁTICO — DEL PROCESO - TEMP. 800-1100°C	- PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO - POSIBILIDAD DE ADAPTAR OTROS SISTEMAS - LAVADOR DE GASES
GOTAVERKEN ENERGY SYSTEMS	SUECIA	INCINERACIÓN DE RESIDUOS PRE-TRATADOS - CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA LECHO FLUIDIZADO	- MUNICIPAL TRITURADO. - R.D.F. - INDUSTRIALES (LÍQUIDOS Y GASES)	VARIABLE, NO ESPECIFICADO	- HORNO CALDERA - HORNO DE LECHO FLUIDIZADO - QUEMADOR PARA GAS Y - LÍQUIDOS - ALIMENTACIÓN AL HORNO POR TRANSPORTADORES - SILO PARA CENIZAS - COMBUSTIÓN CONSTANTE - CONTROL AUTOMÁTICO DEL PROCESO - TEMP. 800-1200°C	- PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO - EL DISEÑO PREVIENE LA FORMACIÓN DE NO_x HIDROCARBUROS Y DIOXINAS - MEZCLADO DE CAL CON LOS RESIDUOS P/EVITAR LA EMISIÓN DE - SO_2.

TECNOLOGIA	PAIS DE ORIGEN	TIPO DE PROCESO	TIPO DE RESIDUOS	CAPACIDAD	CARACTERISTICAS TECNICAS	SISTEMAS ANTICONTAMINANTES
W+E UMWELTTECHNIK A.G. MAX-HÖGGER-STRASSE 6 CH-8048 ZÜRICH SUIZA TEL. 01/4353111 FAX 01/4324282	SUIZA	INCINERACIÓN DE RESIDUOS EN MASA CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA HORNOS DE PARRILLAS ROTATORIAS Y MOV. ALTERNATIVO	- MUNICIPALES - LODOS DE DRENAJE - HOSPITALARIOS NO PATOLÓGICOS - INDUSTRIALES NO PELIGROSOS	2 - 40 TON/HORA	- HORNO DE PARRILLAS ROTATORIAS DOS CÁMARAS DE COMBUSTIÓN - CÁMARA DE COMBUSTIÓN CON 3 ETAPAS - HORNO-CALDERA CON DOBLE TREN DE PARRILLAS - SISTEMA DE AIRE P/PRESECAR LOS RESIDUOS - CONTROL AUTOMÁTICO - TEMP. 800-1100 °C	- FILTRO DE BOLSAS - PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO - LAVADOR DE GASES - SISTEMA PARA MINIMIZAR LA FORMACIÓN DE DIOXINAS - TORRE DE ABSORCIÓN
W + E UMWELTTECHNIK A.G. MAX-HÖGGER-STRASSE 6 CH-8048 ZÜRICH SUIZA TEL. 01/4353111 FAX 01/4324282	SUIZA	INCINERACIÓN DE RESIDUOS CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA. HORNO ROTATORIO	- MUNICIPALES - INDUSTRIALES - HOSPITALARIOS	2 - 20 TON/HORA	- HORNO ROTATORIO - CALDERA ACOPLADA - VARIAS FORMAS DE ALIMENTACIÓN DE RESIDUOS - DOS CÁMARAS DE COMBUSTIÓN - CONTROL AUTOMÁTICO - TEMP. 900-1500°C	- FILTRO ELECTROSTÁTICO - FILTRO DE BOLSA - LAVADOR DE GASES - TORRE DE ABSORCIÓN - ADAPTABLE A CUALQUIER SISTEMA ANTICONTAMINANTE
ENERCAN INC. 105-1200 SHEPPARD AV.E. WILLOWDALE, ONTARIO CANADA M2K2S5 TEL. (416)495-1200	CANADÁ	INCINERACIÓN EN MASA DE RESIDUOS SÓLIDOS "COMBUSTIÓN POR ETAPAS", CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA.	- MUNICIPALES	2 - 20 TON/HORA O MÁS	- ALIMENTACIÓN POR BANDA TRANSPORTADORA - DOS CÁMARAS SEPARADAS DE COMBUSTIÓN - VARIAS ETAPAS EN LA CÁMARA PRIMARIA DE COMBUSTIÓN - TEMP. 800-1200 °C - CONTROL AUTOMÁTICO DEL PROCESO.	- PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO - LAVADOR DE GASES - FACILIDAD PARA ADAPTAR CUALQUIER SISTEMA.

TECNOLOGIA	PAIS DE ORIGEN	TIPO DE PROCESO	TIPO DE RESIDUOS	CAPACIDAD	CARACTERISTICAS TECNICAS	SISTEMAS ANTICONTAMINANTES
ENERCAN INC. 105-1200 SHEPPARD AV.E. WILLOWDALE, ONTARIO CANADA M2K2S5 TEL. (416) 495-1200	CANADA	INCINERACIÓN DE RESIDUOS CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA. COMBUSTIÓN SEMISUSPENDIDA.	- MUNICIPALES EN MASA - MUNICIPALES TRITURADOS - GASES - LÍQUIDOS	2 - 30 TON/HORA	- RECUPERACIÓN DE METALES - VERSATILIDAD DE RESIDUOS - HORNO-CALDERA - TEMP. 800-1200°C - CONTROL AUTOMÁTICO - COMBUSTIÓN ÓPTIMA	- PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO - LAVADOR DE GASES - FACILIDAD PARA ADAPTAR CUALQUIER SISTEMA.
VON ROLL LTD. HARDTURMSTRASSE 133. 8005 ZÜRICH, SUIZA TEL. (01) 277.1111 FAX (01) 277.1313	SUIZA	INCINERACIÓN CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA. HORNO ROTATORIO DE PARRILLAS.	- MUNICIPALES - INDUSTRIALES - HOSPITALARIOS	2 - 40 TON/HORA	- HORNO ROTATORIO O DE PARRILLAS - CALDERA TIPO VERTICAL - ALIMENTACIÓN ESPECIAL DE RESIDUOS - DOS CÁMARAS DE COMBUSTIÓN - CONTROL AUTOMÁTICO Y COMPUTARIZADO - TEMP. 800-1500°C	- PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO - LAVADOR DE GASES - TRATAMIENTO DE AGUA - SIST. PARA REDUCIR EL NO_2
ZURN INDUSTRIES, INC. 1422 EAST AVE. ERIE, PA, U.S.A. TEL. 814/452.6421 FAX 814/455.9932	USA	INCINERACIÓN CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA.	- MUNICIPALES - MUNICIPALES RDF - INDUSTRIALES. - LÍQUIDOS Y GASES	2 - 30 TON/HORA	- HORNO CALDERA - QUEMADOR PARA LÍQUIDOS Y GASES - PARRILLAS RECIPROCANTES - CONTROL AUTOMÁTICO Y COMPUTARIZADO - TEMP. 800-1200°C - PRECALENTADOR PARA AGUA	- PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO - LAVADOR DE GASES - TORRE EMPACADA - SE PUEDE ADAPTAR A CUALQUIER SISTEMA.

MÉTODOS DE TRATAMIENTO PARA LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

TIPO DE RESIDUOS	OPERACIONES REQUERIDAS	TIPO DE RESIDUOS	DISPOSICION FINAL
DOMICILIARIOS			
- UNIFAMILIAR	SEPARACIÓN-REDUCCIÓN DE VOLUMEN	SELECCIÓN MANUAL O MECÁNICA, COMPOSTAJE, RDF, TRITURACIÓN, EMPACADO, INCINERACIÓN.	RELLENO SANITARIO
- PLURIFAMILIAR	SEPARACIÓN-REDUCCIÓN DE VOLUMEN		RELLENO SANITARIO
COMERCIOS			
- TIENDAS DE AUTOSERVICIO	SEPARACIÓN-REDUCCIÓN DE VOLUMEN	SELECCIÓN (RECUP. DE SUBPRODUCTOS)	RELLENO SANITARIO
- TIENDAS DEPARTAMENTALES	SEPARACIÓN-REDUCCIÓN DE VOLUMEN	SELECCIÓN (RECUP. DE SUBPRODUCTOS)	RELLENO SANITARIO
- LOCALES COMERCIALES	SEPARACIÓN-REDUCCIÓN DE VOLUMEN	SELECCIÓN (RECUP. DE SUBPRODUCTOS)	RELLENO SANITARIO
- ALMACENAMIENTO Y ABASTO	SEPARACIÓN-REDUCCIÓN DE VOLUMEN	SELECCIÓN, COMPOSTAJE, ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES.	RELLENO SANITARIO
SERVICIOS			
- RESTAURANTES Y BARES	SEPARACIÓN-REDUCCIÓN DE VOLUMEN	SELECCIÓN - RECUPERACIÓN	RELLENO SANITARIO
- SERVICIOS PÚBLICOS	SEPARACIÓN-REDUCCIÓN DE VOLUMEN	SELECCIÓN - RECUPERACIÓN	RELLENO SANITARIO
- HOTELES - MOTELES	SEPARACIÓN-REDUCCIÓN DE VOLUMEN	SELECCIÓN - RECUPERACIÓN	RELLENO SANITARIO
- CENTROS EDUCATIVOS	SEPARACIÓN-REDUCCIÓN DE VOLUMEN	SELECCIÓN - RECUPERACIÓN	RELLENO SANITARIO
- C. DE ESPECT. Y RECREACIÓN	SEPARACIÓN-REDUCCIÓN DE VOLUMEN	SELECCIÓN - RECUPERACIÓN	RELLENO SANITARIO
- OFICINAS PÚBLICAS Y PRIVADAS	SEPARACIÓN-REDUCCIÓN DE VOLUMEN	SELECCIÓN - RECUPERACIÓN	RELLENO SANITARIO
ESPECIALES			
- UNIDADES MÉDICAS	DETOXIFICACIÓN	INCINERACIÓN, ESTERILIZACIÓN	RELLENO SANITARIO
- LABORATORIOS	DETOXIFICACIÓN	INCINERACIÓN, ESTERILIZACIÓN	RELLENO SANITARIO
- VETERINARIAS	DETOXIFICACIÓN	INCINERACIÓN, ESTERILIZACIÓN	RELLENO SANITARIO
- TRANSPORTE TERRESTRE	SEPARACIÓN-REDUCCIÓN DE VOLUMEN	SELECCIÓN - RECUPERACIÓN	RELLENO SANITARIO
- TRANSPORTE AEREO	SEPARACIÓN-REDUCCIÓN DE VOLUMEN	SELECCIÓN - RECUPERACIÓN	RELLENO SANITARIO
- C. DE READAP. E INST. MIL.	SEPARACIÓN-REDUCCIÓN DE VOLUMEN	SELECCIÓN - RECUPERACIÓN	RELLENO SANITARIO
AREAS PUBLICAS			
- ESPACIOS ABIERTOS	DISPOSICIÓN	COMPOSTAJE	RELLENO SANITARIO
- VÍA PÚBLICA	DISPOSICIÓN		RELLENO SANITARIO
- PARQUES Y JARDINES	MOLIENDA		RELLENO SANITARIO
OTROS			
- CONSTRUCCIÓN Y DEMOL.	REDUCCIÓN DE VOLUMEN	TRITURACIÓN - RECUPERACIÓN	RELLENO SANITARIO
- MOBILIARIO EN DESUSO	REDUCCIÓN DE VOLUMEN		RELLENO SANITARIO
- LLANTAS	REDUCCIÓN DE VOLUMEN, OTROS USOS	TRITURACIÓN, PULVERIZACIÓN, INCINERACIÓN	RELLENO SANITARIO

SISTEMAS DE TRATAMIENTO	TIPO DE RESIDUOS	CARACTERISTICAS DEL PROCESO	V E N T A J A S	D E S V E N T A J A S
RECUPERACION DE SUBPRODUCTOS A) PROCESOS MECANIZADOS EN SECO.	- DOMICILIARIOS. - COMERCIALES. - SERVICIOS. - INDUSTRIALES NO PELIGROSOS.	ESTOS PRODUCTOS PROCESADOS CONTEMPLAN LAS SIGUIENTES OPERACIONES UNITARIAS. - ALMACENAMIENTO. FOSA O PATIO DE GRAN CAPACIDAD. - SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN MECANIZADA (BANDA, TRANSBANDO Ó GRÚA). - PROCESA GRANDES CANTIDADES DE RESIDUOS. - REDUCCIÓN DE VOLUMEN. MOLINOS O TRITURADORES - CLASIFICADORES POR AIRE. TAMIZADO O BALISTICO. - SEPARADORES MAGNÉTICOS. - SEPARADORES DE POLVOS. - CAPACIDAD VARIABLE. - CONTROL AUTOMÁTICO. - PROCESO CONTINUO. - REQUIERE DE PERSONAL CAPACITADO PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. - CONSUMO ALTO DE ENERGÍA.	- SE RECUPERAN MATERIALES CON VALOR COMERCIAL (PAPEL, CARTÓN, VIDRIO, METALES). - SE REDUCE EL VOLUMEN DE LOS RESIDUOS A SER DISPUESTOS EN EL RELLENO. - EL MATERIAL RESIDUAL (MATERIA ORGÁNICA. PUEDE SER UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA O COMBUSTIBLE DERIVADO DE LOS RESIDUOS. - NO SE REQUIERE DE MUCHO PERSONAL PARA LA SEPARACIÓN	- LA SEPARACIÓN NO ES TOTALMENTE EFICIENTE. DEBIDO A QUE SEPARAN EN CONJUNTO MATERIALES CON CARACTERÍSTICAS SEMEJANTES, POR EJEMPLO: PLÁSTICO, PELÍCULA CON PAPEL; PAPEL CON CARTÓN ETC. - EL PROCESO REQUIERE DE VARIAS OPERACIONES DIFERENTES. CONSECUENTEMENTE MUCHOS EQUIPOS. - LOS MATERIALES RECUPERADOS REQUIEREN MUCHAS VECES DE UN REFINAMIENTO PARA SU RECICLAJE. - DESPLAZAMIENTO DE MANO DE OBRA. - GASTOS DE MANTENIMIENTO EXCESIVOS.

SISTEMAS DE TRATAMIENTO	TIPO DE RESIDUOS	CARACTERISTICAS DEL PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
RECUPERACION DE SUBPRODUCTOS a) PROCESO MANUAL	- DOMICILIARIOS - COMERCIALES - SERVICIOS - INDUSTRIALES NO PELIGROSOS	- OPERACIÓN CONTINUA - ALIMENTACIÓN DOSIFICADA - SELECCIÓN MANUAL DE SUBPRODUCTOS - SISTEMA DE EMPACADO, MOLIENDA Y LAVADO DE SUBPRODUCTOS - CAPTACIÓN Y RETIRO DE MATERIAL DE RECHAZO - SEPARACIÓN MAGNÉTICA DE MATERIAL FERROSO - CAPACIDAD VARIABLE - CONTROL DE PROCESO SEMI-AUTOMÁTICO - RECUPERACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVAMENTE MEJOR. - REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE ENERGÍA	- REDUCCIÓN DE VOLUMEN DE LOS RESIDUOS A DEPOSITAR EN EL RELLENO - CREACIÓN DE EMPLEOS AL OCUPAR GRAN CANTIDAD DE MANO DE OBRA - EL MATERIAL RESIDUAL PUEDE SER UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA O COMBUSTIBLE DERIVADO DE LA BASURA (RDF) - COSTOS DE INSTALACIÓN ACEPTABLES - POTENCIALIDAD PAR ALA CREACIÓN DE INDUSTRIAS RECICLADORAS - REGULACIÓN DEL MERCADO DE LOS SUBPRODUCTOS - SE EVITA EL CRECIMIENTO DE GRUPOS MARGINALES (PEPENADORES) - AHORRO DE ENERGÍA EN LOS PROCESOS INDUSTRIALES.	- SE REQUIERE DE UNA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS MATERIALES RESIDUALES, SI NO SON UTILIZADOS PARA OTROS FINES - SE REQUIERE DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PARA EL PERSONAL - CONTROL MÉDICO DEL PERSONAL - PARA PLANTAS DE GRAN CAPACIDAD SE NECESITA MAYOR PERSONAL ADMINISTRATIVO.
COMPOSTAJE AEROBIO	- DOMICILIARIOS - COMERCIALES - SERVICIOS - EN GENERAL, MATERIALES ORGÁNICOS - INDUSTRIAS ALIMENTICIAS	- SELECCIÓN Y SEPARACIÓN DE RESIDUOS FACTIBLES DE SER RECUPERADOS Y LA FRACCIÓN ORGÁNICA - LA SELECCIÓN Y SEPARACIÓN PUEDE SER MANUAL O MECÁNICA - SISTEMA DE MOLIENDA - DIFERENTES TIPOS DE APILAMIENTO - SISTEMA MECÁNICO DE VOLTEO - SISTEMA NEUMÁTICO (OPCIONAL) - CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA (OPCIONAL) - LA FERMENTACIÓN AEROBICA TOMA LUGAR LENTAMENTE EN PILAS (DURACIÓN DE 2 A 3 MESES) O RAPIDAMENTE EN "CELDAS DE FERMENTACIÓN" (DURACIÓN DE 4 A 15 DIAS). - MONITOREO PERIODICO DEL PROCESO.	- REDUCCIÓN DEL ESPACIO REQUERIDO PARA LA DISPOSICIÓN FINAL A MÁS DEL 90 % - INTEGRACIÓN DE LA TOTALIDAD DE LA MATERIA ORGÁNICA AL CICLO NATURAL - SE PUEDE OCUPAR MANO DE OBRA EN FORMA EXTENSIVA - RECUPERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR COMERCIAL EN FORMA EFICIENTE	- CAPACITACIÓN DEL PERSONAL - SE REQUIERE CONTROLAR LAS CONDICIONES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL PROCESO - EXISTE UN MERCADO REDUCIDO PARA LA COMPOSTA - COSTOS ALTOS POR LA TRANSPORTACIÓN DE LA COMPOSTA - COMPITE CON FERTILIZANTES INORGÁNICOS POR NO TENER UNA DIFUCIÓN ADECUADA DE SU EMPLEO - COSTOS DE MANTENIMIENTO ELEVADOS, POR EL DESGASTE CONTINUO DEL SISTEMA DE MOLIENDA - REQUIERE DE TIEMPOS PROLONGADOS PARA ESTABILIZARSE - SE REQUIERE DE ÁREAS GRANDES.

SISTEMAS DE TRATAMIENTO	TIPO DE RESIDUOS	CARACTERISTICAS DEL PROCESO	V E N T A J A S	D E S V E N T A J A S
COMPOSTEO ANAEROBICO	- DOMICILIARIOS - COMERCIALES - SERVICIOS - EN GENERAL, MATERIALES ORGÁNICOS - INDUSTRIAS ALIMENTICIAS	- SELECCIÓN DE LOS RESIDUOS - PROCESO MANUAL O MECÁNICO - SISTEMA DE TRITURACIÓN Y CRIBADO - REACTOR O DIGESTOR ANAEROBIO - SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE BIOGAS - CONTROL DE LAS VARIABLES DEL PROCESO (TEMPERATURA, HUMEDAD, pH Y SÓLIDOS TOTALES). - FERMENTACIÓN ANAEROBIA DE LOS RESIDUOS - TIEMPOS CORTOS DE BIODEGRADACIÓN	- ACELERACIÓN DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN Y BIODEGRADACIÓN - UNA VEZ REALIZADO EL GASTO DE INVERSIÓN A LARGO PLAZO, RESULTA SER MÁS REDITUABLE - OBTENCIÓN DE DOS PRODUCTOS: COMPOSTA (REGENERADOR DE SUELOS) Y BIOGAS (COMBUSTIBLE) - APROVECHAMIENTO DE UNA FUENTE DE ENERGÍA (BIOGAS)	- EL USO DE REACTORES O DIGESTORES, ELEVA LOS COSTOS DEL PROCESO - EN ALGUNOS CASOS, SE REQUIERE PERSONAL CALIFICADO PARA OPERACIÓN Y SUPERVISIÓN - GENERA ADEMÁS DEL METANO, OTROS GASES CUYO CONTROL IMPLICA GASTOS COMPLEMENTARIOS - COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELEVADOS - INVERSIÓN INICIAL GRANDE - SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS - SECADO DE LOS LODOS (COMPOSTA) - FALTA DE MERCADO PARA LA COMPOSTA.

SISTEMAS DE TRATAMIENTO	TIPO DE RESIDUOS	CARACTERISTICAS DEL PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
INCINERACION	- Domiciliarios - Comerciales - Servicios	- Proceso térmico vía oxidación a altas temperaturas - Alimentación continua - Horno (parrillas móviles, rotatorias, recipocantes), rotatorio, lecho fluidizado - Sistema de recuperación de calor, calderas, turbina - Temperaturas de 800-1000°C - Capacidad variable - Sistema anticontaminante para las emisiones a la atmósfera - Operación continua	- Reducción del volumen original de los residuos hasta un 90% - No requiere de grandes áreas para su instalación - Recuperación potencial de la energía calorífica (vapor y electricidad) - La operación no se ve afectada por el clima - Destrucción total de microorganismos patógenos - Utilización de las cenizas - Capacidad variable	- Requiere de personal especializado - No es un proceso de disposición final total, requiere de una disposición de los productos residuales (escorias y cenizas) - Requiere de sistemas anticontaminantes y monitoreos periódicos - Costos de instalación, operación y mantenimiento elevados - El proceso de lecho fluidizado requiere de un tratamiento previo - Se destruyen materiales con posibilidad de reciclaje
COMBUSTIBLE DERIVADO DE LOS DESECHOS (RDF)	- Domiciliarios - Comerciales - Servicios	- Proceso continuo - Reducción de volumen (molidos, triturados, cribado). - Sistema peletizado - Sistema de separación de materiales magnéticos	- Se reduce el volumen de los residuos significativamente - Se puede utilizar como combustible suplementario de carbón en la industria convencional - Uso potencial como combustible suplementario en hornos de cemento - Recuperación económica por la comercialización del RDF.	- Existe un mercado limitado para la comercialización del RDF - El RDF, tiene un alto contenido de cenizas y ocasiona problemas de escoriación en calderas y hornos - Se requiere de grandes áreas para su almacenamiento - Se requiere de equipos para el control de partículas - Es necesaria la separación de los materiales inorgánicos - Requiere mayor mantenimiento de equipo.

SISTEMAS DE TRATAMIENTO	TIPO DE RESIDUOS	CARACTERISTICAS DEL PROCESO	V E N T A J A S	D E S V E N T A J A S
REDUCCION DE VOLUMEN (TRITURACION)	- DOMICILIARIOS - COMERCIOS - SERVICIOS	- INSTALACIÓN TIPO INDUSTRIAL PARA PROCESAR GRANDES CANTIDADES. - GRAN ESPACIO PARA ALMACENAMIENTO. - FACILIDAD DE RECUPERAR SUBPRODUCTOS RECICLABLES. - CONSUMO ELEVADO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. - OPERACIÓN CONTINUA DE LOS EQUIPOS. - NO REQUIERE DEL CONTROL DE VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS (TEMP. PRESIÓN, ETC.) - CONTROL DE LA GENERACIÓN DE POLVOS. - PROCESAMIENTO DE RESIDUOS DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DIFERENTES. - COSTOS ELEVADOS DE MANTENIMIENTO.	- NO PRODUCE OLORES. - LA CUBIERTA DIARIA EN EL RELLENO NO ES NECESARIA. - SE REDUCE EL ESPACIO EN EL RELLENO APROXIMADAMENTE UN 30%. - SE PUEDEN RECUPERAR LOS METALES FERROSOS. - LOS VEHICULOS PUEDEN TRANSPORTAR UNA MAYOR CANTIDAD DE RESIDUOS. - PUEDE SER UNA ETAPA PRIMARIA PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.	- GRAN CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. - DESGASTE Y CAMBIO CONTINUO DE MARTILLOS. - EL AHORRO EN EL ESPACIO DE LOS RELLENOS PUEDE SER OBTENIDO POR LOS COMPACTADORES MODERNOS. - SE SIGUE REQUIRIENDO DE UNA DISPOSICIÓN FINAL. - COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELEVADOS. - SE REQUIERE DE ESPACIOS CONSIDERABLEMENTE AMPLIOS.
EMPACADO A ALTA DENSIDAD	- DOMICILIARIOS (MULTIFAMILIARES). - COMERCIOS. - SERVICIOS. - INDUSTRIALES NO PELIGROSOS.	- LOS RESIDUOS SON COMPRIMIDOS POR PISTONES HIDRÁULICOS. - SE FORMAN PACAS DE APROXIMADAMENTE 1 x 1 x 1.5 MTS. - CAPACIDAD LIMITADA. - SE UTILIZA FRECUENTEMENTE EN LA FUENTE GENERADORA. - NO REQUIERE DE GRANDES CONTROLES. - PROCESO INTERMITENTE.	- SE PUEDE FACILITAR LA OPERACIÓN DEL RELLENO. - LAS PACAS DE RESIDUOS PUEDEN SER TRANSFORMADAS EN PLATAFORMAS. - REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE RESIDUOS. - REDUCCIÓN DE COSTOS DE TRANSPORTACIÓN	- SE REQUIERE DE UNA DISPOSICIÓN FINAL. - NO SE PUEDEN RECUPERAR SUBPRODUCTOS CON VALOR COMERCIAL. - MUCHAS VECES SE REQUIERE DEL FLEJADO DE LAS PACAS. - SE REQUIERE DE EQUIPO ESPECIAL PARA CARGA Y DESCARGA.

SISTEMAS DE TRATAMIENTO	TIPO DE RESIDUOS	CARACTERISTICAS DEL PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PIROLISIS	- SÓLIDOS MUNICIPALES CONSTITUIDOS PRINCIPALMENTE POR MATERIA ORGÁNICA	- SISTEMA DE PRE-TRATAMIENTO (ALMACENAMIENTO, SEPARACIÓN DE MATERIALES ORGANICOS Y TRITURACIÓN) - CAPACIDAD DE LOS REACTORES PIRÓLITICOS DE MÁS DE 100 TON/DÍA - TEMPERATURAS DENTRO DEL REACTOR DE 800-1,600° Y PRESICIONES DE 1-70 ADMOSFERAS. - CONTROL SEMI-AUTOMATICO DEL PROCESO - REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA CALORIFICA ALTOS (COMBUSTIBLES) - RECUPERACIÓN DE CALOR - ALIMENTACIÓN DOSIFICADA	- REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS - RECUPERACIÓN DE PRODUCTOS, SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y GASES COMBUSTIBLES, EN FUNCIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN - ALTERNATIVA AL PROCESO DE INCINERACIÓN (PROCESO TERMICO) - COMERCIALIZACIÓN DE LOS GASES, LÍQUIDOS Y SÓLIDOS COMBUSTIBLES OBTENIDOS DEL PROCESO - RECUPERACIÓN DE ENERGÍA - CONTROLES MINIMOS DE EMISIONES (CONTAMINANTES)	- PROCESO AUN EN EXPERIMENTACIÓN - NO HA SIDO DEMOSTRADO A GRAN ESCALA - CAPACIDAD LIMITADA - SE REQUIERE DE UN PRE-PROCESAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS MUNICIPALES - COSTO DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELEVADOS - SE REQUIERE DE PERSONAL ESPECIALIZADO
HIDROLISIS	- SÓLIDOS MUNICIPALES CONSTITUIDOS PRINCIPALMENTE DE MATERIALES CELULOSICOS (PAPEL CARTÓN Y MADERA	- SISTEMA DE TRITURACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS CELULOSICOS DE TAMAÑO FINO - OPERACIÓN CONTINUA - TEMPERATURA DENTRO DEL REACTOR 230°C - MEZCLA DE ACIDO SULFÚRICO AL 1%, CON LOS RESIDUOS CELULOSICOS - CONTROL AUTOMATIZADO DEL PROCESO - CAPACIDAD DEL PROCESO LIMITADA - FERMENTACIÓN DE 20-24 HORAS - SE REQUIERE DE UN SISTEMA DE NEUTRALIZACIÓN Y DESTILACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL AL 95%	- PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS QUIMICOS A PARTIR DE LOS RESIDUOS CELULOSICOS (ACIDO, ACETICO, OXÁLICO, LÁCTICO, FORMICO, METANOL Y AZUCARES) - TRANSFORMACIÓN TOTAL DE LOS RESIDUOS CELULOSICOS - OBTENIDOS DE ALGUNOS PRODUCTOS FERTILIZANTES	- APLICACIÓN RESTRINGIDA A SOLO RESIDUOS CELULOSICOS - SE REQUIERE DE PERSONAL ESPECIALIZADO PARA EL CONTROL DEL PROCESO - ES UN PROCESO QUIMICO QUE REQUIERE DEL CONTROL DE LA CINETICA DE LA REACCIÓN ETC. - SE REQUIERE DE SUSTANCIAS QUIMICAS DE MANEJO RIESGOSO (ACIDOS Y/O BASES) - INVOLUCRA UNA GRAN CANTIDAD DE OPERACIONES PARA LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS DE CALIDAD - ALTOS CONSUMOS DE AGUA POTABLE Y REACTIVOS QUIMICOS - SE REQUIERE DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL PROCESO

SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS HOSPITALARIOS INFECCIOSOS

SISTEMAS DE TRATAMIENTO	TIPO DE RESIDUOS	CARACTERISTICAS DEL PROCESO	V E N T A J A S	D E S V E N T A J A S
INCINERACION	TODO TIPO DE RESIDUOS HOSPITALARIOS. INFECCIOSOS Y PELIGROSOS.	- PROCESO TÉRMICO VÍA OXIDACIÓN A ALTAS TEMPERATURAS. CONVIERTE LOS RESIDUOS COMBUSTIBLES A RESIDUOS INERTES Y GASES LIBRES DE MICROORGANISMOS. - MECANISMOS ESPECIALES PARA ALIMENTACIÓN CONTINUA DE RESIDUOS. - ALTAS TEMPERATURAS DE OPERACIÓN 800-1500°C - SISTEMAS AUTOMÁTICOS PARA MONITOREO Y CONTROL DEL PROCESO. - OPERACIÓN CONTINUA. - APROVECHAMIENTO DEL CALOR. PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN. - REFRIGERACIÓN Y PURIFICACIÓN DE GASES. - ACEPTA RESIDUOS CON CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS DIFERENTES.	- REDUCCIÓN EN PESO Y VOLUMEN DE LOS RESIDUOS (80-95%) - NO REQUIERE DE GRANDES ÁREAS - UBICACIÓN CERCANA A LA FUENTE DE GENERACIÓN. - PRODUCCIÓN DE VAPOR O ELECTRICIDAD PARA VENTA. MINIMIZANDO LOS COSTOS DE OPERACIÓN. - RECUPERACIÓN Y UTILIZACIÓN DE LAS CENIZAS. - LA OPERACIÓN NO SE VE DIRECTAMENTE AFECTADA POR EL CLIMA. - DESTRUCCIÓN TOTAL DE LOS MICROORGANISMOS INFECCIOSOS. - CAPACIDAD VARIABLE.	- ALTOS COSTOS DE INVERSIÓN INICIAL. - REQUIERE PERSONAL CAPACITADO PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. - REQUIERE DE UN SITIO PARA DISPOSICIÓN DE CENIZAS. - OCASIONALMENTE SE REQUIERE DE UN COMBUSTIBLE AUXILIAR. - MONITOREOS PERÍODICOS DE LOS GASES EMITIDOS.
ESTERILIZACION CON VAPOR	RECIPIENTES PARA MUESTRAS. MASCARILLAS. GUANTES CONTAMINADOS. BATAS Y DELANTALES; MUESTRAS DE CULTIVO. CULTIVOS Y CEPAS. UTENSILIOS DE CULTIVO. DISPOSITIVOS USADOS PARA TRANSFERIR. INOCULAR O MEZCLAR CULTIVOS. RESIDUOS DE PRODUCCIÓN BIOLÓGICA. VACUNAS CADUCAS. AGUJAS HIPODÉRMICAS. JERINGAS. PIPETAS PASTEUR. VASOS ROTOS. HOJAS DE ESCALPELO. RESIDUOS DE SANGRE. SONDAS. PAPEL CONTAMINADO. PAÑALES. APÓSITOS CONTAMINADOS.	- UTILIZA VAPOR SATURADO DENTRO DE UN RECIPIENTE A PRESIÓN Y TEMPERATURA ALTA. - CONTROL DE CANTIDAD DE VAPOR Y TEMPERATURA. - ALIMENTACIÓN EN CONTENEDORES ESPECIALES. - REQUIERE RESIDUOS DE CIERTAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS. - SISTEMA DE MONITOREO DE RESIDUOS PROCESADOS.	- COSTO CAPITAL RELATIVAMENTE BAJOS. - REQUIERE MÍNIMO ESPACIO PARA SU INSTALACIÓN - DISEÑOS DE BAJA CAPACIDAD PARA INSTALARSE EN UNIDADES MÉDICAS. - BAJOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. - NO EMITE CONTAMINANTES A LA ATMÓSFERA. - REDUCIDO PERSONAL PARA OPERACIÓN - RESIDUO PUEDE DISPONERSE EN RELLENOS SANITARIOS O INCINERARSE.	- REQUIERE DE UNA SEPARACIÓN EN LA FUENTE. - NO ADMITE RESIDUOS PELIGROSOS. DROGAS. ANTINEOPLÁSTICAS. QUÍMICAS. TÓXICAS. RADIOACTIVOS. - CONTENEDOR ESPECIAL PARA LOS RESIDUOS A ESTERILIZAR. - NO ADMITE GRANDES CARGAS DE RESIDUOS. - EXCESIVO CONTROL EN LA CARGA DE RESIDUOS. - FRECUENTES MONITOREOS DEL PRODUCTO ESTERILIZADO - NO SE OBTIENE REDUCCIÓN DE VOLUMEN DE LOS RESIDUOS. - COSTOS DE TRANSPORTE.

SISTEMAS DE TRATAMIENTO	TIPO DE RESIDUOS	CARACTERISTICAS DEL PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ESTERILIZACION POR MICROONDAS	Punzo cortantes, esponjas, algodón, gasas, hilo quirúrgico, mascarillas, laceras desechables, - telas adhesivas, medicamentos, guantes, sondas, cornas desechables para cirugía, pañal desecha - ble, pañuelos y toallas sanitarias, papel y cartón contaminados, residuos de comida contamina - dos, bolsas de plástico vacías por residuos de - plasma y sangre, medicinas caducas, muestras y - envases de muestras de laboratorio clínico.	- Alimentación automática de residuos. - Sistema para evitar la salida de microondas nocivos al medio. - Trituración de residuos. - El residuo es calentado por microondas interna mente. - El material se humedece para asegurar el tra tamiento. - Períodos cortos de acción. - Sistema automático y computarizado para con trolar el proceso.	- Reducción del 80% en volumen de los residuos. - Espacio reducido para su instalación - No hay emisiones al medio ni descar- gas de líquidos. - Costos de operación y mantenimiento bajos. - Consumo mínimo de energía. - Reducido número de personal para la operación. - Reduce los costos de transportación - El personal de operación no está - - expuesto a riesgos.	- Requiere selección previa de residuos. - No admite residuos voluminosos ni pesados de gran tamaño. - Control adecuado del proceso. - Se requiere personal especializado. - Solo se admiten residuos con un contenido máxi- mo del 30% de humedad. - No procesa partes del cuerpo ni cadáveres de - animales. - Transportación de residuos al relleno sanitario
ESTERILIZACION GAS/VAPOR	Equipo usado en pacientes de cuidado, en labora- torios médicos, de investigación y en la produc - ción y pruebas de ciertos farmacéuticos.	En este método, el agente esterilizante es un químico gaseoso o vaporizado. - Los dos químicos más usados son el óxido de etileno y el formaldehído. - El óxido de etileno se utiliza para esteril i zar equipos frágiles al calor. - El formaldehído es usado para esterilizar - ciertos artículos de disposición, los cuales son contaminados (ejemplo: filtros HEPA de gabinetes de seguridad biológica). - Control manual y regulación establecida.	- Equipo compacto. - Fácil de operar. - Penetración efectiva en los equipos - El uso de vapor químico aumenta la - eficiencia del proceso. - No requiere infraestructura sofisti- cada. - Costos de operación bajos.	- Excesiva protección para personal de operación - Las sustancias usadas son cancerígenas. - El óxido de etileno no es recomendado para re- siduos infecciosos. - Personal necesariamente capacitado. - Posibles residuos de vapor en los equipos que pueden causar daños al personal.

SISTEMAS DE TRATAMIENTO	TIPO DE RESIDUOS	CARACTERISTICAS DEL PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
INACTIVACION TERMICA DE RESIDUOS SOLIDOS	MUESTRAS DE CULTIVOS, CULTIVOS Y CEPAS DE AGENTES INFECCIOSOS, UTENSILIOS DE CULTIVO, DISPOSITIVOS USADOS PARA TRANSFERIR, INOCULAR O MEZCLAR CULTIVOS, RESIDUOS DE PRODUCCIÓN BIOLÓGICA, VACUNAS CADUCAS.	- TRATAMIENTO CON CALOR SECO. - EL HORNO PRODUCE CALOR MEDIANTE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS. - SISTEMAS DE CONTROL Y SELECIÓN DEL TIEMPO DE RESIDENCIA. - PROCESO SEMI-CONTINUO.	- INSTALACIÓN EN ESPACIOS PEQUEÑOS. - MINIMO PERSONAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. - PARA UTILIZARSE EN PEQUEÑOS LABORATORIOS Y UNIDADES MÉDICAS.	- COSTOS ELEVADOS DE OPERACIÓN. - REQUERIMIENTOS GRANDES DE ENERGÍA. - TIEMPOS DE TRATAMIENTO PROLONGADOS. - SELECCIÓN DE RESIDUOS. - CAPACIDADES PEQUEÑAS.
DESINFECCION QUIMICA	MUESTRAS DE CULTIVOS, CULTIVOS Y CEPAS DE AGENTES INFECCIOSOS, UTENSILIOS DE CULTIVO, DISPOSITIVOS USADOS PARA TRANSFERIR, INOCULAR O MEZCLAR CULTIVOS, RESIDUOS DE PRODUCCIÓN BIOLÓGICA, VACUNAS CADUCAS, RESIDUOS DE SANGRE, SUERO, PLASMA Y OTROS PRODUCTOS DE SANGRE.	- RECIPIENTES PARA MEZCLADO DEL AGENTE QUÍMICO Y LOS RESIDUOS. - CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO. - EQUIPO PARA ALIMENTACIÓN DE RESIDUOS Y LÍQUIDO DESINFECTANTE.	- ESPACIOS REDUCIDOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO. - COSTOS RELATIVAMENTE BAJOS. - MINIMO PERSONAL PARA OPERACIÓN.	- SE REQUIERE CONOCER EL TIPO DE MICROORGANISMOS CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS. - SE UTILIZAN VARIOS TIPOS DE AGENTES QUÍMICOS. - MONITOREO EXCESIVO DE MUESTRAS. - EXCESIVO TIEMPO DE CONTACTO. - PERSONAL ESPECIALIZADO. - NO SE APLICA A RESIDUOS CON CANTIDADES GRANDES DE PROTEINAS.
ESTERILIZACION POR IRRADIACION	SUMINISTROS MÉDICOS, COMPONENTES MÉDICOS, ALIMENTOS Y OTROS PRODUCTOS DE CONSUMO.	- ESTE ES UN PROCESO EN DESARROLLO, APLICADO A DETERMINADOS RESIDUOS INFECCIOSOS. - CALENTAMIENTO POR RADIACIÓN EN UNA CÁMARA CERRADA. - SISTEMAS DE CONTROL Y MONITOREO AUTOMÁTICO. - CONTROL Y TRATAMIENTO DE TRAZAS DE MATERIAL RADIOACTIVO.	- REQUERIMIENTOS NOMINALES DE ELECTRICIDAD. - NO REQUIERE VAPOR. - NO HAY CALOR RESIDUAL EN LOS RESIDUOS TRATADOS.	- ALTOS COSTOS DE CAPITAL. - REQUERIMIENTOS DE PERSONAL DE APOYO Y OPERADORES ALTAMENTE CALIFICADOS. - REQUERIMIENTOS DE ESPACIOS GRANDES. - PROBLEMAS EN LA DISPOSICIÓN FINAL DE LA FUENTE DE IRRITACIÓN AGOTADA.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

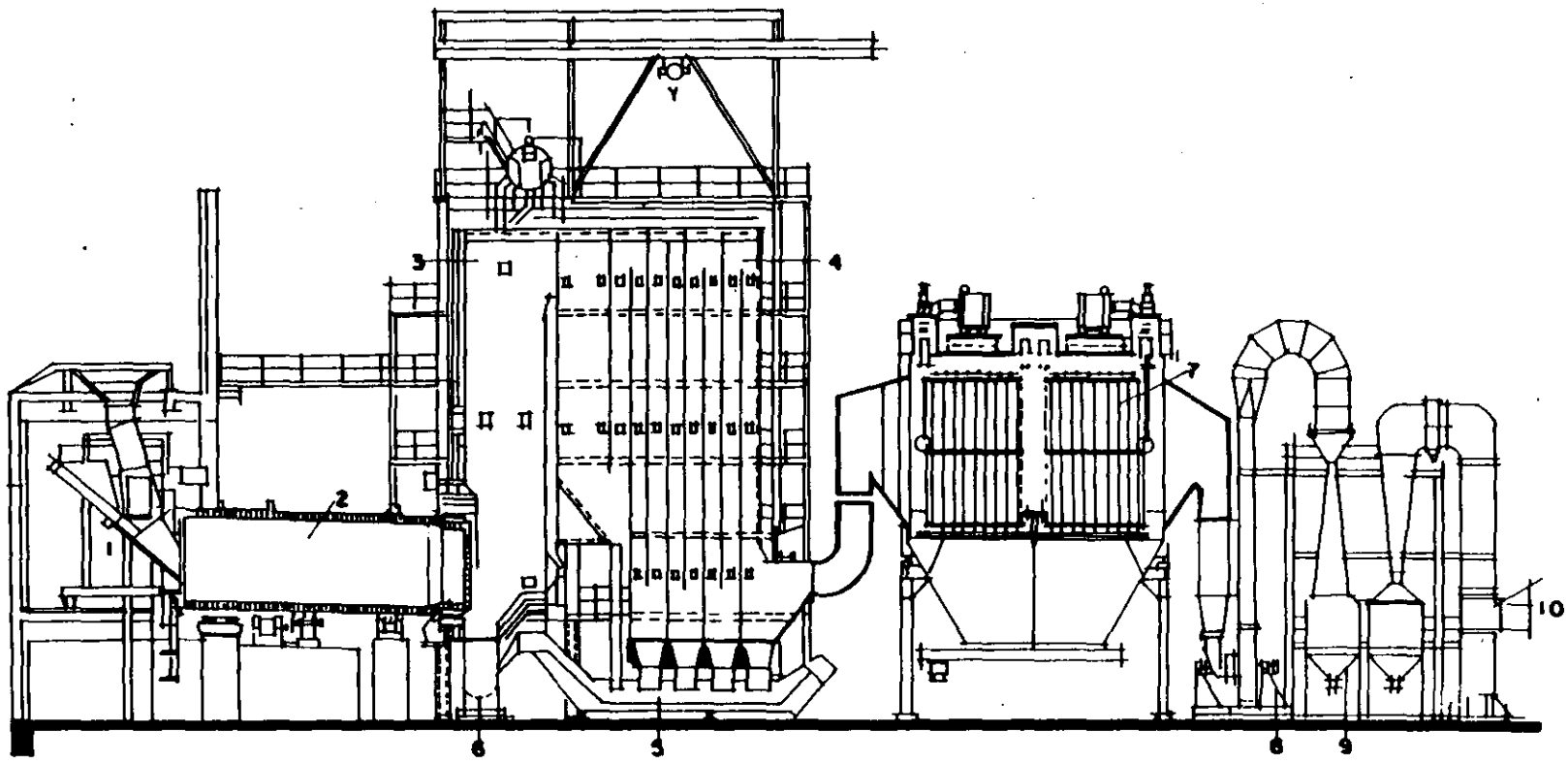
CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

TEMA: V

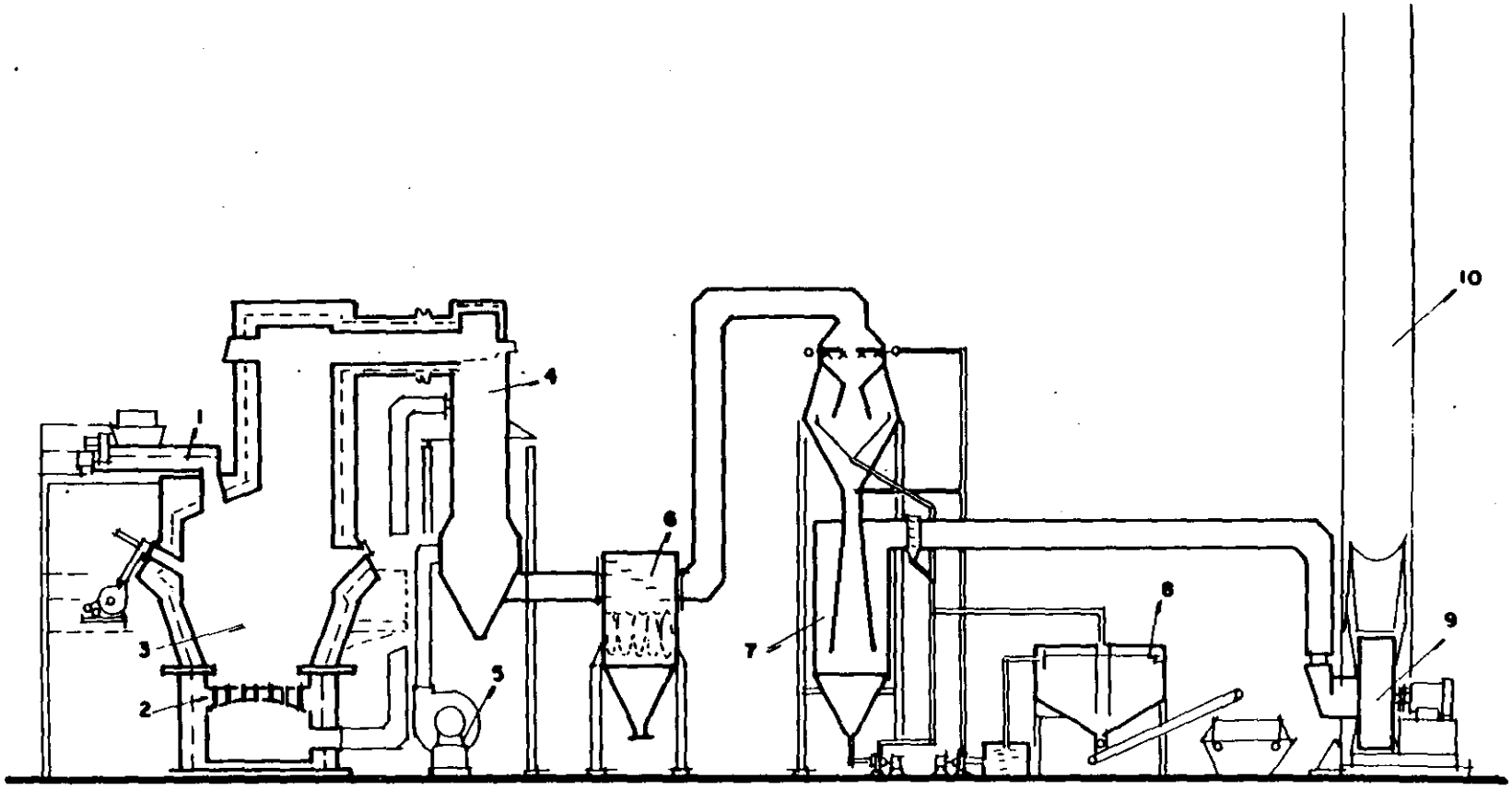
INCINERACION Y OTROS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

PALACIO DE MINERIA
Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285



1. DISPOSITIVO DE ALIMENTACION
2. HORNO ROTATORIO
3. CAMARA DE POST-COMBUSTION
4. CALDERA DE RECUPERACION DE CALOR DEL DESECHO
5. ELIMINADOR DE CENIZAS
6. ELIMINADOR DE ESCORIA
7. PRECIPITADOR ELECTROSTATIVO
8. VENTILADOR DE AIRE INDUCIDO
9. LAVADOR DE GASES (2 ETAPAS)
10. CONEXION A CHIMENEA

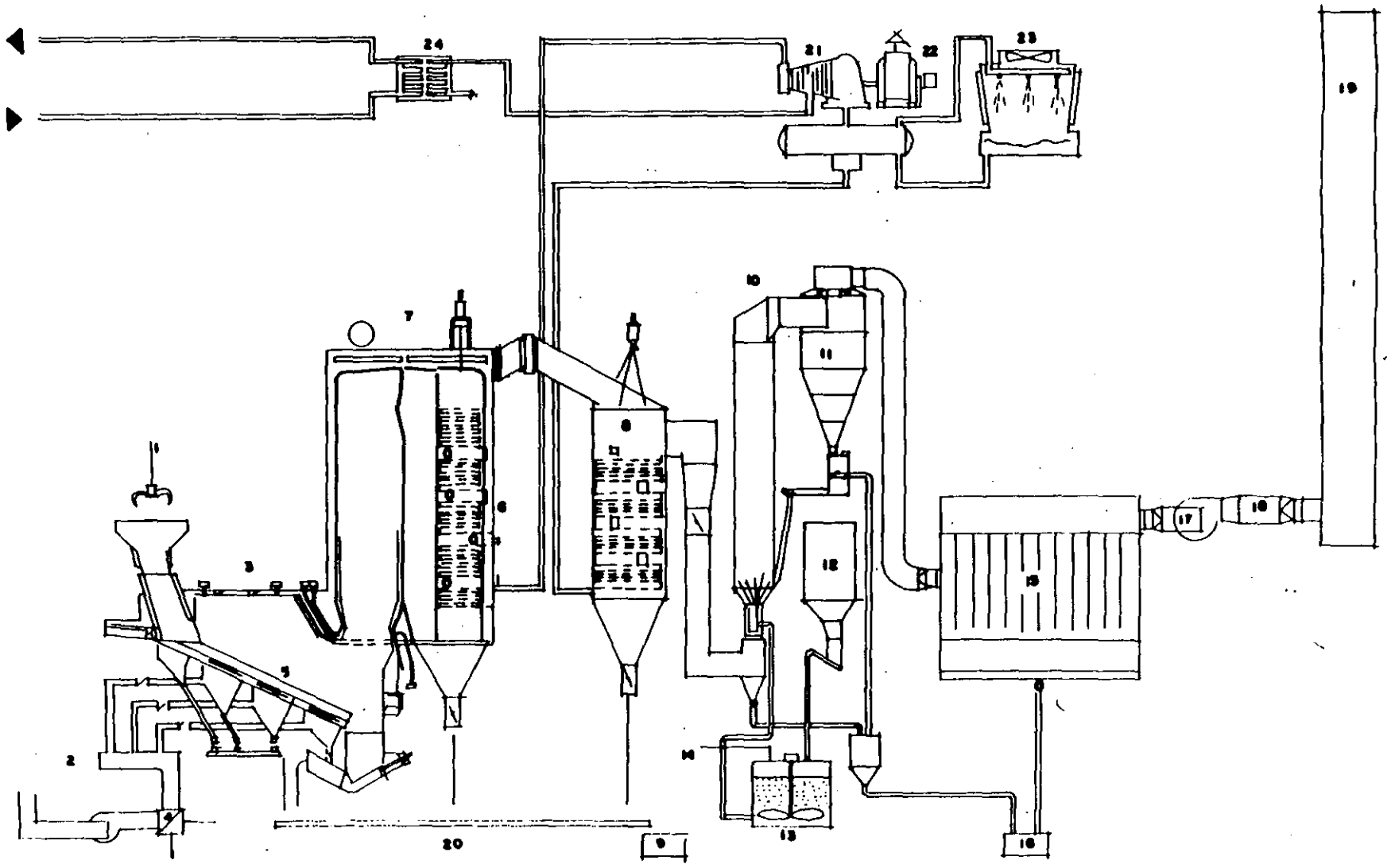
PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SOLIDOS CON HORNO ROTATORIO



1. DISPOSITIVO DE CARGA
2. PLATOS DE DISTRIBUCION
3. COMBUSTOR DE LECHO FLUIDIZADO
4. PRECALENTADOR DE AIRE FORZADO
5. VENTILADOR DE AIRE FORZADO
6. SEPARADOR CICLONICO DE POLVOS
7. PLANTA LAVADORA DE GASES
8. NEUTRALIZACION Y TANQUE DE SEDIMENTACION
9. VENTILADOR DE AIRE INDUCIDO
10. CHIMENEA

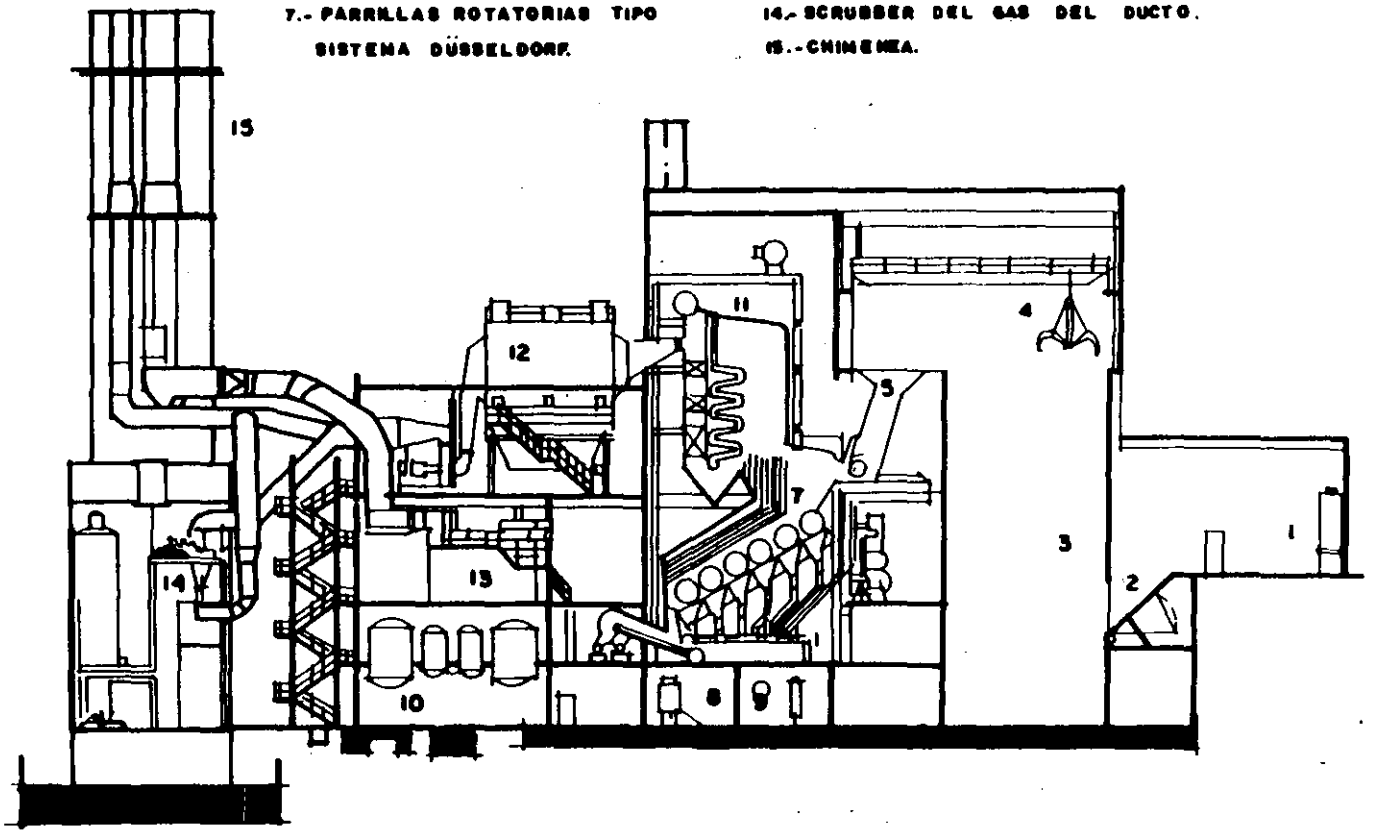
PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SOLIDOS DE TIPO LECHO FLUIDIZO (BABCOCK)

1.- GRUA.
2.- SISTEMA DE AIRE PRIMARIO
3.- HORNO
4.- PRECALENTADOR DE AIRE
5.- PARRILLA.
6.- SUPERCALEFACTOR
7.- CALDERA
8.- ECONOMIZADOR
9.- LECHO CONTENEDOR DE CENIZAS
10.- REACTOR
11.- CICLON
12.- SILO DE CAL.
13.- PREPARACION DE CAL
14.- SUMINISTRO DE AGUA
15.- FILTRO DE TELA
16.- CONTENEDOR DE CENIZAS VOLATILES
17.- VENTILADOR I.D
18.- DEFLECTOR
19.- CHIMENEA
20.- TRANSPORTADOR DE CENIZAS
21.- TURBINA DE EXTRACCION
22.- GENERADOR
23.- TORRE ENFRIADORA
24.- CAMBIADOR DE CALOR



ESQUE A S PLIFICADO PARA UNA PLANTA UEVA E E A DE DESECHOS CON TECNOLOGIA A BIE TAL SE U A. (BS MILJOTEKNIK A/S)

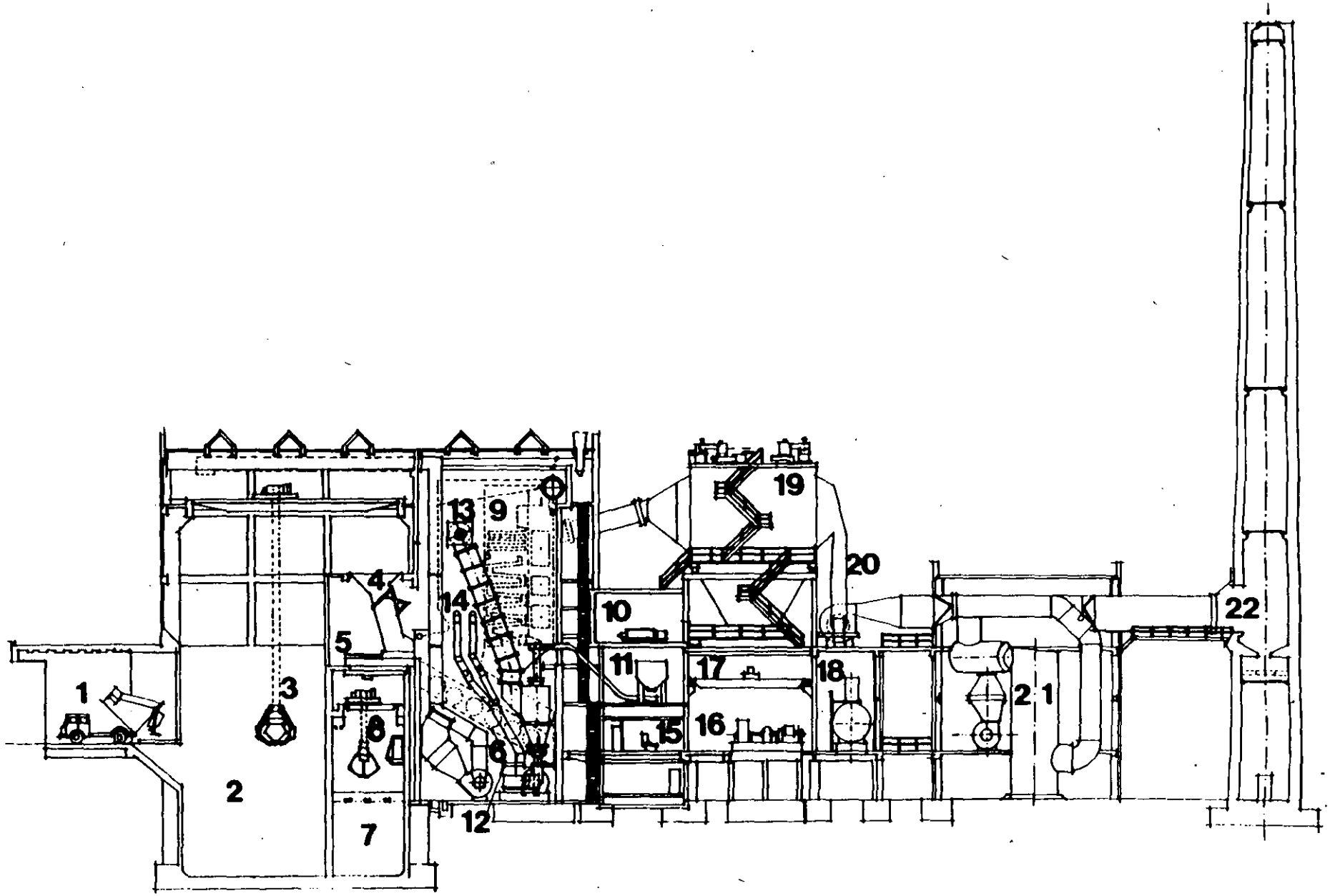
1.- CAMION CERRADO.
2.- CARGADOR DEL DEPOSITO.
3.- DEPOSITO DE DESECHOS.
4. GRUA.
5.- TOLVA DE ALIMENTACION.
6.- ALIMENTADOR DE DESECHOS.
7.- PARRILLAS ROTATORIAS TIPO SISTEMA DÜSSELDORF.
8.- EXTRACTOR DE ESCORIA TIPO HUMEDO.
9.- TRATAMIENTO DE AGUA.
10.- PULIMENTO DE CONDENSADO.
11.- GENERADOR DE VAPOR.
12.- EXTRACTOR DE POLVOS DEL GAS DEL DUCTO.
13.- BLOC DE VAPOR.
14.- SCRUBBER DEL GAS DEL DUCTO.
15.- CHIMENEA.



PLANTA INCINERADORA DE DESECHOS PARA LA CIUDAD DE KIEL
(BABCOCK)

1.- DESCARGA DE DESECHOS.
2. DEPOSITO DE DESECHOS.
3.- MOLINO.
4.- GRUA.
5.- TOLVA DE ALIMENTACION.
6.- ALIMENTACION DE DESECHOS.
7.- PARRILLAS ROTATORIAS.
8.- EXTRACTOR DE CENIZAS.
9.- DEPOSITO DE CENIZAS.
10.- GRUA DE CENIZAS.
11.- SEPARADOR MAGNETICO SOBREBANDA.
12.-DEPOSITO DE TROZOS DE METALES.
13.-GRUA DE SOBRAS.
14.-EMPAQUE DE SOBRAS.
15.- GRUA CARGADORA DE PAQUETES DE SOBRAS.
16.-CALDERA.
17.- ALIMENTACION DE AGUA A LA ENTRADA.
18.- SALIDA DE VAPOR CALIENTE.
19.- PRECIPITADOR ELECTROSTATICO.
20.-VENTILADOR DE TIRO.
21.- CHIMENEA
22.-CAÑON DE PLANTA DE GAS LAVADO
23.- AIRE PRECALENTADO.
24.- CUARTO DE CONTROLES.
25.-CUARTO DE RELEVOS.
26.-CUARTO DEL MECANISMO - INTERRUPTOR 0.4 KV.
27.- CABLE DE TRINCHERA.
28.-CUARTO DE CONTROL DE GRUA DE CENIZAS.
29.- CUARTO DE CONTROL DE GRUA DE DESECHOS.
30.- CUARTO DE CONTROL DE ENTRADA DE - VEHICULOS DE DESECHOS.

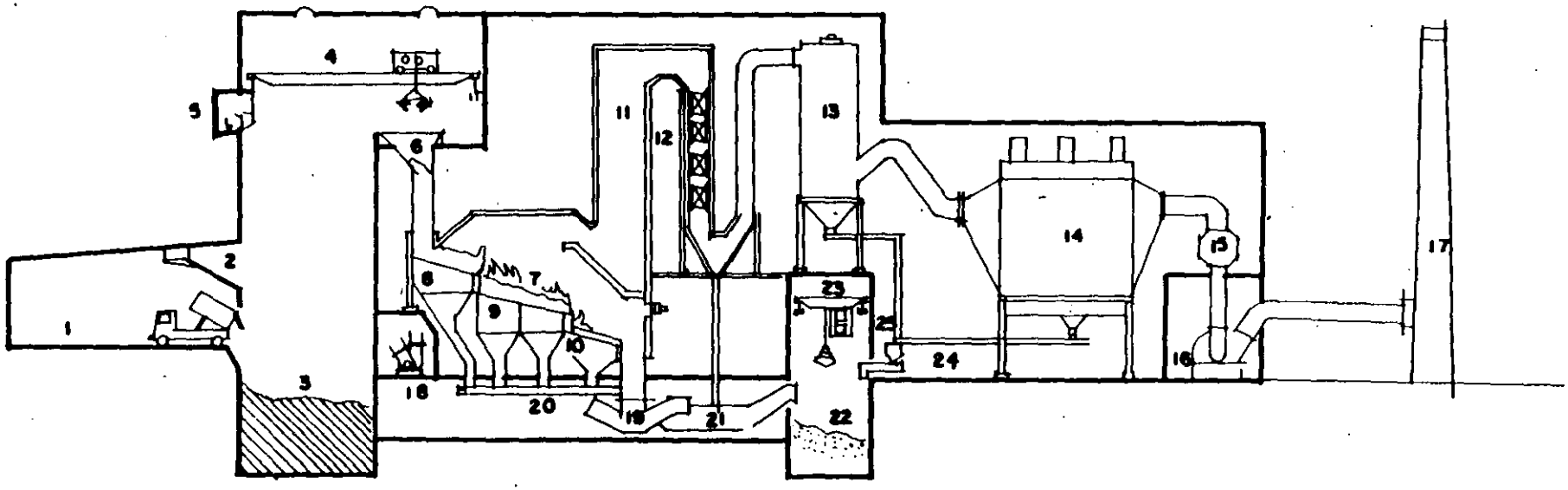
PLA TA I CI E ADO A DE DESECHOS SI APUR.(BABCOCK)



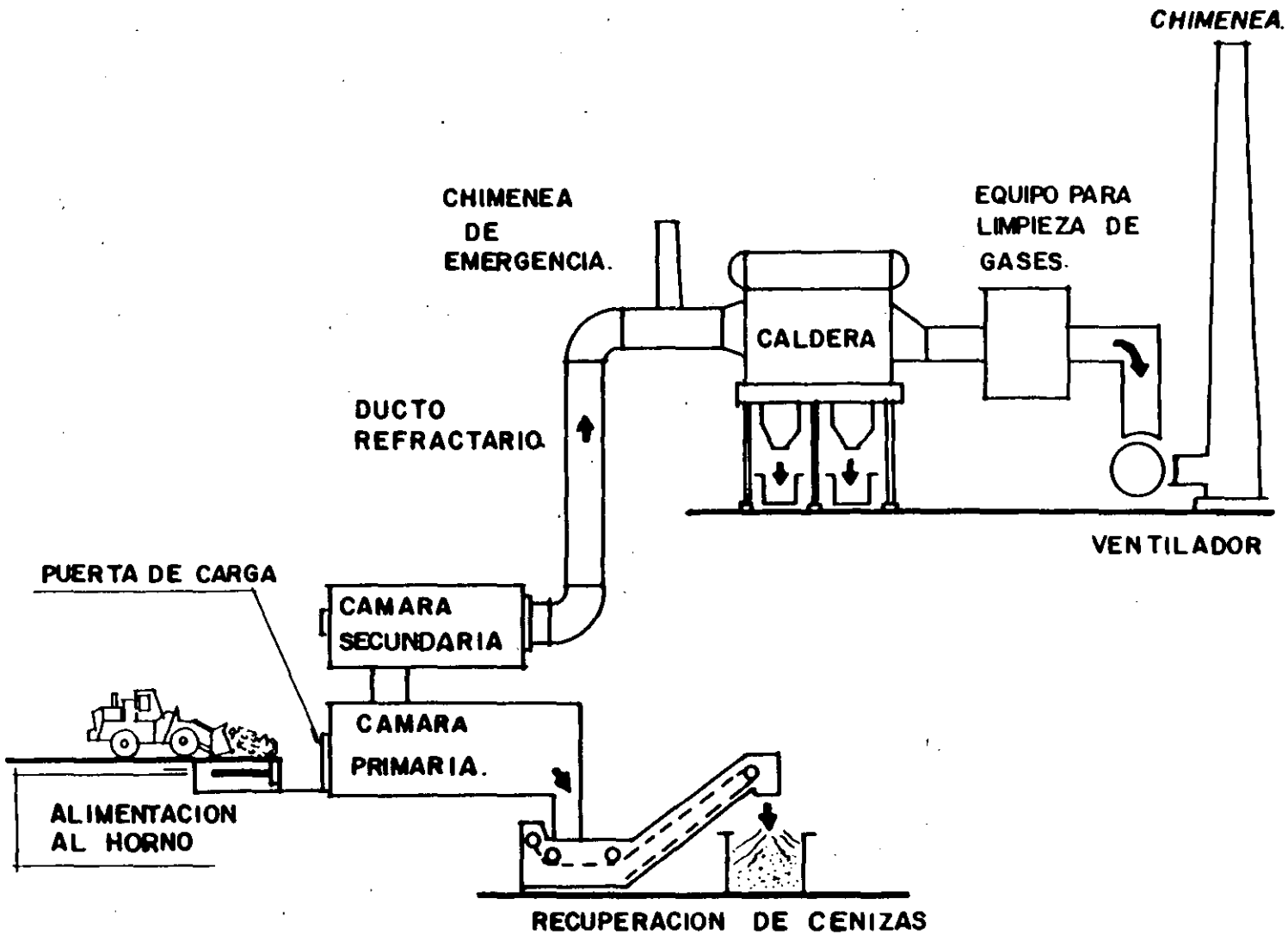
1. CAMION CERRADO
2. DEPOSITO DE DESECHOS
3. GRUA
4. TOLVA DE ALIMENTACION
5. ALIMENTACION DE DESECHOS
6. PARRILLAS ROTATORIAS DE SISTEMA DÜSSELDORF
7. DEPOSITO DE CENIZAS
8. GR[illegible] DE CENIZAS
9. CALDERA DE TUBO VERTICAL RADIANTE
10. CENTRIFUGA DE LODOS
11. DEPOSITO DE LODOS
12. SECADO DE LODOS HUMEDOS SUCIOS Y MOLINO DE QUEMADO DIRECTO
13. DUCTO DE RECIRCULACION DEL GAS
14. LINEA DE INYECCION DE LODOS PARA QUEMARSE
15. CUARTO CONT[illegible]
16. G[illegible]ERADOR TURBINA
17. GRUA LOCAL DE TURBINA
18. TANQUE DE ALIMENTACION DE AGUA
19. COLECTOR DE POLVOS DE GAS DEL DUCTO
20. TUBO DE SUCCION
21. SCRUBBER DEL GAS DEL DUCTO
22. CHIMENEA

PLANTA DE INCINERACION DE DESECHOS Y LODOS HUMEDOS SUCIOS KREFELD (BABCOCK)

1.- ESTACION DE CAMIONES
2.- PUERTA DEL DEPOSITO
3.- DEPOSITO DE DESECHOS
4.- GRUA
5.- CUARTO DE OPERACION DE LA GRUA.
6.- ZONA DE ESPERA DE CARGA.
7.- CAMARA DE COMBUSTION.
8.- CENICERO DE SECADO.
9.- CENICERO DE COMBUSTION
10.- CENICERO DESPUES DEL QUEMADOR
11.- CAMARA DE GAS
12.- PRECALENTADOR DE AIRE-GAS
13.- EQUIPO ELIMINADOR DE GASES NOCIVOS.
14.- PRECIPITADOR ELECTROSTATICO.
15.- GENERADOR DE VAPOR.
16.- VENTILADOR DE AIRE INDUCIDO.
17.- CHIMENEA.
18.- VENTILADOR DE AIRE FORZADO
19.- EMPUJADOR DE CENIZAS.
20.- TRANSPORTADOR DE DESECHOS
21.- TRANSPORTADOR DE CENIZAS
22.- DEPOSITO DE CENIZAS
23.- GRUA DE CENIZAS.
24.- TRANSPORTADOR DE CENIZAS VOLATILES.
25.- HUMIDIFICADOR DE CENIZAS VOLATILES.

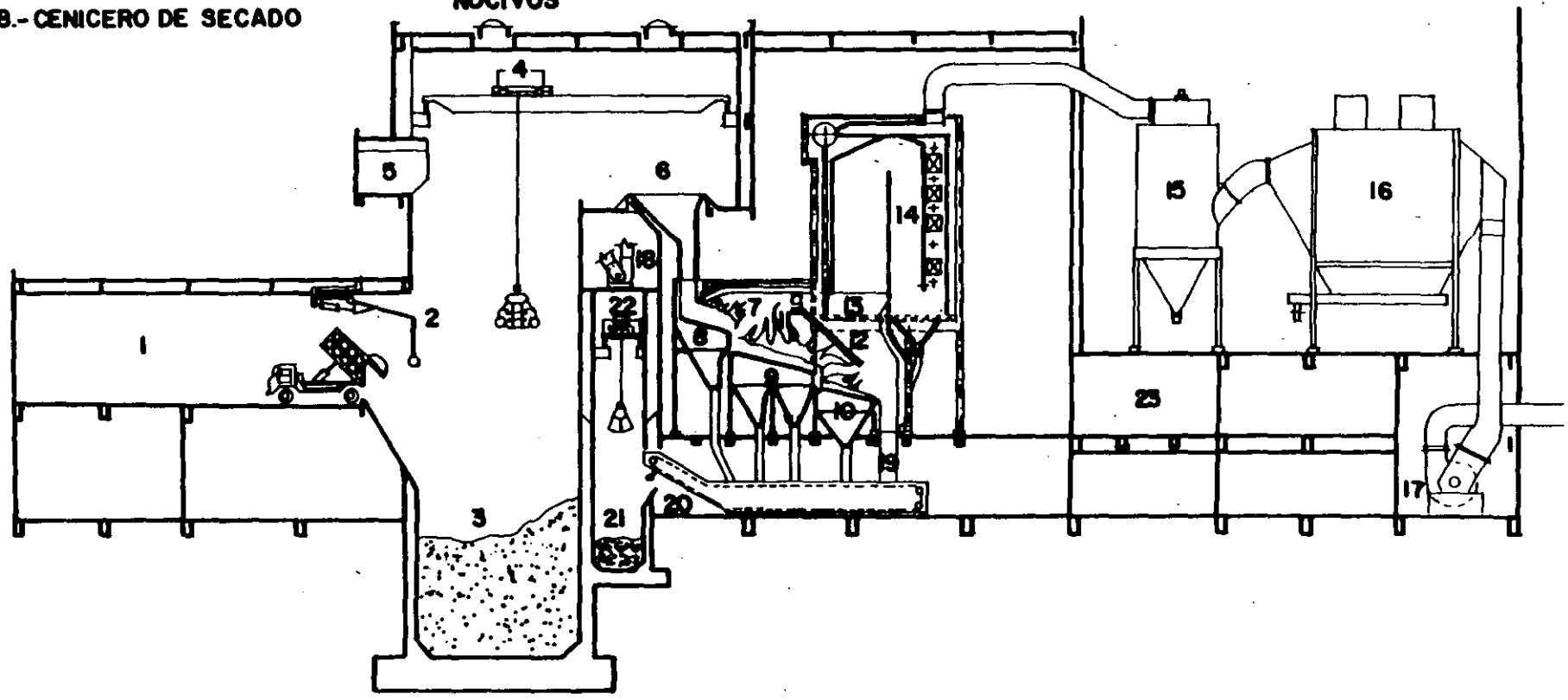


ESQUEMA DE INCINERACION DE DESECHOS (NKK)

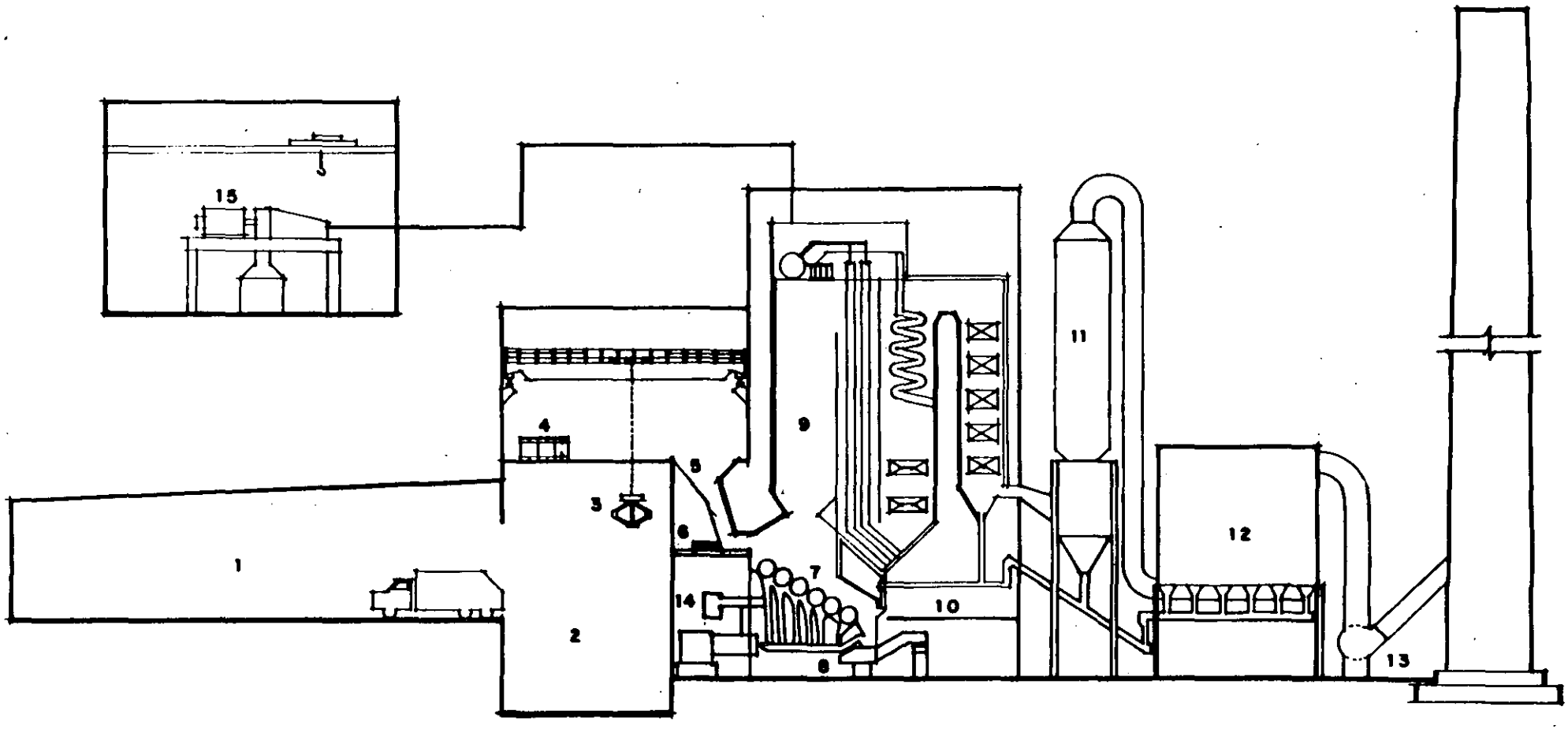


SISTEMA MODULAR PARA L INCINERACION DE DESECHOS SOLIDOS MUNICIPALES. (ENERCAN INC.)

1.- ESTACION DE DESCARGA DE DESECHOS
2.- PUERTA DEL DEPOSITO
3.- FOSA DE DESECHOS
4.- GRUA
5.- CUARTO DE OPERACION DE LA GRUA
6.- ZONA DE ESPERA DE CARGA
7.- CAMARA DE COMBUSTION
8.- CENICERO DE SECADO
9.- CENICERO DEL QUEMADOR
10.- CENICERO DESPUES DEL QUEMADOR
11.- QUEMADOR AUXILIAR
12.- TECHO RADIOACTIVO
13.- CAMARA DE MEZCLA DE GASES
14.- CALDERA DE QUEMADO DE DESECHOS
15.- ELIMINADOR DE GASES NOCIVOS
16.- PRECIPITADOR ELECTROSTATICO
17.- VENTILADOR DE AIRE INDUCIDO
18.- VENTILADOR DE AIRE FORZADO
19.- CONDUCTO DE CENIZAS
20.- TRANSPORTADOR DE CENIZAS
21.- FOSA DE CENIZAS
22.- GRUA DE CENIZAS
23.- CUARTO CENTRAL DE CONTROL

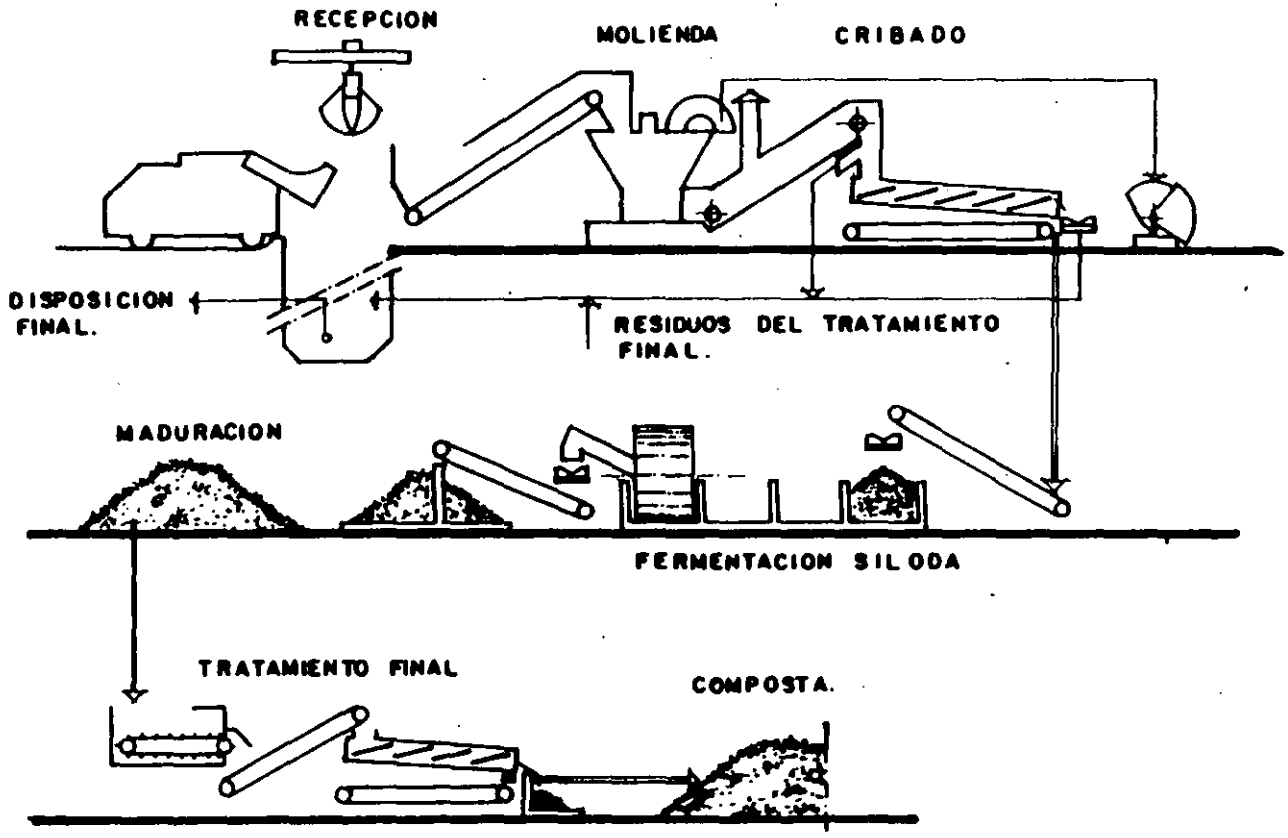


BOSQUEJO DE UNA PLANTA DE INCINERACION DE DESECHOS (NKK).

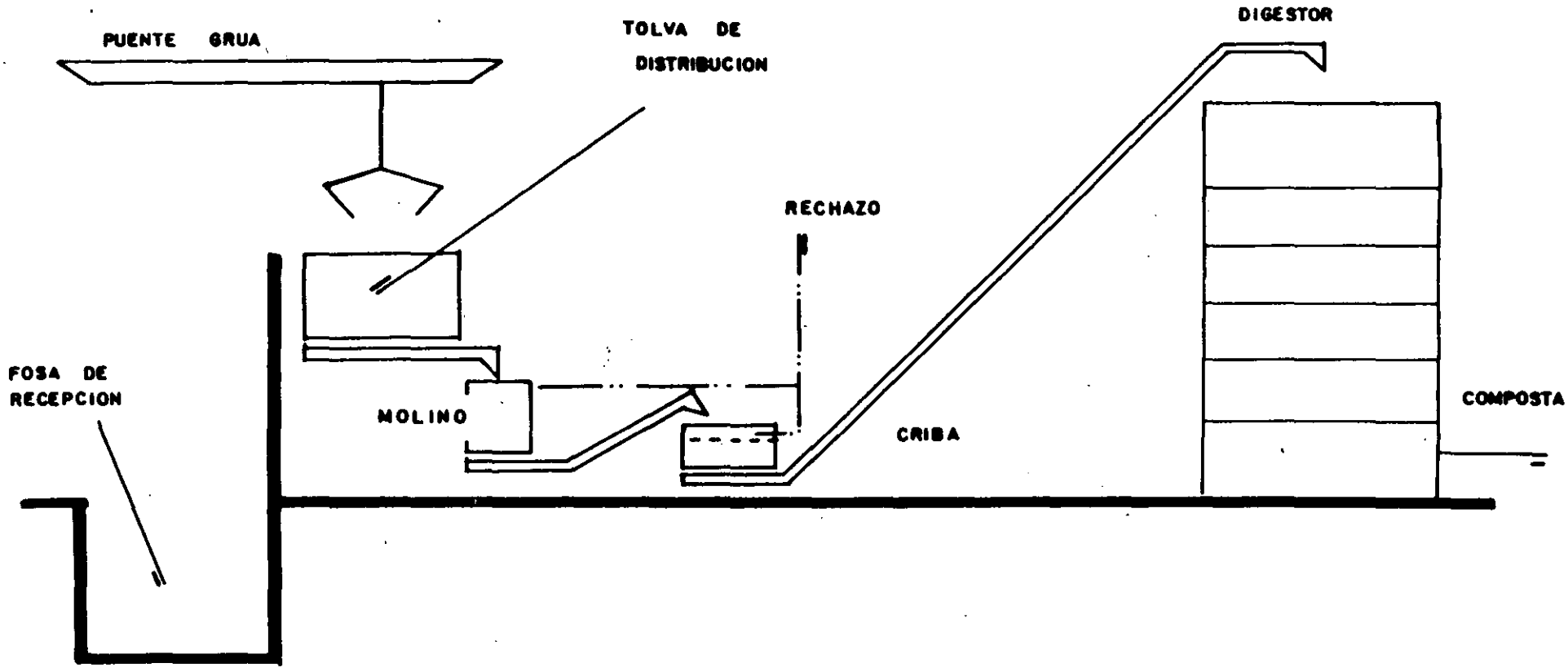


1. SALA DE DESCARGA
2. DEPOSITO DE BASURA
3. GRUA DE BASURA
4. CABINA DE CONTROL DE GRUA
5. TOLVA DE CARGA BASURA
6. ALIMENTADOR
7. SISTEMA DE RODILLOS
8. EXTRACTOR DE CENIZA HUMEDA
9. CALDERA DE TUBOS DE AGUA
10. CUARTO DE CONTROL
11. LAVADORA
12. COLECTORES DE POLVO
13. VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO
14. VENTILADORES DE IGNICION
15. TURBINA GENERADOR

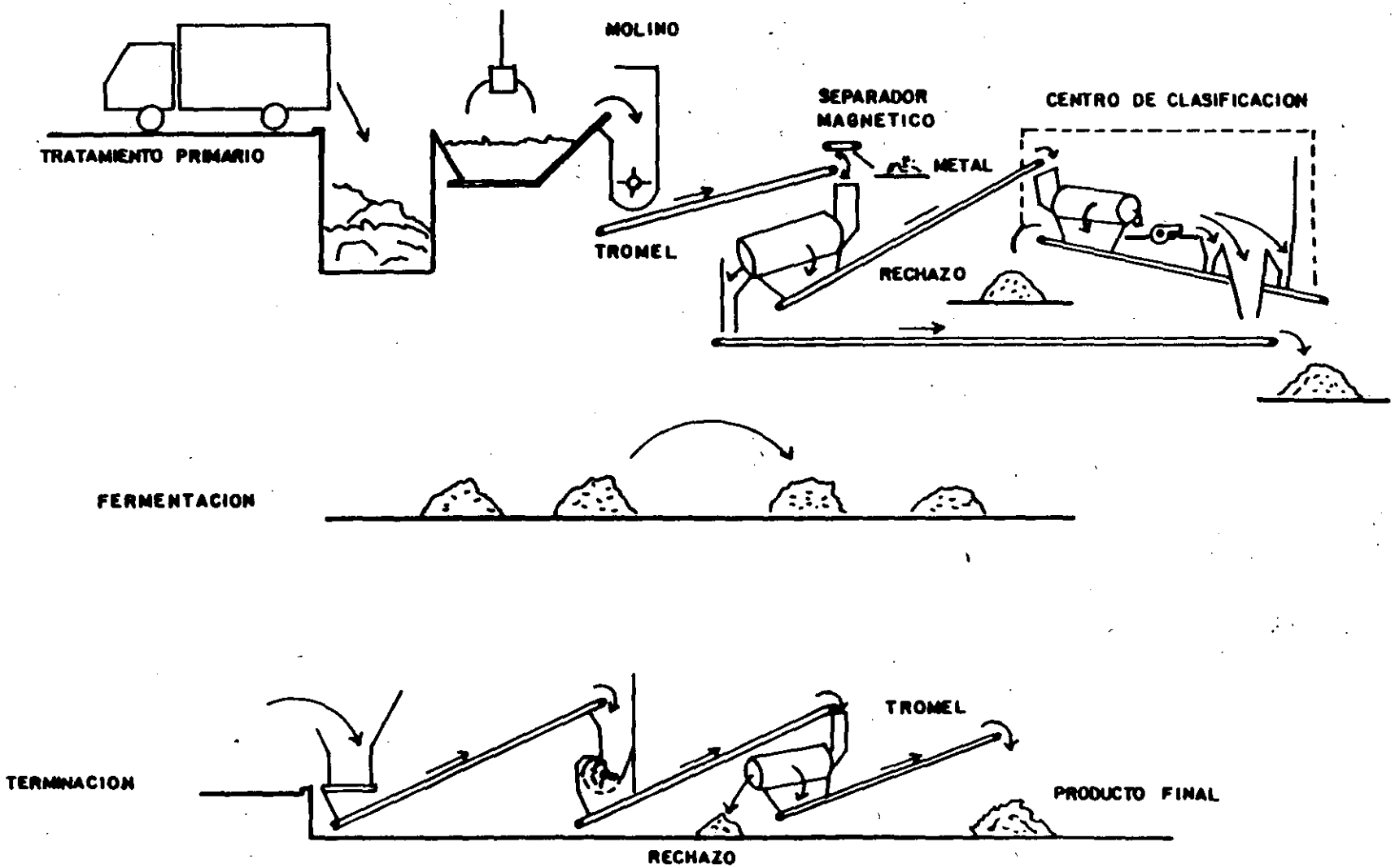
SISTEMA DE PRODUCCION DE ENERGIA POR INCINERACION DE BASURA.(AMERICAN REF-FUEL CO.)



PROCESO DE COMPOSTAJE ACELERADO " SILODA "

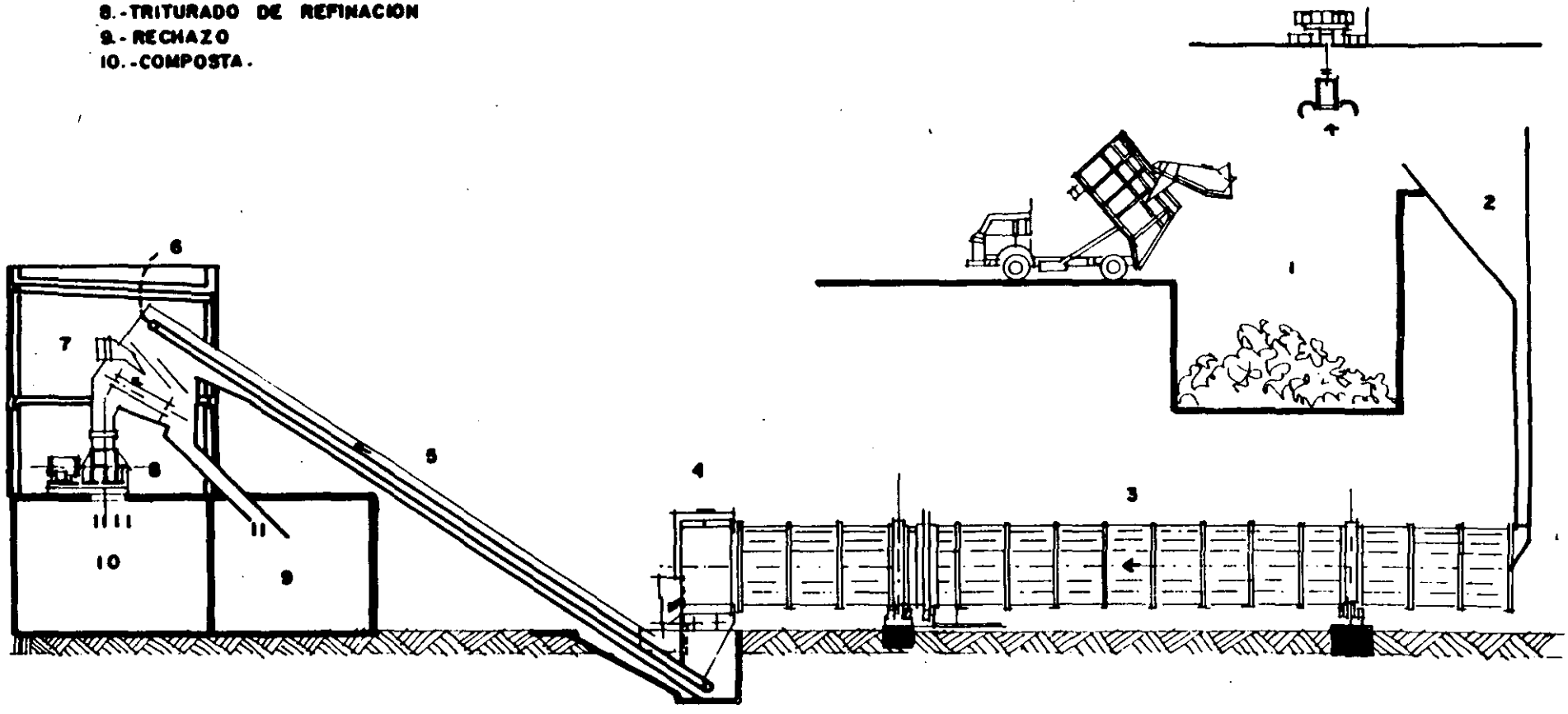


PROCESO DE COMPOSTAJE CAREL-FOUCHÉ (ESQUEMA GENERAL)

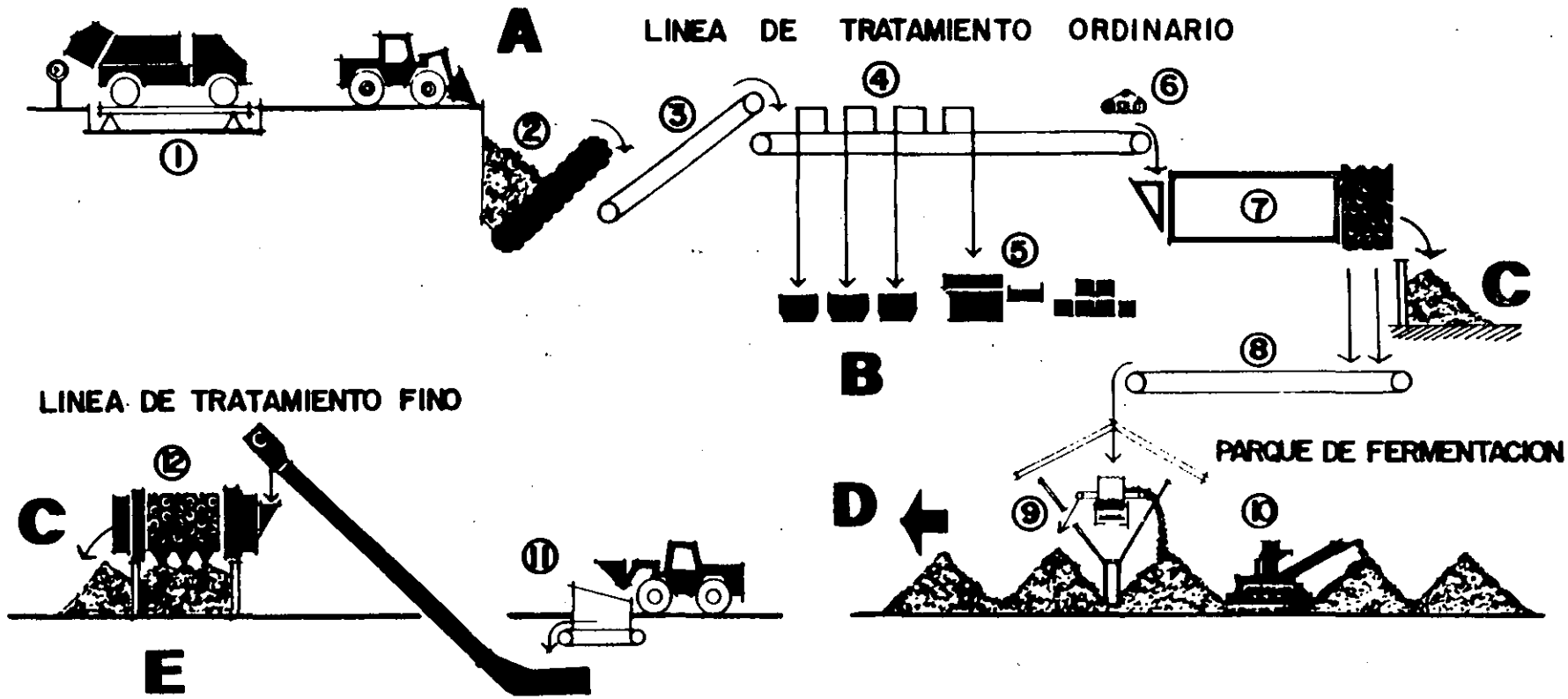


PROCESO DE COMPOSTAJE DE LA SOCIEDAD DE URBANISMO AQUITAINE-LANGUEDOC.(FRANCIA)

1.-FOSA DE RECEPCION.
2.-TOLVA DE RECEPCION.
3.-BRS (BIO-REACTOR SOBEA)
4.-TROMEL DEPURADOR
5.-BANDA TRANSPORTADORA.
6.-POLEA MAGNETICA
7.-SOPLADO-BALISTICO
8.-TRITURADO DE REFINACION
9.-RECHAZO
10.-COMPOSTA.



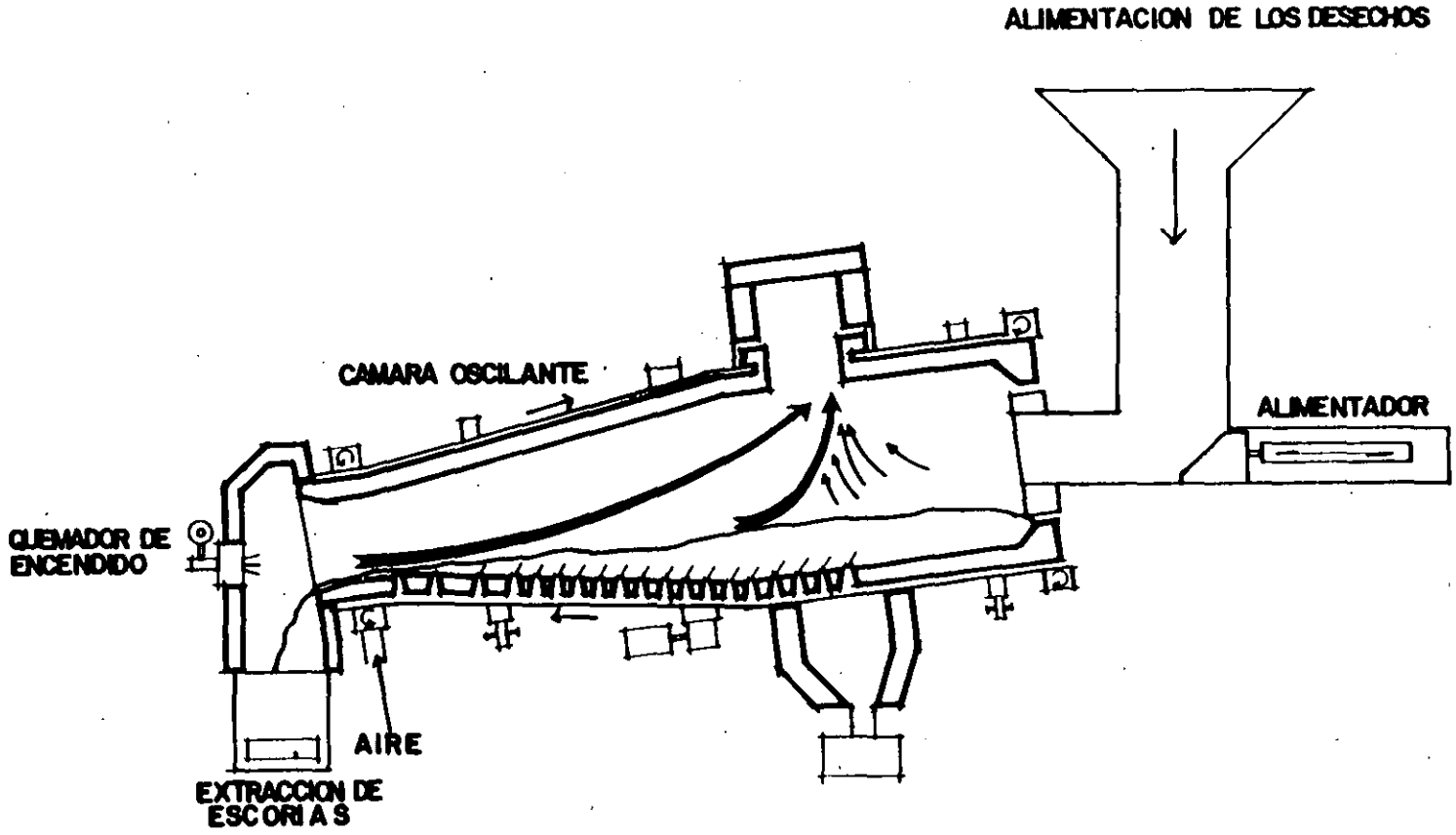
PROCESO DE COMPOSTAJE CEA- BALENCY (SOBEA)



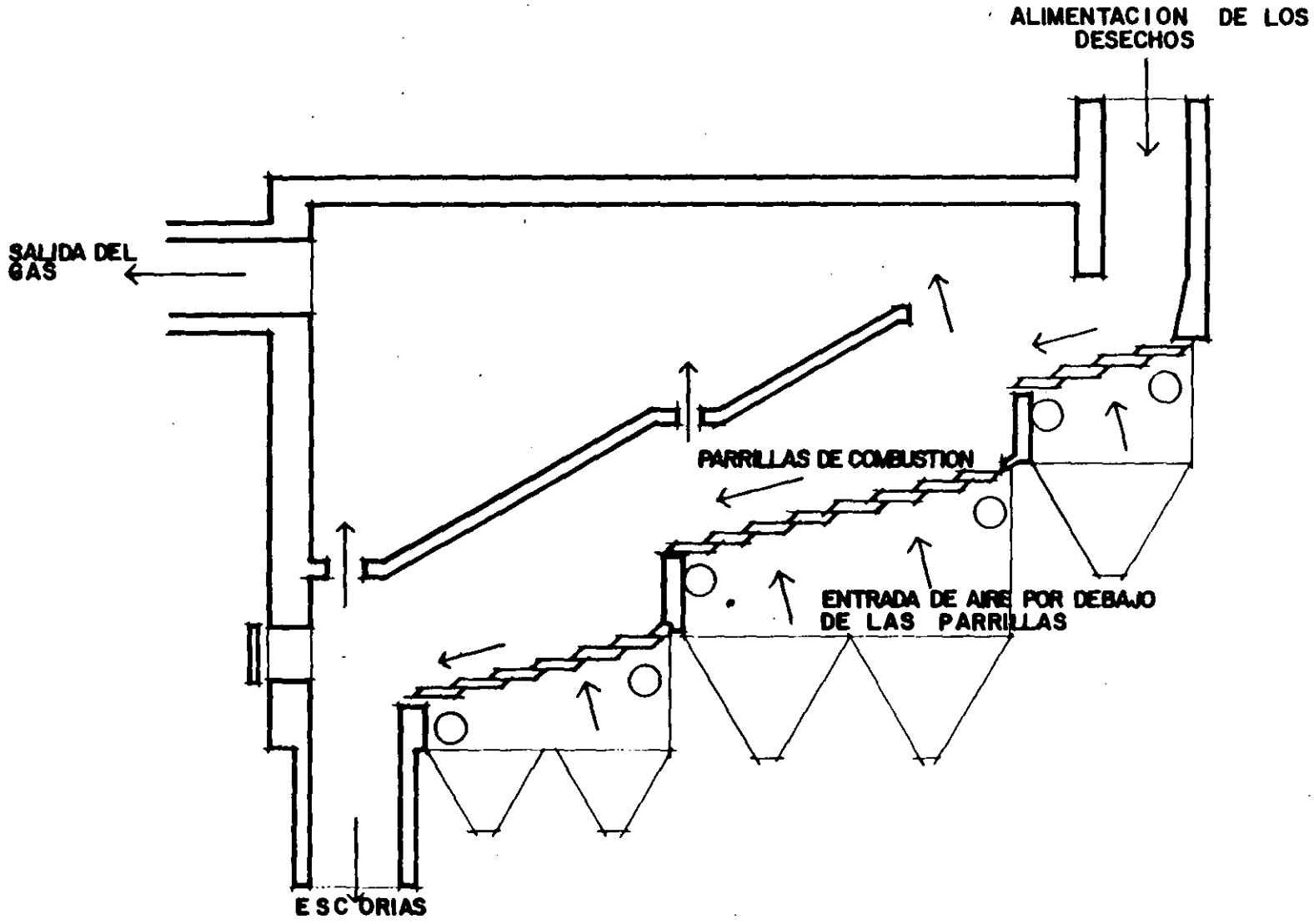
1. AREA DE PESAJE
2. TRANSPORTADOR DE TABLILLAS DE ACERO
3. TRANSPORTADOR DE CORREA
4. ESTACION DE SELECCION MANUAL
5. COMPRESOR
6. SEPARADOR MAGNETICO
7. TAMBOR MEZCLADOR/HOMOGENIZADOR/TAMIZADOR
8. TRANSPORTADOR DE CORREA
9. PILAS DE FERMENTACION
10. MAQUINA P/REMOVER PILAS DE FERMENTACION
11. CAJA DEL MECANISMO DE ALIMENTACION CON TRANSPORTADOR DE CADENA
12. TAMBOR DE CRIBADO

A. RECEPCION
B. MATERIAL RECUPERABLE
C. RECHAZO
D. COMPOSTA ORDINARIA (AGRICULTURA, HORTALIZAS)
E. COMPOSTA FINA (PARQUES, AGRICULTURA, CULTIVO DE HORTALIZAS)

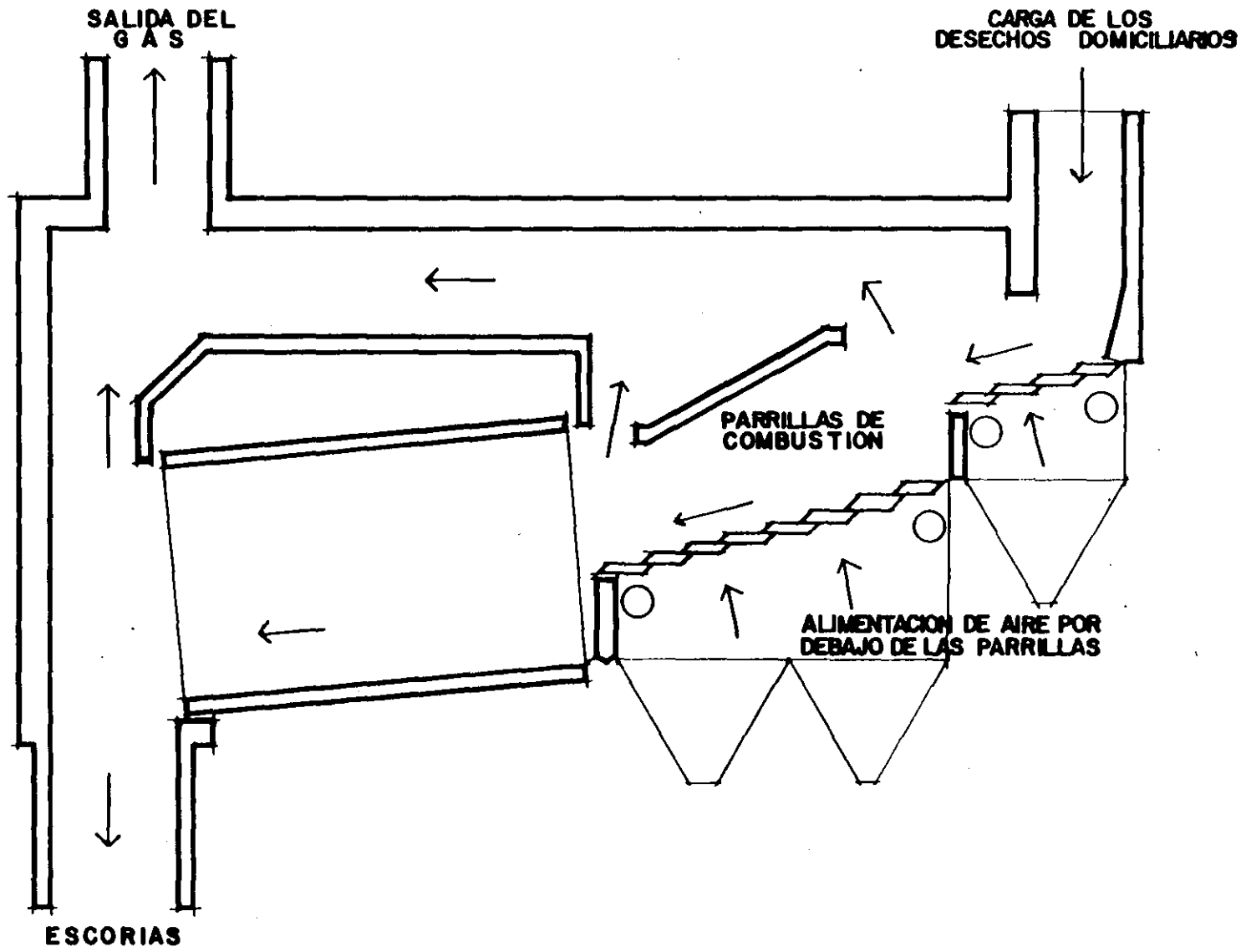
ESQUEMA DE LA PLANTA DE RECICLAJE Y COMPOSTAJE EN SHOUBRA, EL CAIRO, EGIPTO (BUHLER).



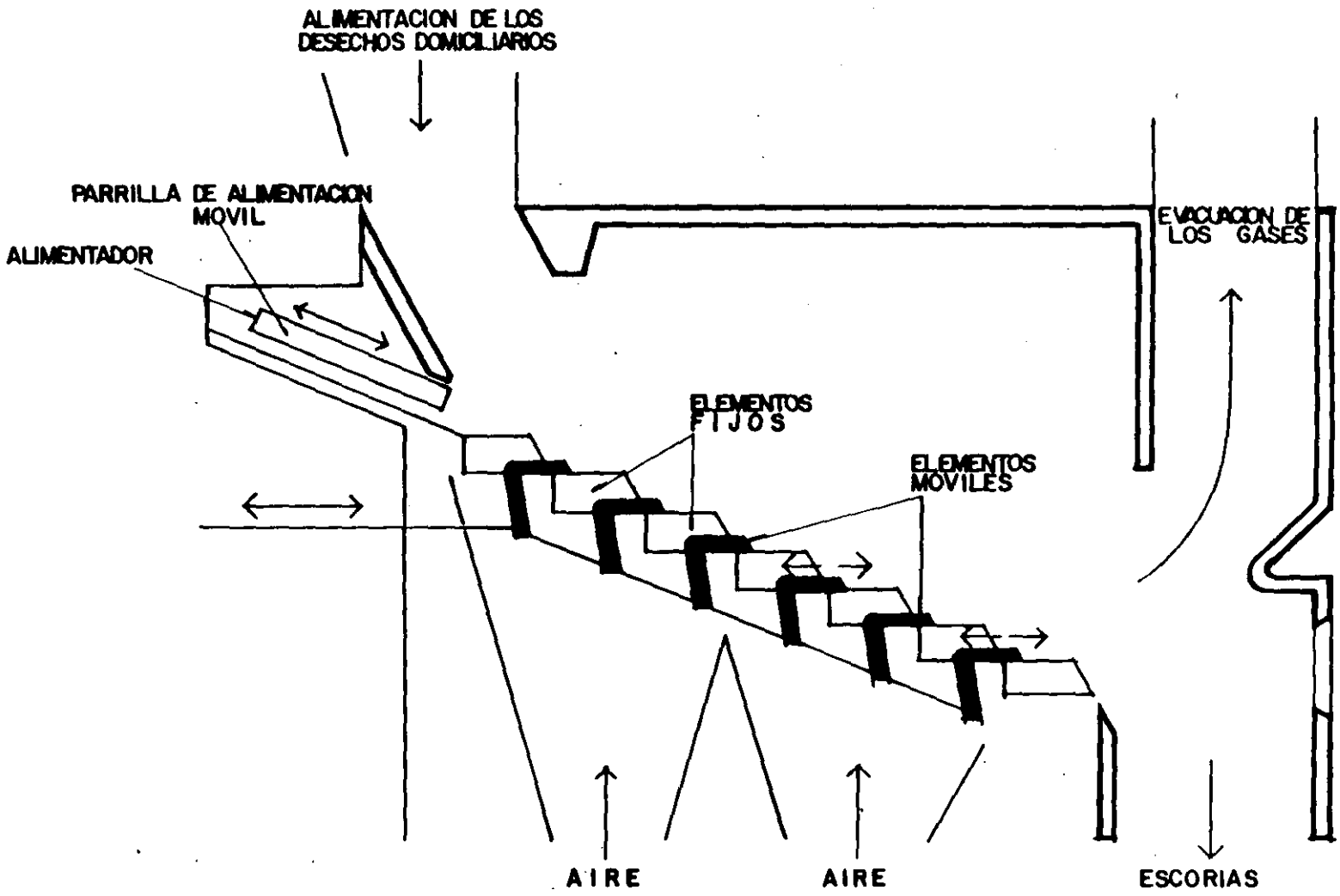
HORNO LAURENT BOVILLET



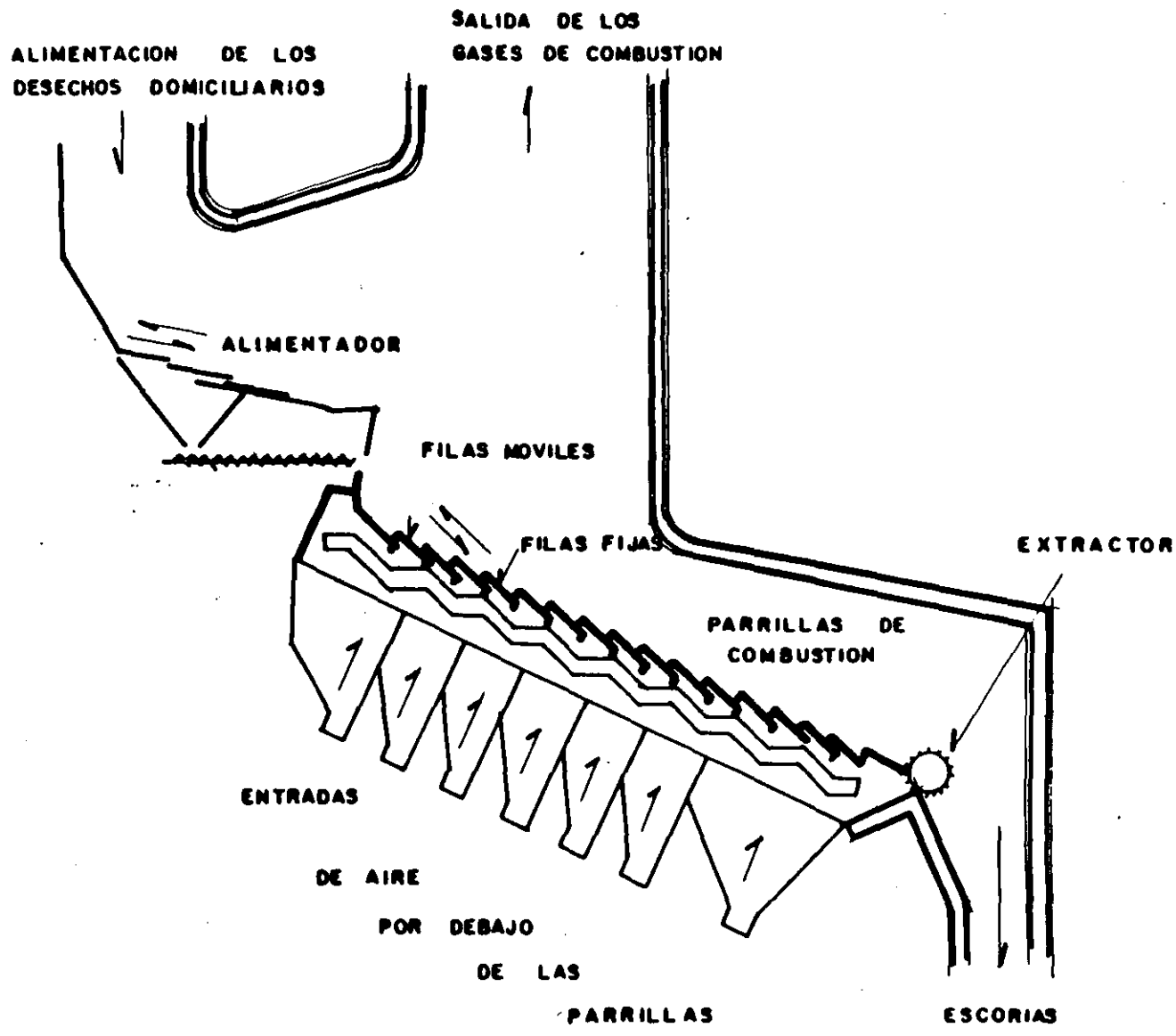
HORNO VOLUND DE PARRILLAS MOVILES



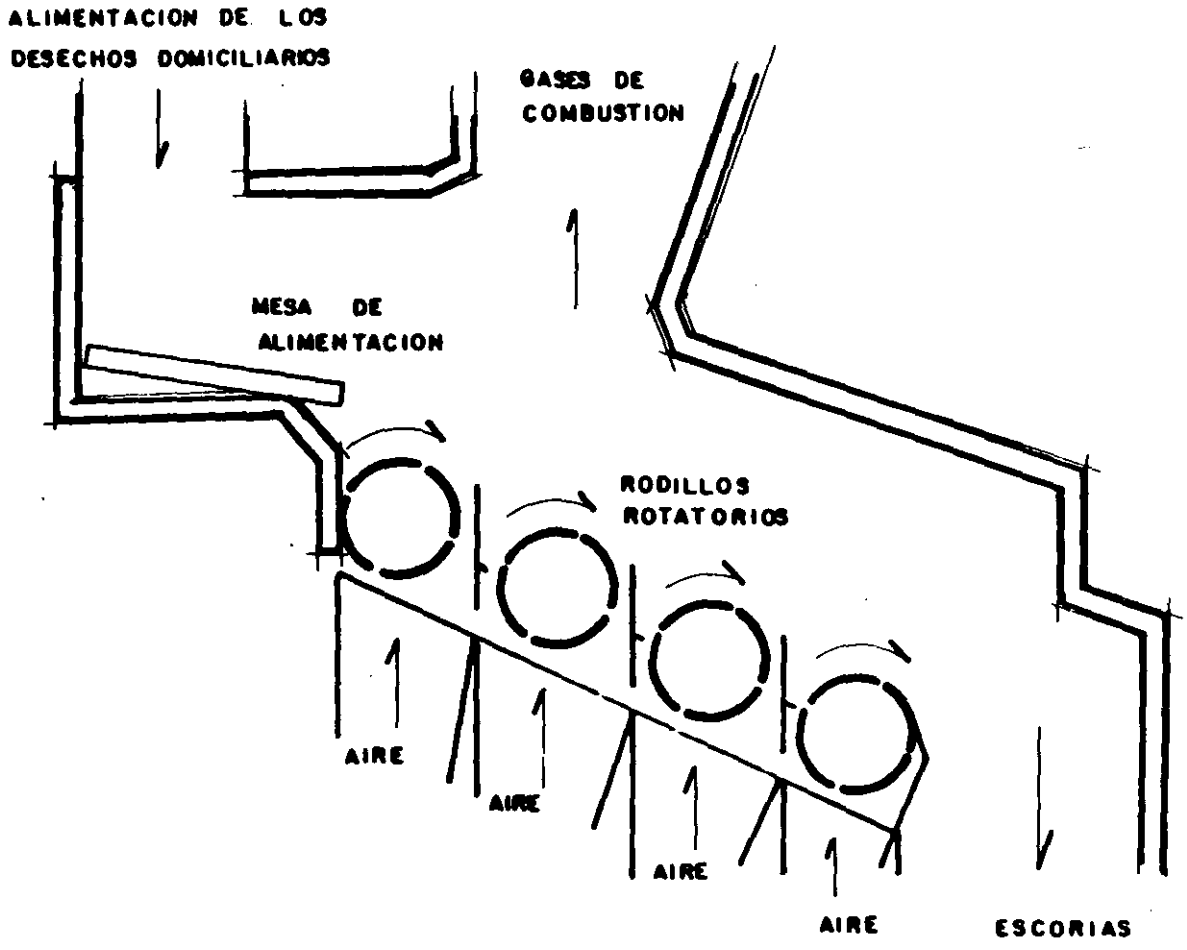
HORNO VOLUND DE PARRILLAS MOVILES Y SECCION FINAL ROTATORIA



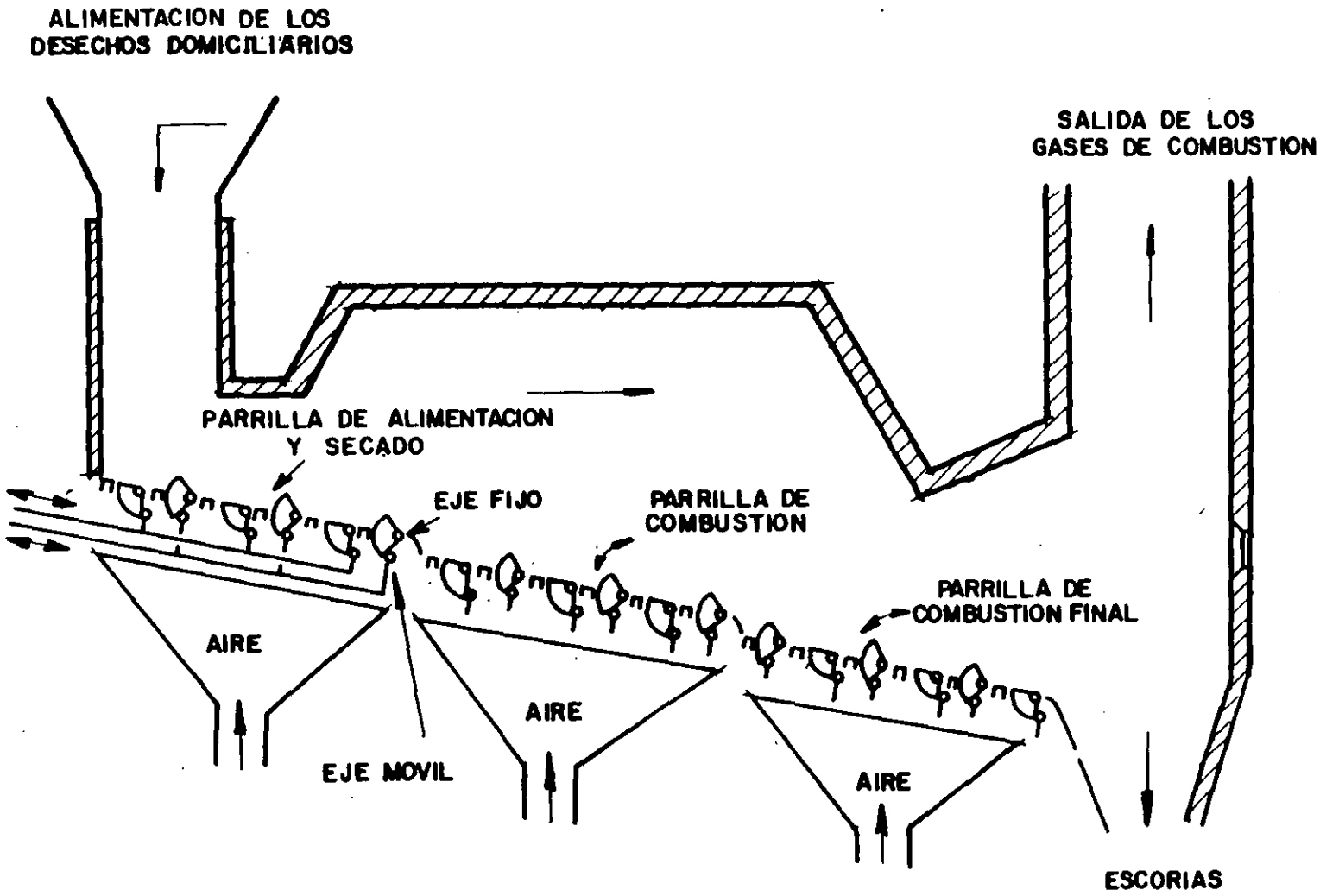
HORNO ALBERTI DE ELEMENTOS DE PARRILLAS MOVILES



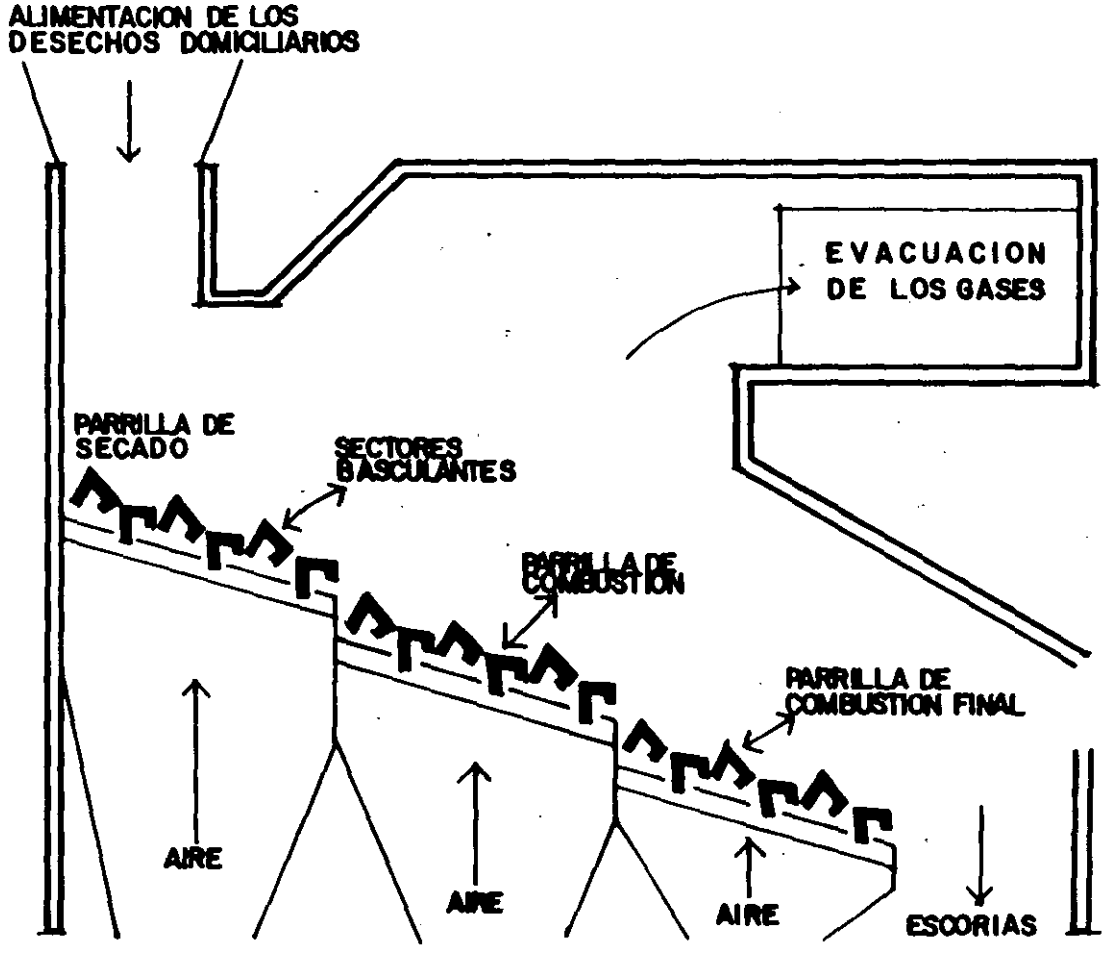
HORNO C.N.I.M. DE PARRILLAS MARTIN



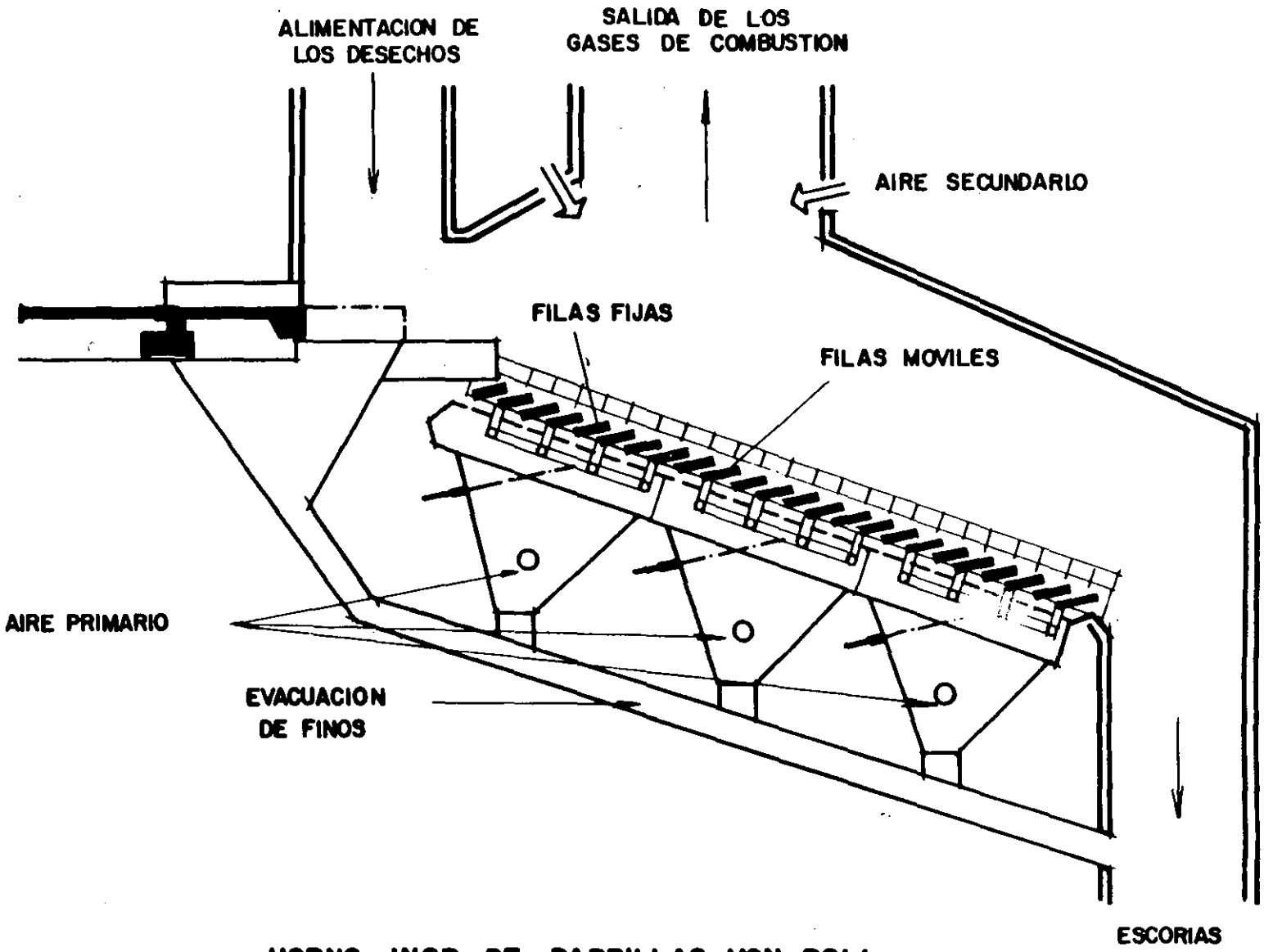
HORNO TUNZINI DE PARRILLA DE RODILLOS VKW



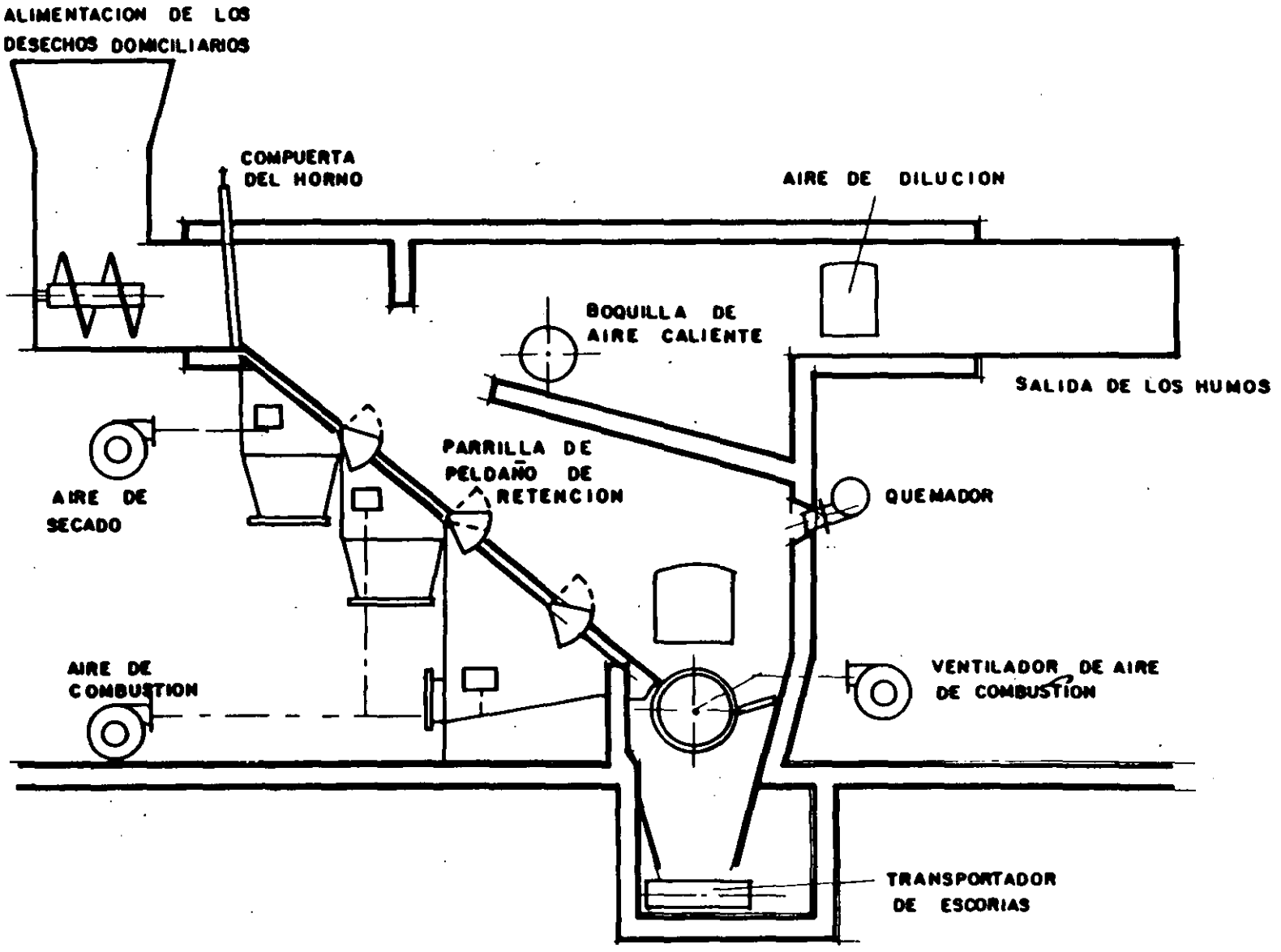
HORNO FLYNN Y EMRICH DE ELEMENTOS BASCULANTES



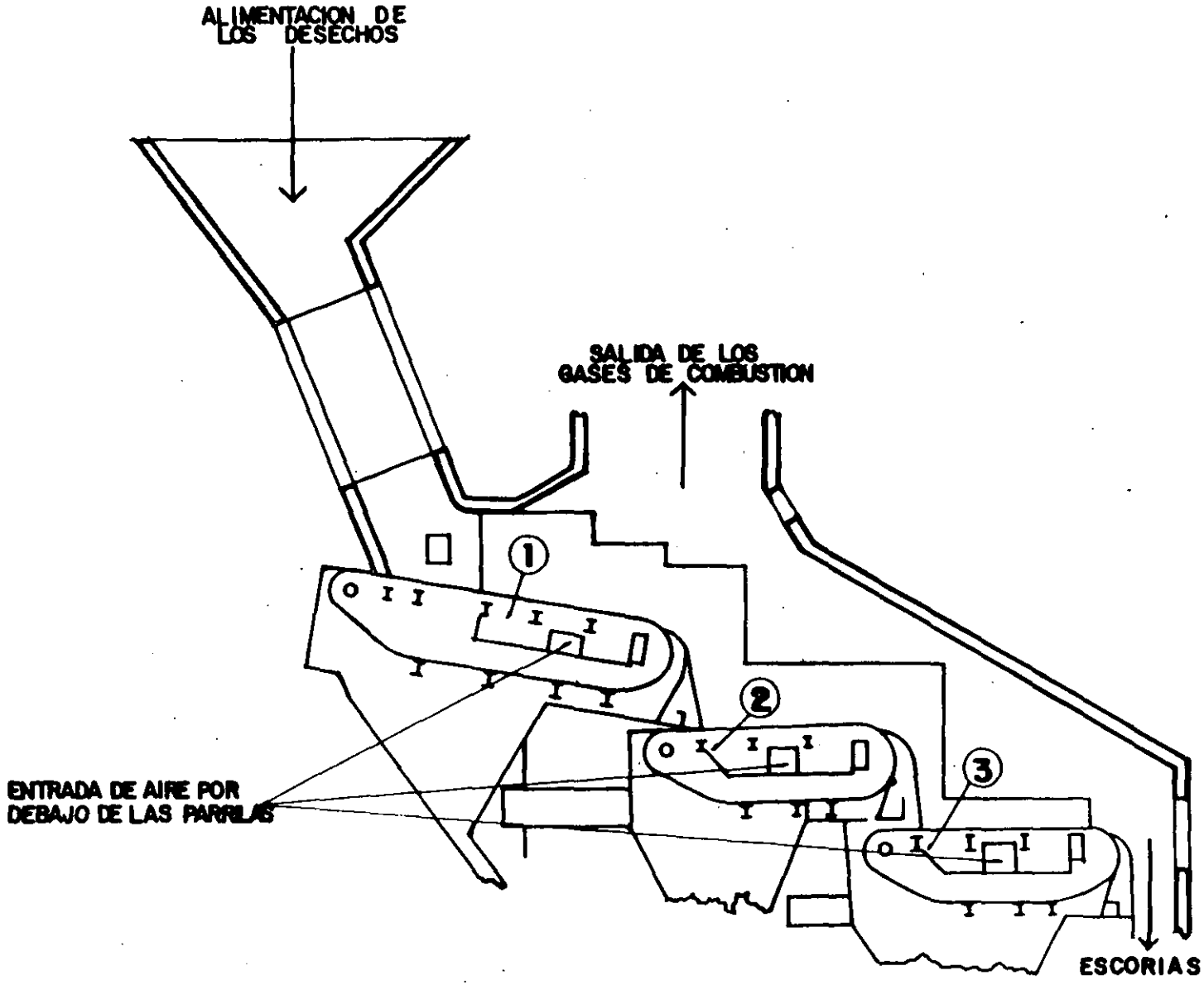
HORNO HEENAN NICHOL DE ELEMENTOS BASCULANTES



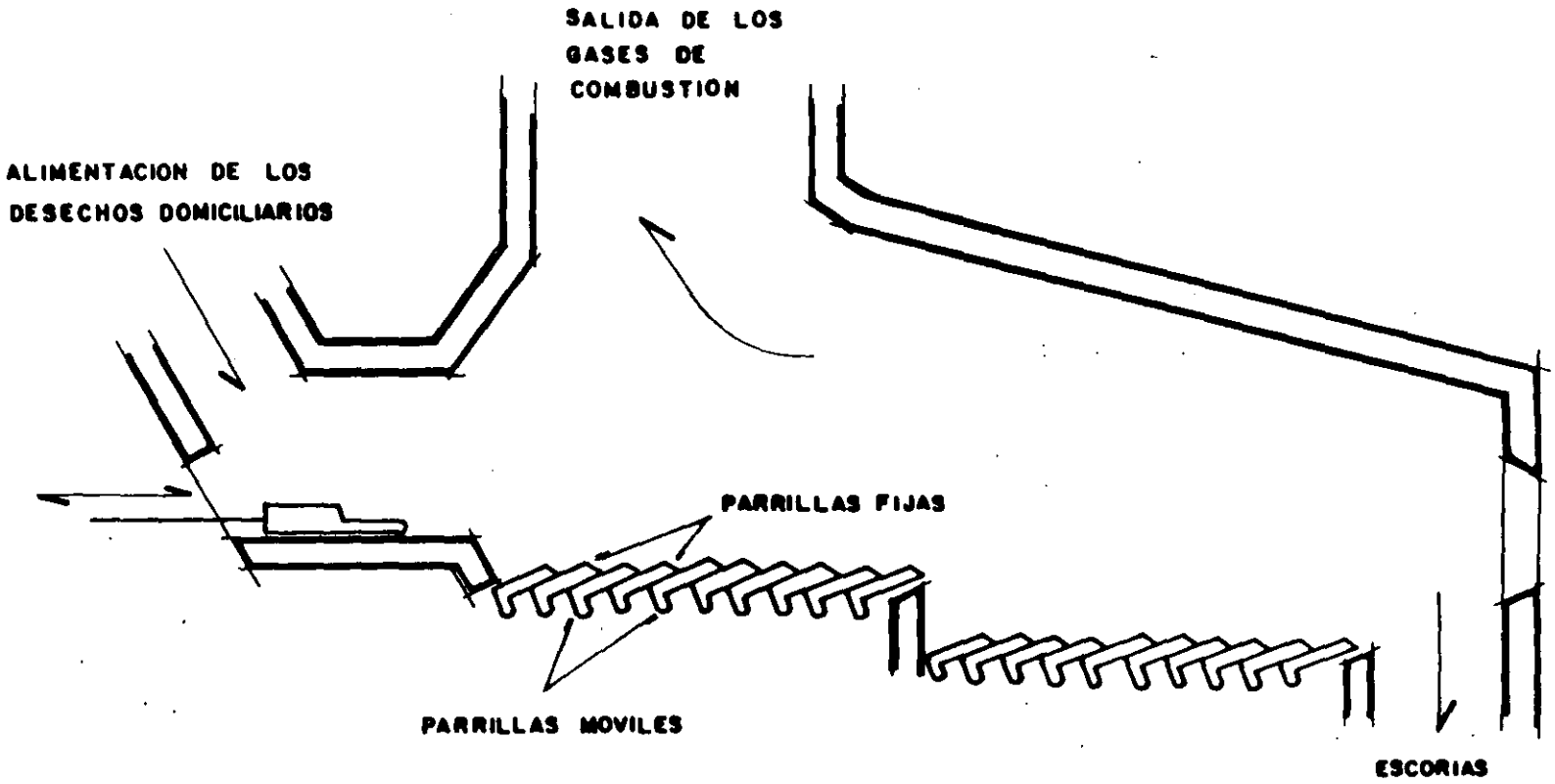
HORNO INOR DE PARRILLAS VON ROLL



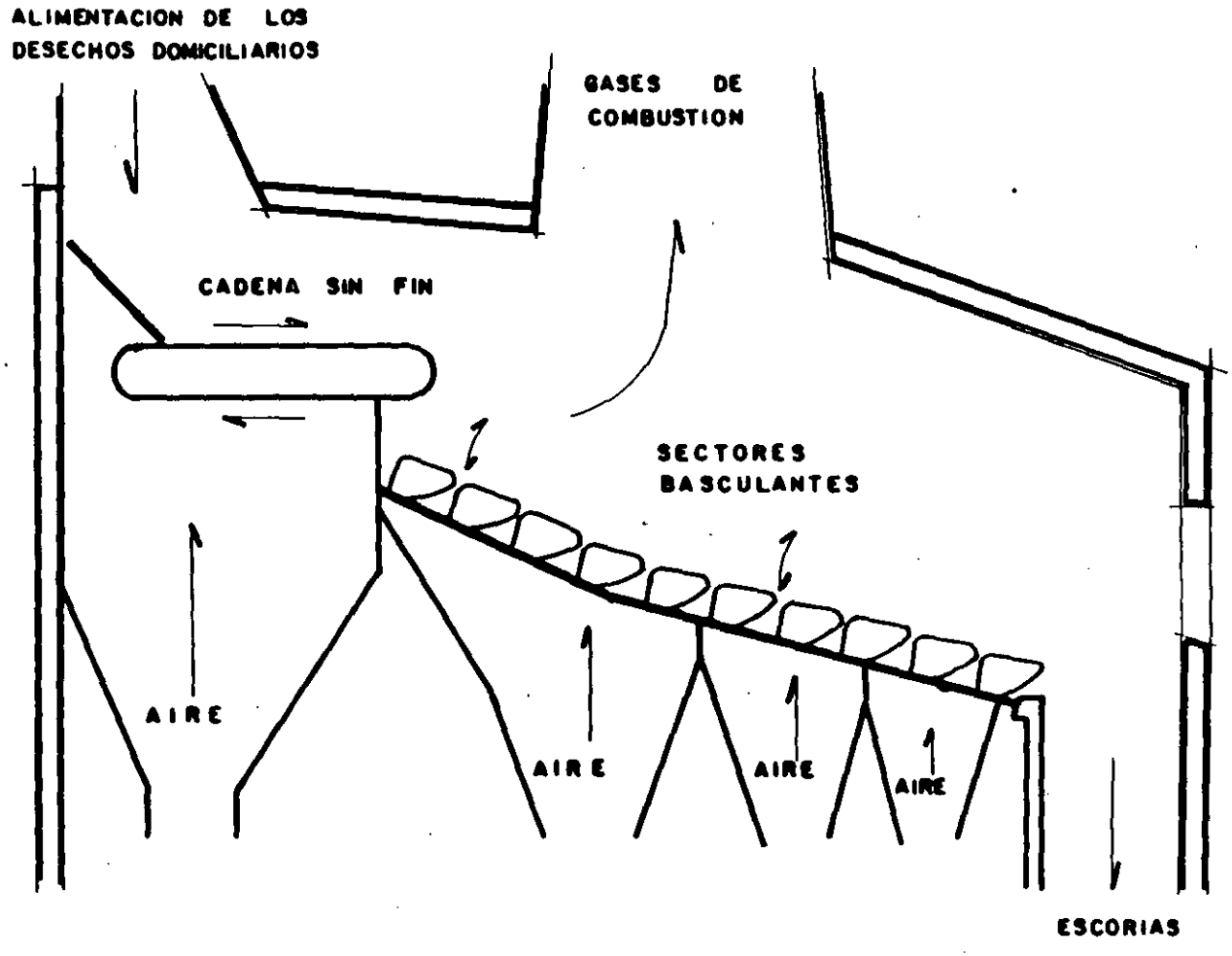
HORNO TRIGA TIPO C



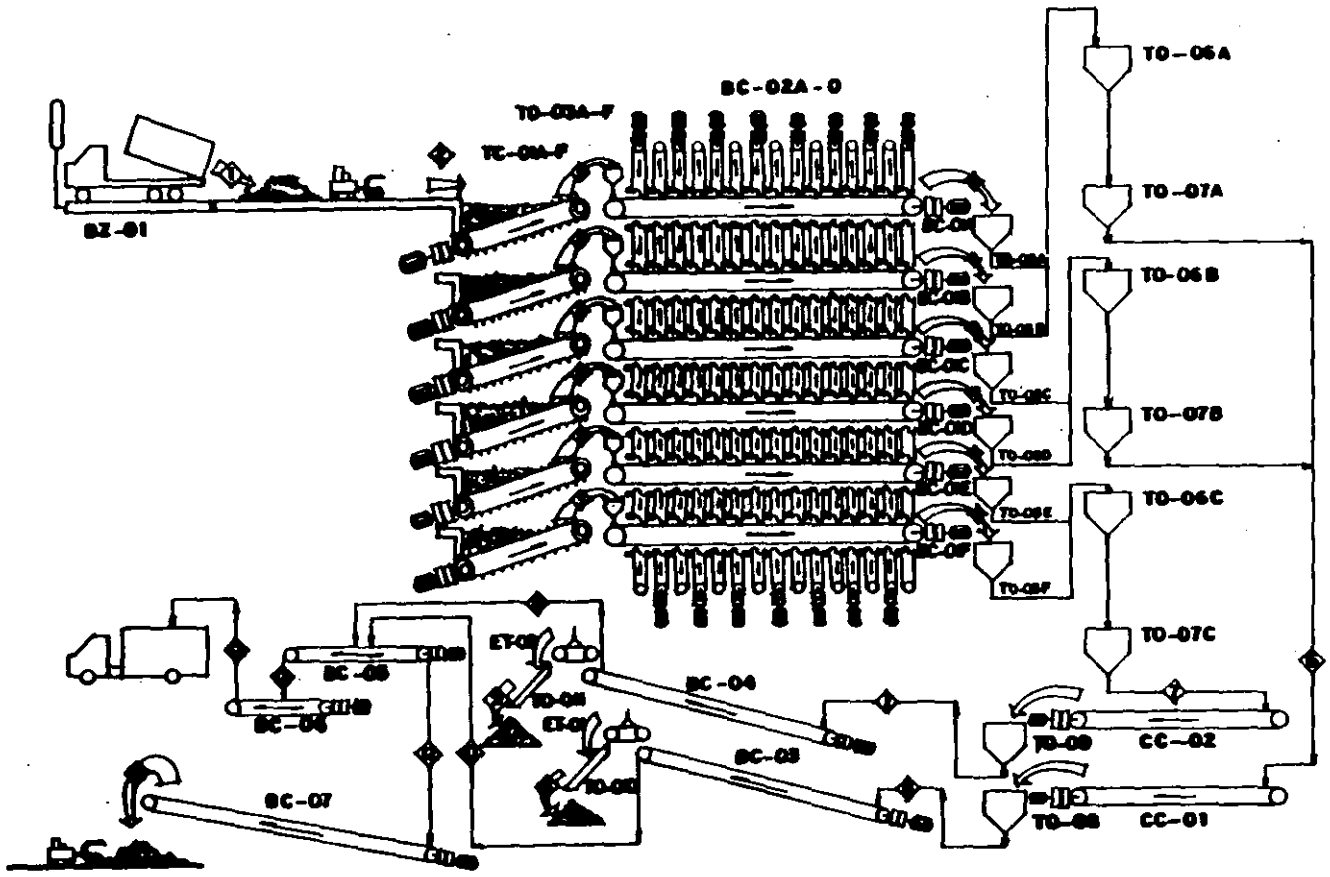
HORNO DE PARRILLAS SIN FIN STEIN INDUSTRIE



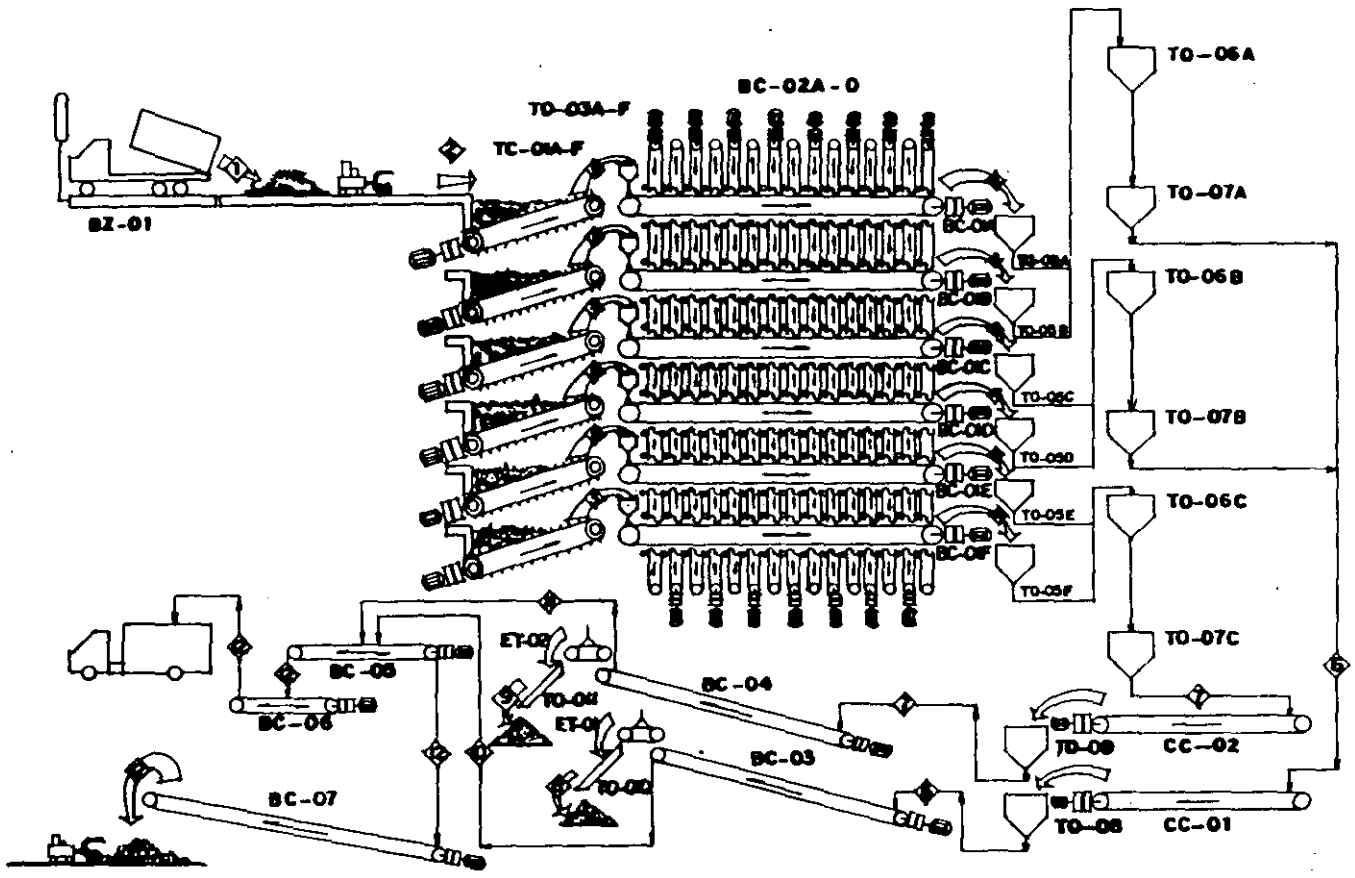
HORNO DE PARRILLAS HORIZONTALES OFAG.



HORNO ESSLINGEN DE ELEMENTOS BASCULANTES



RELACION DE EQUIPO		
CLAVE	CANT.	DESCRIPCION
BC-01	6	TRANSPORTADORES DE CLASIFICACION
BC-02	15	TRANSPORTADORES DE SUBPRODUCTOS SELECCIONADOS
BC-03	1	TRANSPORTADOR A ESTACION DE CARGA, LINEAS A-D
BC-04	1	TRANSPORTADOR A ESTACION DE CARGA, LINEAS E-F
BC-05	1	TRANSPORTADOR DE DISTRIBUCION REVERSIBLE
BC-06	1	TRANSPORTADOR REVERSIBLE CARGA A CAMIONES
BC-07	1	TRANSPORTADOR DE EMERGENCIA
BZ-01	1	BASCULA PARA CAMIONES
CC-01	1	TRANSPORTADOR DE MATERIAL
CC-02	1	TRANSPORTADOR DE MAT. TRIT.
EI-01	1	ELECTROIMAN, LINEAS A-D
EI-02	1	ELECTROIMAN, LINEAS E-F
TC-01	6	TRANSPORTADOR A CLASIFICACION
TO-02	6	TOLVA DE ALIMENTACION A SELECCION
TO-03	6	TOLVAS DESCARGA, TRANSPORTADORES DE TABLILLAS
TO-04	180	TOLVAS PARA SUBPRODUCTOS SELECCIONADOS
TO-05	6	TOLVAS DE DESCARGA, LINEAS DE DESCARGA
TO-06	3	TOLVAS DE ALIMENTACION A MOLINO
TO-07	3	TOLVAS DE SALIDA DE MOLINO
TO-08	1	TOLVA DE SALIDA DE TRANSPORTADOR
TO-09	1	TOLVA DE SALIDA DE TRANSPORTADOR
TO-10	1	CHUTE ELECTROIMAN EI-01
TO-11	1	CHUTE ELECTROIMAN EI-02



RELACION DE EQUIPO		
CLAVE	CANT.	DESCRIPCION
BC-01	8	TRANSPORTADORES DE CLASIFICACION
BC-02	15	TRANSPORTADORES DE SUBPRODUCTOS SELECCIONADOS
BC-03	1	TRANSPORTADOR A ESTACIÓN DE CARGA, LINEAS A-D
BC-04	1	TRANSPORTADOR A ESTACION DE CARGA, LINEAS E-F
BC-05	1	TRANSPORTADOR DE DISTRIBUCION REVERSIBLE
BC-06	1	TRANSPORTADOR REVERSIBLE CARGA A CAMIONES
BC-07	1	TRANSPORTADOR DE EMERGENCIA
BZ-01	1	BASCULA PARA CAMIONES
CC-01	1	TRANSPORTADOR DE MATERIAL
CC-02	1	TRANSPORTADOR DE MAT. TRIT.
EI-01	1	ELECTROIMAN, LINEAS A-D
EI-02	1	ELECTROIMAN, LINEAS E-F
TC-01	6	TRANSPORTADOR A CLASIFICACION
TO-02	6	TOLVA DE ALIMENTACION A SELECCION
TO-03	6	TOLVAS DESCARGA, TRANSPORTADORES DE TABLILLAS
TO-04	180	TOLVAS PARA SUBPRODUCTOS SELECCIONADOS
TO-05	6	TOLVAS DE DESCARGA, LINEAS DE DESCARGA
TO-06	3	TOLVAS DE ALIMENTACION A MOLINO
TO-07	3	TOLVAS DE SALIDA DE MOLINO
TO-08	1	TOLVA DE SALIDA DE TRANSPORTADOR
TO-09	1	TOLVA DE SALIDA DE TRANSPORTADOR
TO-10	1	CHUTE ELECTROIMAN EI-01
TO-11	1	CHUTE ELECTROIMAN EI-02

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

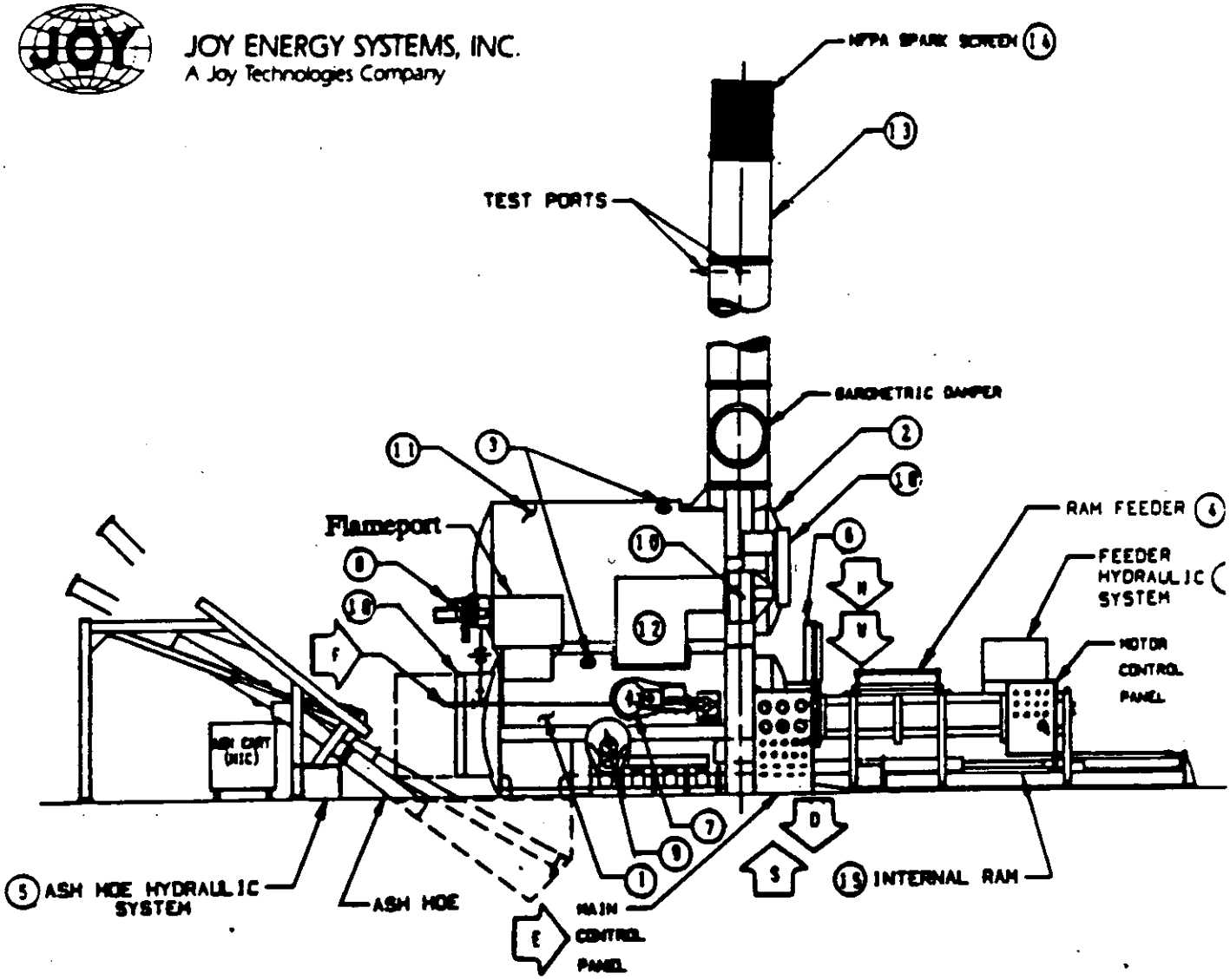
TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

TEMA: V

V, INCINERACION Y OTROS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

PALACIO DE MINERIA
Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

JOY ENERGY SYSTEMS, INC.
A Joy Technologies Company



MEDICAL WASTE INCINERATOR NOMENCLATURE

1 Ignition Chamber
2 Combustion Chamber
3 Thermocouple(s)
4 Ram Feeder
5 Hydraulic Power Package
6 Charging Door and Hood
7 Ignition Burner, Blower and Fuel Train
8 Combustion Burner, Blower and Fuel Train
9 Underfire Air Blower
10 Main Combustion Air Blower
11 Air Preheat Shroud (Opt.)
12 Combustion Air Blower Transition (On air preheat shroud options only)
13 Stack Section, Refractory Lined
14 Spark Arrestor
15 Internal Ram/Cylinder
16 Clean Out Door

JOY ENERGY SYSTEMS, INC.
A Joy Technologies Company

P. O. Box 410647
Charlotte, NC 28241-0647
Phone: (704) 587-8000
Telex: 572-549
Fax: (704) 587-8030

MEDICAL WASTE INCINERATION

Overview of:

- **Operational Considerations**
- **Technology**
- **Applications**
- **Alternatives**
- **Regulatory Issues**
- **Modern System Design Criteria**

Presented by Stephen E. Shuler

at the

CAE Medical Waste Seminar

Boston, Mass.
Nov. 5, 6, 7, 1990

ARR
AMERICAN RESOURCE RECOVERY

219 N. Main Street
River Falls, WI 54022
715-425-9798
FAX: 715-425-9596

JOY ENERGY SYSTEMS, INC.
A Joy Technologies Company

MEDICAL WASTE INCINERATOR OPERATIONAL CONSIDERATIONS

Typical medical waste incinerators are of the dual chamber, modular controlled air design. They are intended to operate under 100% excess air conditions. Approximately 25% of total air enters the ignition (lower) chamber and the remaining 75% enters the combustion (upper) chamber. These percentages will vary slightly according to the type waste being burned. The incinerator controls will automatically adjust the amount of air entering the chamber depending on the heat released from the combustion process. The ignition chamber operates under substoichiometric conditions causing the release of a variety of hydrocarbons, aromatics and other partially combusted and pyrolytic gases. These gases pass from the ignition chamber to the combustion chamber through the flameport. Sizing and geometry of the flameport is designed to produce relatively high gas velocities in this area and thereby provide intimate mixing between the partial combustion products and the excess combustion air, which is introduced at the flameport. Final combustion of organics to carbon dioxide and water vapor takes place in the combustion chamber, which is sized to allow required retention time for complete combustion.

THE COMBUSTION CHAMBER CONTROLS THE BURNING RATE OF THE INCINERATOR SINCE IT MUST ACCEPT AND OXIDIZE THE VOLATILES FROM THE IGNITION CHAMBER TO INSURE COMPLETE DESTRUCTION WITH NO OR MINIMAL POLLUTION.

The refractory lined incinerator stack is designed to provide natural draft evacuation of all combustion gases to atmosphere in case of electrical power failure. It is further designed to maintain a negative pressure in the ignition chamber in the range of -0.15" to -0.20" water column pressure. This minimizes the leakage of smoke and odors into the operating area and provides for quiescent conditions in the ignition chamber, thereby reducing the entrainment of particulate in the gas stream.

Proper incinerator design is to accommodate a wide variety of waste materials that may require being incinerated while maintaining low emission rates. This is done primarily by proper air control, resulting in complete combustion of organic material to non-toxic carbon dioxide and water vapor. Most all of the commonly known organic and synthetic wastes such as wood, paper, plastics, rubber products, food residues and garbage, can be so handled. Metallic material and glass are essentially non-combustible and should be minimized in the waste being fed to the incinerator insofar as is possible.

Most continuous duty incinerator systems employ one or more internal hearth rams. This ram is required to gently and periodically move ash and residue toward the rear of the ignition chamber where it is eventually expelled through an ash opening which has a water sealed chute into a wet ash pit. The wet ash removal pulls the ashes out of the pit and up to a specified height where they are discharged into the customer's ash cart. This wet ash removal system has three major advantages over a dry ash system:

1. The ashes are completely quenched, thereby eliminating fire hazard.

2. The water-seal provides a method of maintaining proper draft and controlled air conditions in the incinerator, thereby reducing particulate emissions.

3. The water-seal further insures that smoke, dust and odors will not exit the chamber, thereby eliminating a potential health hazard.

The stroke of the internal hearth ram is initiated just prior to the insertion of a new load of waste by the feeder. The proper stroke sequence of the hearth ram and feeder will vary depending on the physical and

chemical properties of the waste. Proper settings will normally be determined by a field service engineer of the incinerator vendor at the time of start-up. Average stroking distances for the internal hearth will be twelve (12) to twenty-four (24) inches. Average setting on the program timer for the frequency of feeder charging will be six (6) to twelve (12) minute intervals.

There are several factors which contribute to the incineration rates within a given incinerator. These factors are: heat of combustion of the waste, amount of combustion air required for the waste, moisture content bulk density. Some materials, require much more air than others. For example, most natural cellulosic derivatives, such as paper, wood and vegetable matter, theoretically require 70 to 85 standard cubic feet of air per pound of material burned. Common synthetics, however, such as polyethylene, polystyrene or rubber, require approximately 200 standard cubic feet of air per pound of material as theoretical combustion air. As can be seen, the maximum air supply is a fixed quantity on a given incinerator. If the unit can successfully burn 1000 pounds per hour of paper, then it could be expected to burn only a third as much plastic without excessive emission of smoke and other particulate matter from the stack.

The heat of combustion of the material is also an important factor in the incinerator rating. This quantity is normally expressed in BTU per pound and represents the amount of heat liberated in the combustion process. It can be generally said that as the heat of combustion increases, a given incinerator burning rate decreases. For example, if a unit can burn 1000 pounds per hour of Type 1 waste (heat of combustion of 6500 BTU/#), the same unit would probably burn only 530 pounds per hour of rubber with a heat of combustion that ranges from 11,200 to 13,200 BTU/#. It must be remembered, therefore, that the rating or burning capacity of incinerator is meaningless unless it is accompanied by the heat of combustion of the material on which this rating is based. While it is possible to charge or "stuff" an incinerator above its capacity, the incinerator will actually burn waste only at its burning capacity and overcharging will merely extend the hours of operation and increase stack emissions.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

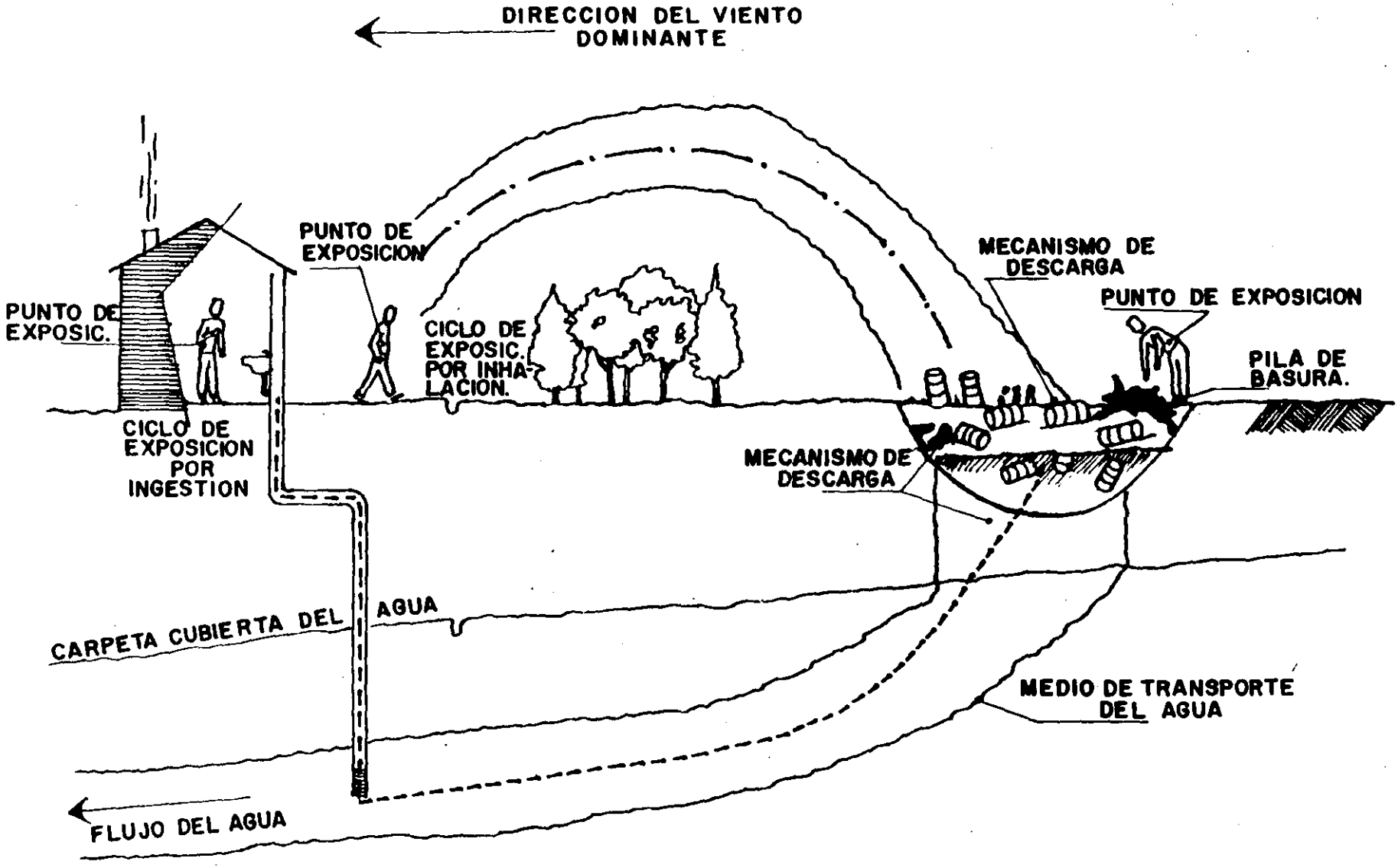
TEMAS : VI, VII, VIII, IX

VI - PREELECCION Y ELECCION DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO
VII - DISEÑO DE RELLENO SANITARIO
VIII GERENCIAMIENTO Y OPERACION DEL RELLENO SANITARIO
IX IMPACTO AMBIENTAL

AUTOR: ING. FULGENCIO AGUILAR

PALACIO DE MINERIA
Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

ILUSTRACION DEL CICLO DE EXPOSICION



2/54

RESTAURACION DE "SITIOS NO AUTORIZADOS"

OBJETIVOS

- LIMPIAR DE RESIDUOS LAS AREAS AFECTADAS
- RESTAURAR HASTA SUS CONDICIONES ORIGINALES, LOS SITIOS CONMINADOS POR RESIDUOS MUNICIPALES.
- DESIGNAR Y NOMBRAR LAS PARTES RESPONSABLES PARA EL PAGO DE LA RESTAURACION.

CRITERIOS

- PROTECCION A LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE.
- EFECTIVIDAD A LARGO PLAZO.
- REDUCCION DE LA TOXICIDAD, MOVILIDAD O VOLUMEN DE LOS RESIDUOS MUNICIPALES.
- EFECTIVIDAD A CORTO PLAZO
- IMPLEMENTACION
- COSTO
- ACEPTACION FEDERAL
- ACEPTACION DE LA COMUNIDAD

INVESTIGACION DE LA SOLUCION CONSISTE EN:

- PLANEACION
- RECOPILACION DE INFORMACION Y CARACTERIZACION DEL SITIO
- IDENTIFICAR LAS POSIBLES RESPUESTAS DE ACCION
- ESTUDIOS DE TRATABILIDAD

- PLANEACION: ACCESO AL SITIO
  - DESARROLLO DE UN EJEMPLO Y ANALISIS DEL PLAN
  - DESARROLLO DEL PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE
  - DESARROLLO DEL PLAN PARA PREPARAR A LA COMUNIDAD
  - COORDINARSE CON OTRAS INSTITUCIONES
  - ALCANCE DE ALTERNATIVAS NO POSIBLES
  - PLAN PARA ESTUDIOS DE TRATABILIDAD

- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION DE CAMPO
  - IDENTIFICAR AREAS CON RESIDUOS ACUMULADOS
  - PRESENCIA DE GASES EN EL AREA
  - IDENTIFICAR LA DISPERSION DEL CONTAMINANTE EN EL SUELO
  - MUESTREO EN EL SUBSUELO
  - IDENTIFICAR LA DISPERSION DEL CONTAMINANTE TANTO HORIZONTAL COMO VERTICAL, ASI COMO SU GRADO DE CONTAMINACION EN EL SUELO.
  - OBTENER INFORMACION SOBRE LOS DIVERSOS TIPOS DE CONTAMINANTES Y SU PROFUNDIDAD EN ESTRATOS PARA EVALUAR LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION.
- MONITOREO
  - CARACTERIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL DE LA DISPERSION DEL CONTAMINANTE EN EL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA.
  - IDENTIFICAR LA DISPERSION DEL CONTAMINANTE TANTO HORIZONTAL COMO VERTICAL PARA EVALUAR LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION.

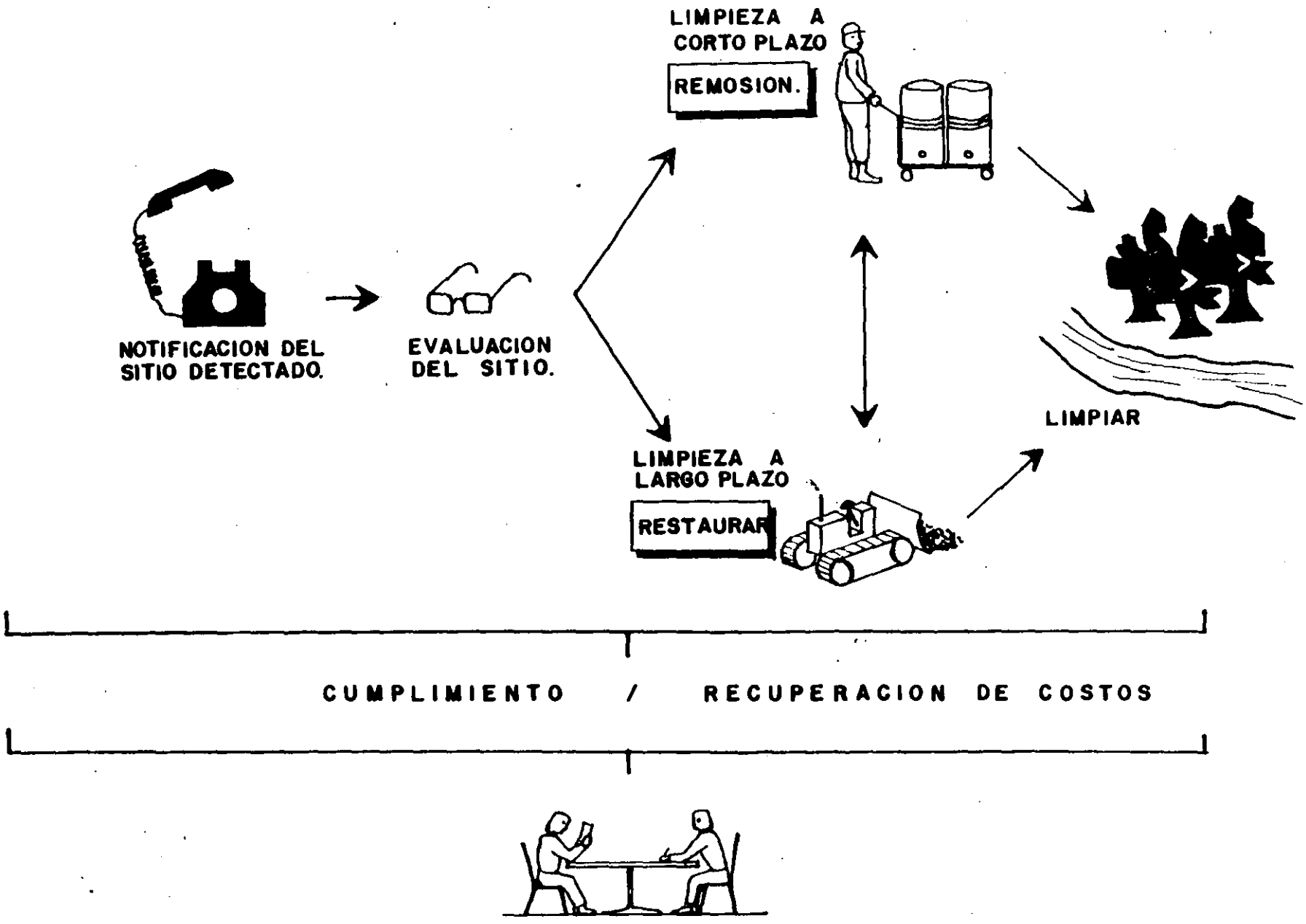
- PRUEBAS DE BOMBEO Y PERMEABILIDAD

  CARACTERIZACION DE LAS AGUAS, DETERMINANDO FLUJOS, BOMBEO Y NIVEL DE TRATAMIENTO REQUERIDO.

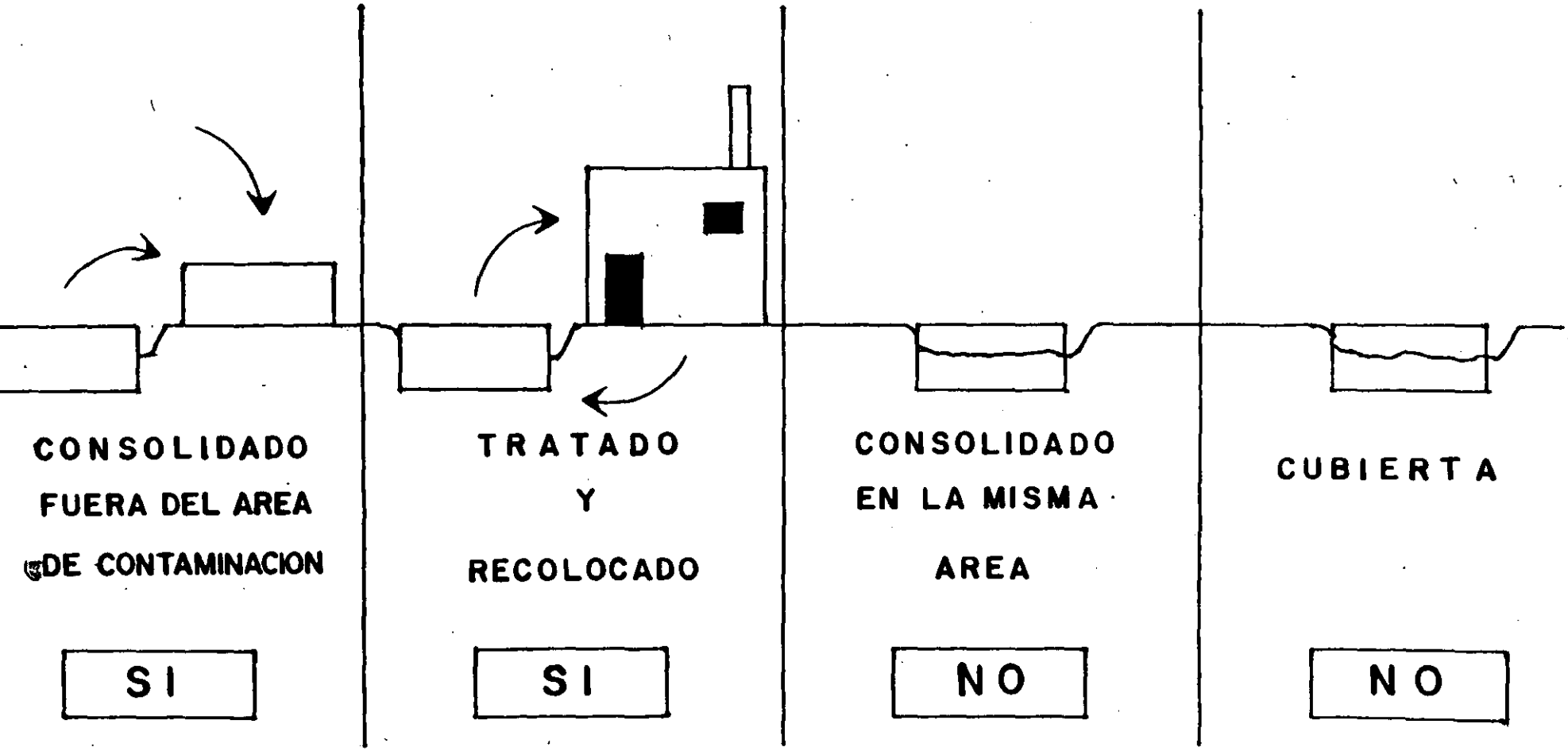
IDENTIFICACION DE LA INFORMACION NECESARIA PARA DETERMINAR LA TECNICA DE RESTAURACION.

INFORMACION REQUERIDA.	AGUAS	AGUAS SUPERF.	LIXIVIADOS.
— CONDICIONES GENERALES DEL SITIO			
· ACCESOS · TOPOGRAFIA · VEGETACION			
— CARACTERISTICAS DEL RESIDUO			
· ESTADO FISICO · COMPOSICION QUIMICA · PRACTICA DE ENTIERRO · PROPIEDADES FISICOQUIMICAS			
— GEOLOGIA DEL SITIO			
· HISTORIA SISMICA · PROFUNDIDAD DE LOS ESTRATOS · TIPO DE ESTRATO · PERFIL DEL ESTRATO · CONFIGURACION ESTRUCTURAL · ESFUERZOS ESTRUCTURALES · POROSIDAD Y PERMEABILIDAD DEL ESTRATO			
— CARACTERISTICAS DEL SUELO			
· PERFILES DEL SUELO · TIPO Y TEXTURA · PERMEABILIDAD Y POROSIDAD · CARACTERISTICAS MECANICAS · INTERCAMBIO IONICO · EROSION · PERFIL DE CONTAMINACION · CONTENIDO DE HUMEDAD			
— CARACTERISTICAS DEL AGUA RESIDUAL			
· NATURALEZA QUIMICA DEL AGUA RESIDUAL · PERFIL ACUIFERO · CARACTERISTICAS DEL ACUIFERO · VELOCIDAD Y DIRECCION DEL FLUJO · AREAS DE CARGA Y DESCARGA DEL AGUA RESIDUAL · PERFIL DE CONTAMINACION · EXISTENCIA DE BUENAS CARACTERISTICAS			
— AGUA SUPERFICIAL			
· PROXIMIDAD Y CERCANIA DE AGUAS SUPERFICIALES			

• PRESENCIA DE ESCURRIMIENTO DE LIXIVIADOS • PERFIL DE LA CORRIENTE • USO DEL AGUA SUPERFICIAL • AREA DE DRENADO Y DESCARGA • CALIDAD LOCAL DEL AGUA SUPERFICIAL • CARACTERISTICAS DE LA CORRIENTE			
— CLIMATOLOGIA			
• PARAMETROS DE EVAPOTRANSPIRACION • VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO • PARAMETROS DE TEMPERATURA • PRECIPITACION • CALIDAD DEL AIRE LOCAL • CALIDAD DEL AIRE REGIONAL			


LIMPIEZA A
CORTO PLAZO
REMOSION.
NOTIFICACION DEL
SITIO DETECTADO.
EVALUACION
DEL SITIO.
LIMPIAR
LIMPIEZA A
LARGO PLAZO
RESTAURAR
CUMPLIMIENTO / RECUPERACION DE COSTOS

DISPOSICION EN EL SITIO ?



8.2 RELLENO SANITARIO

DEFINICION DE RELLENO SANITARIO

LA "AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEER-ASCE", NOS OFRECE UNA BUENA DEFINICION EN LA CUAL SE INDICA LA METODOLOGIA CONSTRUCTIVA BASICA DEL RELLENO SANITARIO:

RELLENO SANITARIO ES UNA TECNICA PARA LA DISPOSICION DE - LA BASURA EN EL SUELO SIN CAUSAR PERJUICIO AL MEDIO AMBIENTE Y SIN CAUSAR MOLESTIA O PELIGRO PARA LA SALUD Y SEGURIDAD PUBLICA, ESTE METODO UTILIZA PRINCIPIOS DE INGENIERIA PARA CONFINAR LA BASURA EN UNA AREA MENOR POSIBLE, REDU - CIENDO SU VOLUMEN AL MINIMO PRACTICABLE Y PARA CUBRIR LA BASURA CON UNA CAPA DE TIERRA CON LA FRECUENCIA NECESARIA POR LO MENOS AL FIN DE CADA JORNADA.

LA EXPRESION DE RELLENO SANITARIO SE EXTIENDE AL SITIO O- TERRENO DONDE SE UBICARA LA OBRA QUE TENDRA QUE REALIZAR- CE PARA EL ESTABLECIMIENTO Y OPERACION DEL RELLENO.
SIENDO EL OBJETIVO GENERAL EL DISPONER EN FORMA SANITARIA Y SEGURA Y AL MENOR COSTO LOS RESIDUOS MUNICIPALES, SE - PUEDE CONSIDERAR COMO OBJETIVOS ESPECIFICOS LA RECUPERACION DE AREAS, CONSTRUCCION DE PARQUES Y JARDINES, RECUPERACION DE BIOGAS DE ACUERDO AL PROYECTO SOLICITADO.

ES NECESARIO CONTAR CON UN PROYECTO EJECUTIVO PORQUE SE - TRATA DE UNA CONSTRUCCION A LARGO PLAZO, DURANTE EL CUAL - SE CAMBIAN LAS PERSONAS Y LAS ENSEÑANZAS NO ESCRITAS SON - FACILMENTE ALTERADAS.

8.2.1 PRESELECCION DEL SITIO PARA EL RELLENO SANITARIO

PRESENTAMOS EN ESTA CLASE LAS BASES CIENTIFICAS Y UNA METODOLOGIA PARA LA INVESTIGACION DE TERRENOS. COMO EJERCICIO DE APRENDIZAJE, CADA PARTICIPANTE ORGANIZARA SU DERROTERO DE INVESTIGACION CON EL RESPECTIVO CRITERIO DE EVALUACION ADECUADO A SU PROPIA CIUDAD.

LAS BASES PARA EVALUAR LOS SITIOS OPCIONALES SON:

- URBANISTICAS
- ECONOMICAS
- SANITARIAS

BASES URBANISTICAS PARA LA EVALUACION DE SITIOS DISPONIBLES

- COMPATIBILIZACION CON EL DESARROLLO URBANO
- COMPATIBILIZACION CON OTROS SISTEMAS URBANOS

COMPATIBILIZACION CON EL DESARROLLO URBANO

EL RELLENO SANITARIO SE LOCALIZARA EN UN AREA PERMITIDA POR LA LEGISLACION TERRITORIAL URBANA, DE PROTECCION AMBIENTAL Y DE PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES. ESTARA DISTANTE SI SON AEROPUERTOS, 3 KM DE AVIONES A CHORRO Y 1.5 KM DE AVIONES A MOTOR.

EL USO FUTURO DEL RELLENO SANITARIO SERA COMPATIBLE CON EL PLAN O CON EL DESARROLLO NATURAL DE LA CIUDAD. EJEMPLO: UN FUTURO "PRODUCTOR DE BIOGAS" DEBERA ESTAR PROXIMO A LOS CONSUMIDORES.

VIAS PAVIMENTADAS EN DIRECCION AL RELLENO SANITARIO DEBEN ESTAR PREVISTAS.

EL PROCEDIMIENTO DEBERA CONCENTRARSE EN SENTIDO DEL RELLENO SANITARIO, NO EN SENTIDO OPUESTO, PARA QUE SE MANTENGA ECONOMICO.

COMPATIBILIZACION CON OTROS SISTEMAS URBANOS

EL RELLENO SANITARIO NO DEBERA TENER OPORTUNIDAD DE CONTAMINAR AGUA DE USO DOMESTICO, EFECTIVO O PREVISIBLE, INDUSTRIAL O AGRICOLA.

ES VENTAJOSA LA PROXIMIDAD A DUCTOS, ESTACION DE TRATAMIENTO O PUNTOS DE DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES, TANTO PARA UN - POSIBLE DESTINO DE EFLUENTES DEL RS COMO PORQUE ES UN ACIERTO EL ESTAR DE ACUERDO EN LA SELECCION DE LUGARES PARA LOS - DOS TIPOS DE EQUIPOS SANITARIOS.

BASES ECONOMICAS PARA EVALUACION DE SITIOS DISPONIBLES:

- ECONOMIA INTERNA DEL RELLENO SANITARIO
- ECONOMIA GLOBAL DEL SISTEMA DE LIMPIEZA
- COSTO DEL TERRENO
- COSTOS Y BENEFICIOS SOCIALES RESULTANTES.

Las condiciones ideales que debe reunir el sitio para utilizarlo como un relleno sanitario son las siguientes:

- Ser de fácil y rápido acceso para los camiones recolectores.
- Permitir su utilización por largo plazo, de preferencia superior a diez años.
- Contar con una topografía tal que permita un mayor volumen aprovechable por hectárea.
- Tener condiciones y características tales, que se protejan los recursos naturales.
- Estar localizado de modo que el relleno sanitario no sea rechazado por la población, debido a molestias por la operación del mismo.
- Ofrecer tierra para cobertura, en cantidad y calidad adecuada, dentro de las cercanías del sitio.
- Tener en regla todo lo relacionado con el uso y tenencia de la tierra.

Rara vez se encuentran en un terreno todas estas condiciones. El técnico debe clasificar los terrenos que reúnan buenas características, analizando sus inconvenientes en función de los recursos técnicos y económicos disponibles para utilizarlos, estableciendo un orden de preferencias para cada sitio.

Es conveniente realizar una preselección considerando tres o más sitios viables para que los técnicos responsables del pro

yecto hagan la evaluación y selección final de uno de ellos; - el tiradero existente deberá estudiarse como un sitio alterna tivo que puede transformarse en relleno sanitario.

La selección del sitio es un proceso que deberá contem--- plar dos aspectos: El técnico y el de tenencia de la tierra.

8.2.2. SELECCION DEL SITIO

8.2.2.1.- Aspectos técnicos para la selección del sitio.

A continuación se enumeran algunos de los aspectos -- técnicos más importantes para la selección del sitio.

.1.- Vida útil del sitio.

El sitio deberá tener una extensión tal que, estimada una rasante de proyecto terminado, se - tenga un volumen que pueda recibir desechos sóli dos, para cuando menos 10 años de operación del relleno sanitario.

Para el cálculo de este volumen se deberá mar en cuenta la proyección futura de la pobla-- ción y el índice de generación.

.2.- Tierra para cobertura.

El relleno sanitario debe ser lo más autosufi ciente en tierra necesaria para su construcción como sea posible.

Si el sitio no contara con tierra suficiente o no se pudiera excavar, deberán investigarse -- bancos de material para cobertura en lugares pró ximos y accesibles tomando en cuenta el costo de transporte.

. .3.- Topografía del sitio.

El relleno puede diseñarse y operarse en -- cualquier tipo de topografía. Sin embargo, es preferible aquella en que se logre un mayor volumen aprovechable por hectárea, como puede -- ser el caso de minas abandonadas a cielo abierto, inicio de cañadas, manglares contaminados y otros.

. .4.- Vías de Acceso.

Las condiciones de tránsito de las vías de acceso al relleno sanitario afectan el costo - global del sistema, retardando los viajes y dañando vehículos; por lo tanto, el sitio debe - estar de preferencia a corta distancia de la - mancha urbana y bien comunicado por carretera, o bien, con un camino de acceso corto no pavimentado, pero transitable en toda época del año.

. .5.- Vientos dominantes.

La ubicación del sitio deberá seleccionarse de tal manera que los vientos dominantes so--- plen en sentido contrario a la mancha urbana - con el fin de evitar posibles malos olores; -- aunque si el relleno sanitario opera correctamente, el factor "viento dominante" puede despreciarse.

.6.- Ubicación del Sitio.

Un relleno sanitario bien operado no causa molestias, sin embargo es preferible ubicar el sitio fuera de la mancha urbana, previendo que al final de la vida útil del relleno, éste se pueda usar como área verde.

Se recomienda que el sitio para el relleno sanitario esté cercano a la mancha urbana (3 kilómetros mínimo y 12 kilómetros máximo) ya que se reducen los costos de transporte y se asegura que los problemas operativos (ruido, tránsito, etc.) no afectarán a la misma.

.7.- Geología.

Un contaminante puede penetrar al suelo y llegar al acuífero, contaminándolo y haciéndolo su vehículo, por lo tanto es muy importante conocer el tipo de suelo (estratigrafía) del sitio para el relleno sanitario.

Los suelos sedimentarios con características areno-arcillosas son los más recomendables ya que son suelos poco permeables, por lo cual la infiltración de líquido contaminante se reduce sustancialmente.

Por otra parte, este tipo de suelo es suficientemente manejable como para realizar excavaciones, cortes y usarlo como material de cubierta.

.8.- Geohidrología.

Uno de los factores básicos para la selección del sitio es el de evitar que pueda haber alguna contaminación de los acuíferos.

Por eso es muy importante realizar un estudio geohidrológico para conocer la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea, así como la dirección y velocidad del escurrimiento o flujo de la misma.

Se deben solicitar datos geohidrológicos de la región a la dependencia correspondiente (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos) con lo cual es factible que no sea necesario realizar el estudio.

La decisión de realizar o no el estudio la deberá dar un técnico especialista en la materia.

.9.- Hidrología Superficial.

Una parte de los problemas de operación causados por la disposición de desechos sólidos son consecuencia de una deficiente captación de agua de escurrimiento; partiendo de esa base es muy importante que el sitio seleccionado esté lo más lejos posible de corrientes superficiales y cuerpos receptores de agua, y cuente con una adecuada red de drenaje pluvial para evitar escurrimientos dentro del relleno sanitario.

.2.- Tenencia de la tierra.

En cualquier hipótesis, un proyecto de relleno sanitario deberá iniciarse solamente cuando la entidad responsable del relleno (Municipio), tenga en sus manos el documento legal que la autorice a construir sobre el terreno el relleno sanitario con todas las obras complementarias, estipulando también el período y la utilización futura u opciones.

Es muy usual que el Municipio obtenga, de particulares, el arrendamiento del terreno para el relleno sanitario. En caso de que esto suceda será necesario siempre contar con un convenio o contrato firmado y debidamente legalizado por ambas partes.

Cuando el terreno sea propiedad del Municipio, éste deberá quedar debidamente registrado en el catastro de la propiedad, señalando que será de uso restringido.

.3.- Factores de evaluación para la selección del Sitio.

Las tablas 2.1 y 2.2 se incluyen con el fin de presentar un criterio práctico y sencillo para evaluar, por medio calificativo, a los diferentes sitios viables que se presentan en la selección del sitio para un relleno sanitario.

.3.1.- Descripción de las tablas.

En la tabla 2.1 se presentan los factores que se deben considerar para evaluar la selección del sitio.

En la tabla 2.2 se considera un cierto valor a cada uno de los conceptos que influyen en la selección. Este valor se ha determinado de acuerdo a la importancia que tiene cada uno de ellos y se les ha asignado una cantidad en la columna de valores. En las columnas de opciones aparecen los siguientes conceptos:

EXCELENTE	1.00
BUENA	0.85
REGULAR	0.70

Al multiplicar cada concepto por su columna de valores correspondiente se tendrá un resultado; el sitio que tenga la suma más alta de estos resultados, será la mejor opción para el relleno sanitario.

T A B L A . 1

FACTORES DE EVALUACION PARA LA SELECCION DEL SITIO

CONCEPTOS QUE INFLUYEN EN LA SELECCION DEL SITIO	O P C I O N E S		
	EXCELENTE	BUENA	REGULAR
Vida útil	mayor de 10 años	5 a 10 años	menor de 5 años
Tierra para cobertura	autosuficiente	acarrero cercano.	acarreo lejano
Topografía	minas a cielo abierto abandonadas.	comienzo de cañadas, manglares contaminados.	otros
Vías de acceso	cercanas y pavimentadas.	cercanas, transitables.	lejanas y transitables.
Vientos dominantes	en sentido contrario de la mancha urbana.	en ambos sentidos de la mancha urbana.	en sentido de la mancha urbana.
Ubicación del sitio	de 3 a 12 Km de la mancha urbana.	entre 1 y 3 Km de la mancha urbana.	menor de 1 Km y mayor de 12 Km de la mancha urbana.
Geología	impermeables.	semi impermeables.	permeables.
Geohidrología	más de 30 m de prof. (manto acuífero).	entre 10 y 30 m de profundidad.	menor de 10 m de profundidad.
Hidrología superficial	no hay corrientes superficiales.	lejano de corrientes superficiales.	cerca de corrientes superficiales.
Tenencia de la tierra	terreno propio	terreno rentado a largo plazo.	terreno rentado a corto plazo.

T A B L A . 2

TABLA DE VALORES PARA LA SELECCION DE UN SITIO

CONCEPTOS QUE INFLUYEN EN LA SELECCION DEL -- SITIO	VALORES	O P C I O N E S EXCELENTE 1.00	BUENA 0.85	REGULAR 0.70
Vida útil	1.000	1.000	0.850	0.700
Tierra para cobertura	0.700	0.700	0.595	0.490
Topografía	0.200	0.200	0.170	0.140
Vías de acceso	0.250	0.250	0.212	0.175
Vientos dominantes	0.050	0.050	0.042	0.035
Ubicación del sitio	0.400	0.400	0.340	0.280
Geología	0.400	0.400	0.340	0.280
Geohidrología	0.400	0.400	0.340	0.280
Hidrología superficial	0.300	0.300	.255	0.210
Tenencia de la tierra	0.700	0.700	0.595	0.490
T o t a l	4.400	4.400	3.739	3.080

8.2.3 ESTUDIOS ESPECIFICOS

EL ESTUDIO GEOFISICO

: CONSISTE EN EFECTUAR

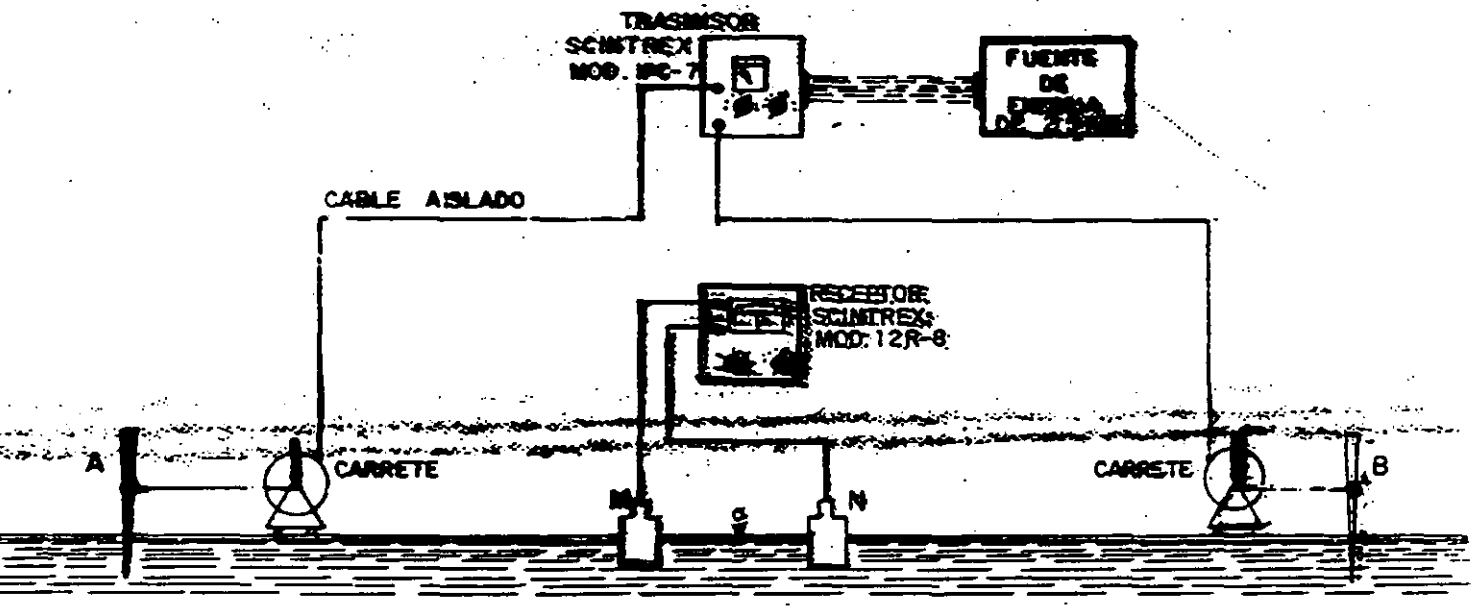
SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (S E V), DE RESISTIVIDAD ELECTRICA (TIPO SCHLUMBERGER) EN EL AREA DE ESTUDIO.

ESTOS SONDEOS CONSISTEN EN INTRODUCIR UNA CORRIENTE ELECTRICA I, AL SUELO UTILIZANDO DOS ELECTRODOS DE CORRIENTE, A Y B COLOCADOS A UNA DISTANCIA AB.

EN EL CENTRO DE ESTOS ELECTRODOS, LA CAIDA DE POTENCIAL ESTA MEDIDA ENTRE DOS ELECTRODOS DE POTENCIAL M Y N, COLOCADOS A UNA DISTANCIA MN.

EL ARREGLO DE ELECTRODOS TIPO SCHLUMBERGER, EN DONDE SE EFECTUAN UNA SERIE DE LECTURAS DE DIFERENTES APERTURAS DE LOS ELECTRODOS DE CORRIENTE (A B), MANTENIENDO CONSTANTE LOS ELECTRODOS DE POTENCIAL. (MN)

EQUIPO DE RESISTIVIDAD DE CORRIENTE CONTINUA Y ARREGLO ELECTRODICO TIPO SCHLUMBERGER.



A y B ELECTRODOS DE CORRIENTE.

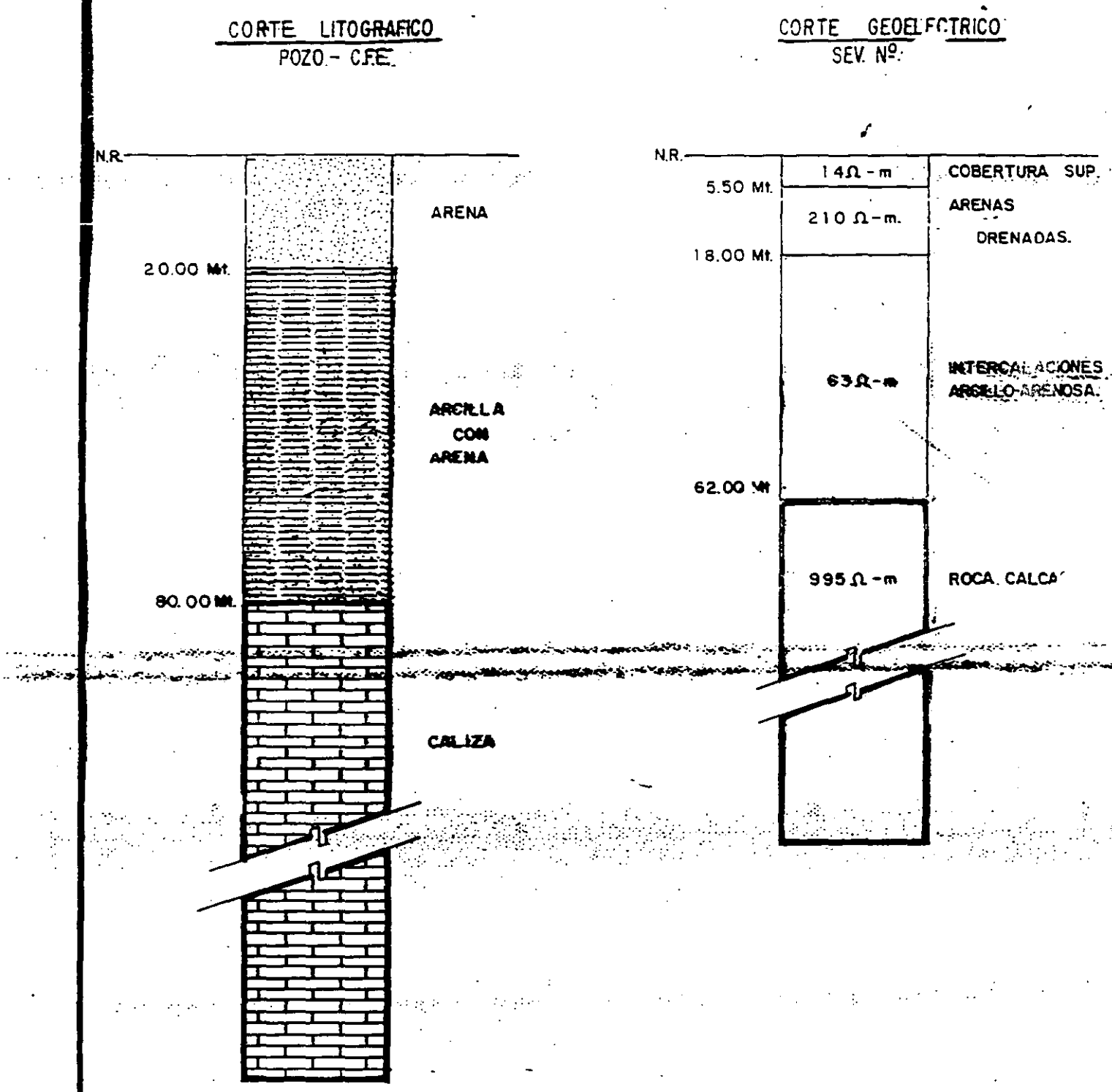
M y N ELECTRODOS DE POTENCIAL.

O PUNTO DE INVESTIGACION

$AB/5 \geq MN$

$K = \pi \times \frac{AM \times AN}{MN}$

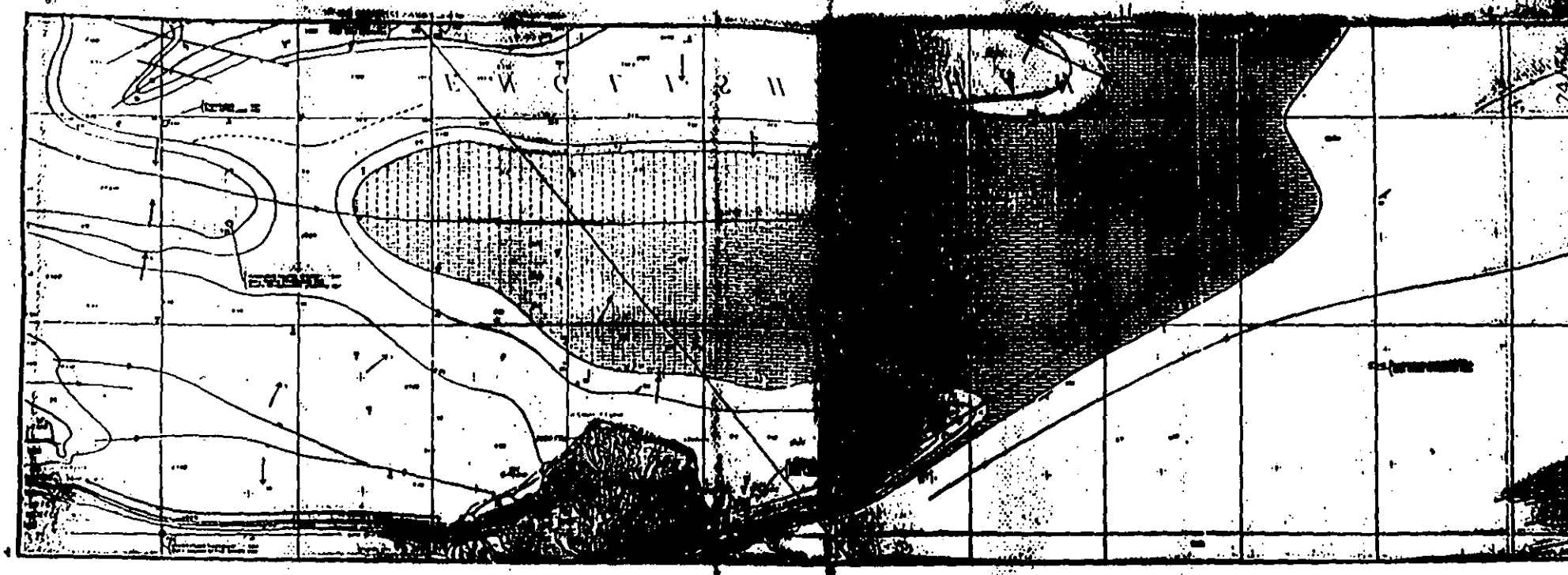
SONDEO DE CALIBRACION

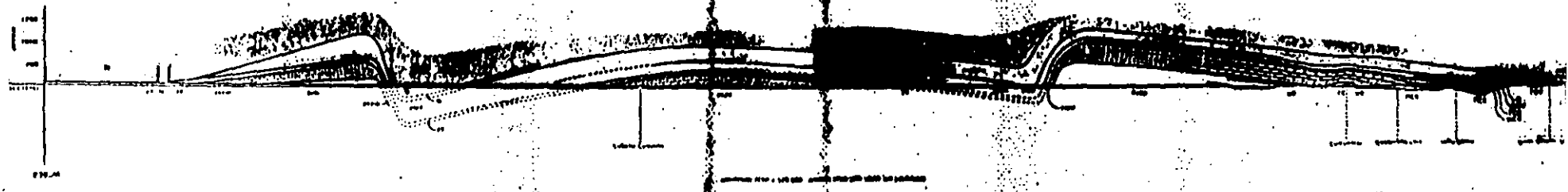


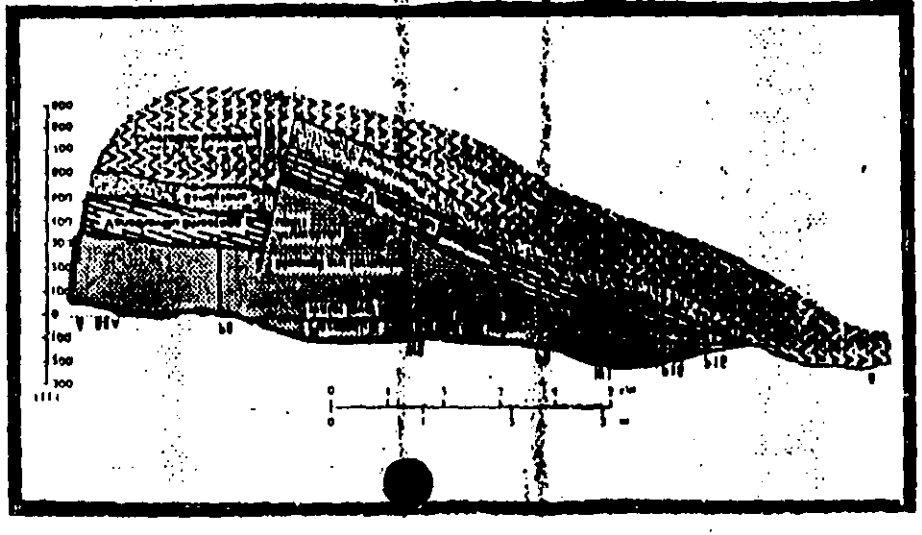
NOTAS:

1.- ESCALA VERTICAL 1:1,000

2.- N.R. (NIVEL DE REFERENCIA.)







(a) IRRIGATION

(c) INFILTRATION-PERCOLATION

8.2.3.2.- .- GEOHIDROLOGIA

.1.- Antecedentes.

Es muy importante contar con un estudio geohidrológico con el fin de verificar datos previos y proveer información detallada para el diseño.

El primer requerimiento básico es un conocimiento más profundo de los suelos y la geología, que es realizada en la selección del sitio. Un buen geólogo (preferentemente con conocimientos de hidrología subterránea), debe ser contratado para examinar el sitio, elaborar un programa de pozos de monitoreo y obtener la información detallada sobre las condiciones geológicas del lugar.

Con la información resultante del estudio se podrán conocer aspectos importantes para el diseño del relleno sanitario como lo es el flujo de agua subterránea, ya que puede sufrir efectos en su calidad por el probable lixiviado que se pudiera generar en el relleno; la posibilidad de contaminar agua susceptible de ser aprovechada o que ya es usada para abastecimiento de agua potable representa altos costos que deben evaluarse.

.2.- Objetivo principal.

El objetivo principal del estudio geohidrológico es la localización de los mantos acuíferos, así como su gasto de escurrimiento, velocidad, dirección de movimiento y los cortes estratigráficos de los suelos, de tal manera que se cuente con información acerca de la disponibilidad de tierra para cobertura y sus características geológicas, las cuales nos ayudarán a conocer el volumen disponible de material de cubierta y la línea de máxima

excavación en la operación del relleno sanitario.

En algunas ocasiones las limitaciones económicas de los municipios impiden llevar a cabo un estudio geohidrológico completo realizado por especialistas.

Cuando sea posible se deben de realizar los siguientes trabajos como mínimo.

.2.1.- Pozos a cielo abierto y sondeos.

Se deberán realizar sondeos hasta una profundidad de 20 m ó menos, si se encuentra un material impermeable; o bien con pozos a cielo abierto y mayores de 6 m de profundidad cuando las condiciones lo permitan. El mínimo será cuando se encuentre un estrato impermeable; de estos sondeos y pozos podremos conocer la estratigrafía del suelo y se obtendrá una idea bastante aproximada de las condiciones del sitio como son profundidad del acuífero, permeabilidad y tipo de material (Fig. .1).

Los pozos deberán cumplir con lo que se establece en la tabla No. 3.1, en la cual se indica, según el área disponible, el número y la configuración de los pozos a excavar.

La localización de los sondeos, se deberá presentar en un plano general del sitio, indicando las características generales de cada uno de ellos, como son: profundidad, equipo empleado, tipo de terreno, etc. Dicho plano deberá incluir sus notas y simbologías correspondientes, así como un croquis de localización del sitio; en el mi plano se deberán incluir los perfiles estratigrá-

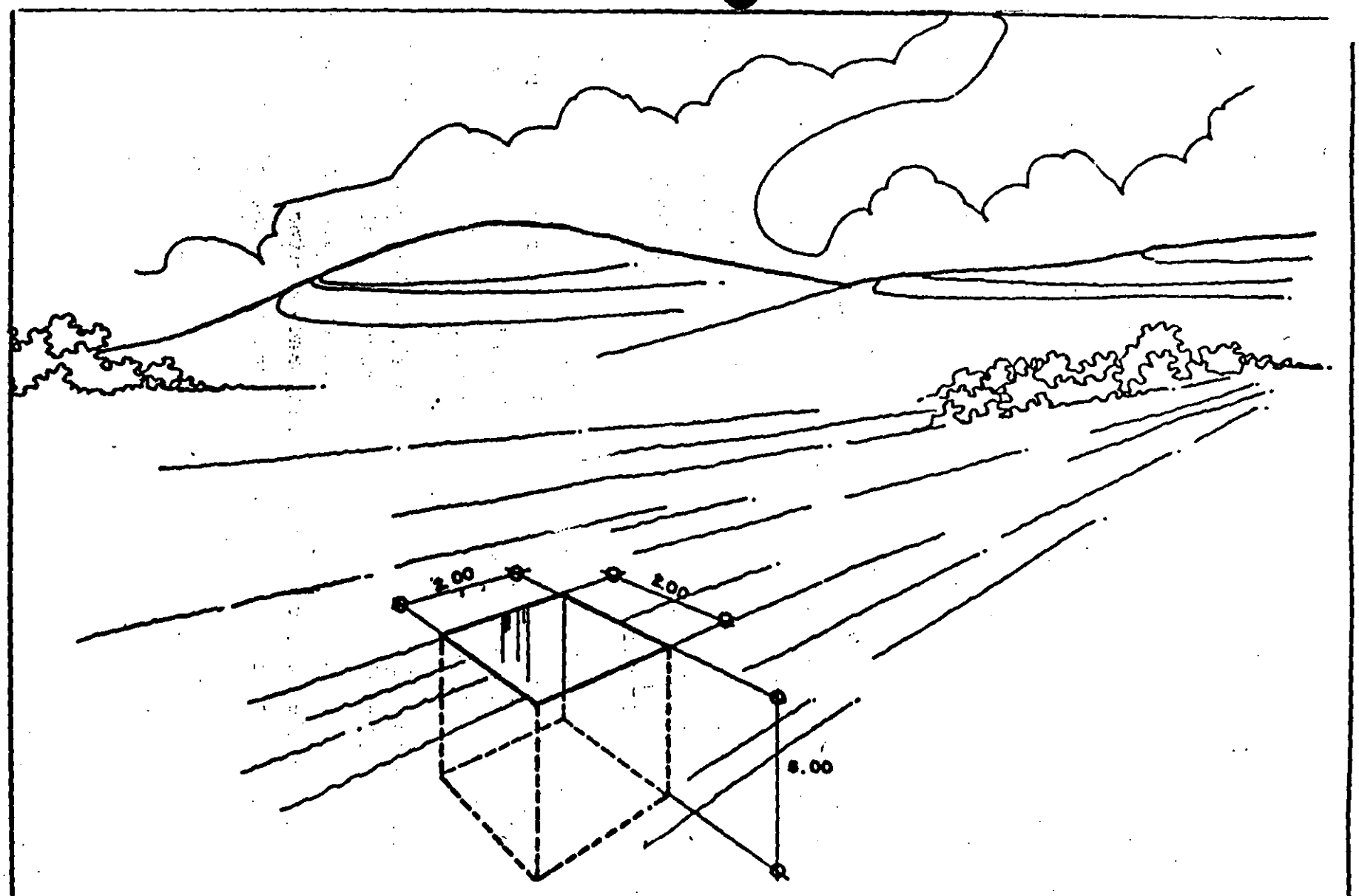
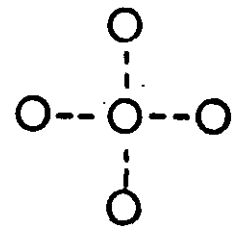
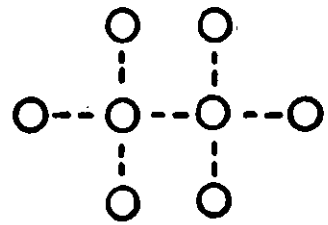
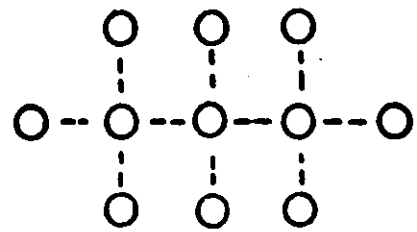


FIG. .I POZOS PARA MUESTREOS GEOFISICOS

TABLA 21 REQUERIMIENTO DE POZOS DE INVESTIGACION

AREA DEL SITIO (Has)	NUMERO APROXIMADO	DISTRIBUCION GENERAL
HASTA 5	3	
5 - 20	5-6	
20 - 40	8-9	
MAS DE 40	11- 15	

FUENTE: NOBLE GEORGE, "SANITARY LANAFILL DESING BOOK"

TABLA 21-

ficos resultado del estudio en cuestión, así como su trazo en la planta general del sitio, especificando los horizontes de suelos, así como el tipo de clasificación y características generales de ellos, obtenidos en laboratorio.

2.- Datos existentes.

En este punto se deberá investigar en las cercanías, las norias o pozos profundos, o con las autoridades hidráulicas del lugar, el nivel de aguas freáticas, de tal manera que se tenga una información lo más aproximada al sitio en cuestión; pero si existe alguna duda importante, será necesario llevar a cabo un estudio geohidrológico o seleccionar otro sitio para el relleno sanitario.

Generalmente esta información la tiene la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, ya que esta dependencia ha realizado este tipo de estudios por toda la República Mexicana.

.- Ciclo Hidrológico.

Sin duda los procesos que componen el ciclo hidrológico (fig. 3.2), juegan un papel muy importante en el diseño y operación de un relleno sanitario; a continuación se describen estos procesos y su influencia en el diseño y operación de un relleno sanitario.

.1.- Precipitación Pluvial.

La precipitación pluvial tiene influencia

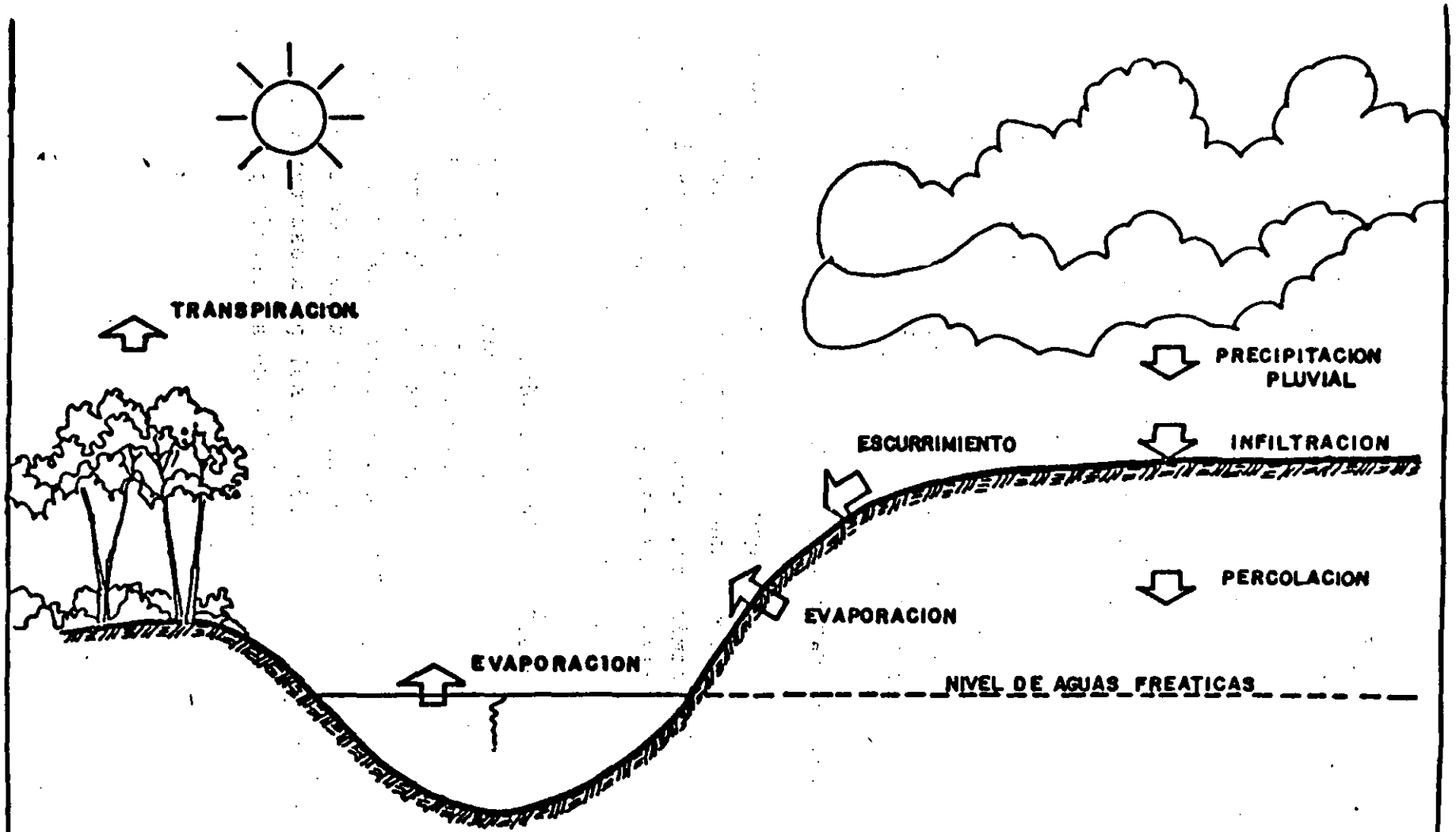


FIG. 3.2. CICLO HIDROLOGICO

en el diseño del relleno, ya que el conocimiento de ésta, en el sitio seleccionado, será importante para el diseño de los drenajes, el cálculo de volumen de lixiviados que se generará potencialmente, el cálculo de agua de escurrimiento superficial y finalmente ayuda al diseño de las áreas de trabajo en la operación del relleno sanitario. En lo que respecta a la operación del relleno en tiempo de lluvias, puede hacer que el material de cubierta sea más difícil de esparcir y de compactar. Otro problema, es la dificultad en un momento dado que pueda ocasionar el tránsito de vehículos en los caminos de terracería dentro del sitio.

2.- Evapotranspiración.

Del agua que es precipitada sobre la tierra, una gran cantidad es regresada a la atmósfera, como vapor, a través de la acción combinada de la evaporación y la transpiración.

2.1.- Evaporación.

La evaporación es el proceso por el cual las moléculas de agua en la superficie de ésta o humedad del suelo adquieren suficiente energía a través de la radiación del sol para escapar del estado líquido al estado gaseoso.

.2.- La transpiración es el proceso por el cual las plantas pierden agua hacia la atmósfera. En muchas regiones es imposible medir separadamente la evaporación de la transpiración, por lo que en la actualidad se le ha dado por llamarlos evapotranspiración.

El proceso de la evapotranspiración interviene también en el cálculo de lixiviado y en los cálculos de evaporación de los mismos, lo cual será tratado en su capítulo correspondiente.

8.2.3.3.- MECANICA DE SUELOS.

1.- Muestreo.

El muestreo consiste en excavar pozos a cielo abierto con profundidad máxima de dos metros; en caso de que se hayan realizado sondeos geofísicos, éstos se utilizarán para el muestreo de mecánica de suelos. El ancho de estos pozos será el suficiente para que una persona pueda introducirse a sacar muestras (entre 0.8 a 1.5 m). Existen dos tipos de muestreo que son el alterado y el inalterado. A continuación se describe cada uno de ellos.

1.- Muestras Alteradas.

Se toma una muestra integrada en forma alterada, de cada uno de los pozos a cielo abierto, éstos se harán en cantidad de uno por hectárea, tomándose el sitio más representativo para cada uno de ellos.

El procedimiento para la extracción de muestras alteradas es el siguiente:

Una vez excavado el pozo, se procede a abrir una ranura vertical de sección uniforme de 20 cm de profundidad y que llegue al fondo del mismo.

El material obtenido se coloca en un bote de lámina que debe estar debidamente identificado con los siguientes datos: banco, fecha,

pozo y profundidad.

2.- Muestras Inalteradas.

Se debe tomar cuando menos una muestra inalterada del sitio por capas, cuyo punto de localización siempre es el centro del terreno elegido para el relleno sanitario.

Las muestras inalteradas, deben conservar las condiciones del suelo en su estado natural, por lo que su obtención, empaque y transporte requieren de cuidados especiales.

El procedimiento para la obtención, empaque y transporte de estas muestras es el siguiente:

- Se debe limpiar y nivelar el terreno.
- Se introduce un tubo muestreador hasta donde la resistencia del terreno lo permita.
- Se excava alrededor del tubo muestreador para evitar la fricción de la cara exterior del tubo.

- Se introduce el tubo hasta los primeros 25 cm u horizonte de suelo que se trabaje.
- Se recorta la muestra de suelo por su base y se enrasa al tamaño del tubo.
- Se protegen las bases de la muestra con vendas de manta impregnadas con parafina y brea.
- Se empaca la muestra en un cajón de madera con aserrín, papel o paja.
- Por último se identifica cada una de las muestras.

3.- Análisis de laboratorio.

Una vez que se tengan las muestras en laboratorio se procede a realizar los siguientes análisis:

- Contenido orgánico total.
- Granulometría.
- Capacidad de intercambio catiónico.
- Límites de consistencia.
- pH.
- Clasificación de suelos.
- Porosidad.
- Humedad.
- Peso volumétrico.
- Permeabilidad.
- Capacidad de carga.
- Compactación-Proctor Estándar (*)
- Compresión triaxial (*).

(*) Solo cuando SEDUE lo considere pertinente.

Los resultados de estos estudios deben presentarse en un anexo respaldados, incluso, con planos donde se ubiquen los sitios de muestreo, así como las características e información general de los muestreos realizados, complementados con la simbología, claves y notas usuales para este tipo de estudios.

.- Parámetros.

A continuación se indican algunos de los parámetros más usuales:

.1.- Porosidad.

La porosidad se expresa como:

$$\text{Porosidad} = \frac{(\text{Vol. total}) - (\text{Vol.Sólidos})\ (100)}{\text{Vol. Total}}$$

La porosidad en los suelos puede variar como se indica en la siguiente tabla:

TABLA .1.- POROSIDAD EN ALGUNOS SUELOS.

Material	Porciento (%)
Arenas y gravas	35 - 50
Arenas apisonadas	25 - 30
Pizarras y arcillas pizarrosas	0.5 - 8
Arcillas	44 - 47
Tierras vegetales	37 - 65

2.- Coeficiente de Permeabilidad.

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$K = Q/A(\Delta h/\Delta l)$$

donde:

K es el coeficiente de permeabilidad, en cm/seg

Q es el caudal o flujo, en cm^3/seg

A es el área, en cm^2

$\Delta h/\Delta l$ es la pendiente hidráulica, en milésimas

El coeficiente de permeabilidad (K) para diferentes tipos de suelos, varía como se indica a continuación:

TABLA .2.- COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD "K"

MATERIAL	K (cm/seg)
GRAVA LIMPIA	10^2 - 10^0
ARENAS LIMPIAS ARENAS LIMPIAS Y MEZCLAS DE GRAVA	10^0 - 10^{-3}
SUELOS IMPERMEABLES MODIFICADOS POR LOS EFECTOS DE LA VEGETACION E INTEMPERIZACION	10^{-2} - 10^{-7}
ARENAS MUY FINAS, LIMOS ORGANICOS E INORGANICOS, MEZCLAS DE ARENA, LIMO Y ARCILLA MORENO GLACIAL, DEPOSITOS ESTRATIFICADOS DE ARCILLA, ETC.	10^{-3} - 10^{-7}
SUELOS IMPERMEABLES, ARCILLAS HOMOGENEAS BAJO LA ZONA DE INTEMPERIZACION	10^{-7} - 10^9

.3.- Pruebas de Permeabilidad.

Las pruebas de permeabilidad se clasifican como sigue:

.1.- En el campo.

- Pozos de absorción.
- Pozos de filtración.
- Pozos en material homogéneo.

2.- En el laboratorio.

- Permeámetro de carga constante.
- Permeámetro de carga variable.
- Permeámetro de capilaridad horizontal.

- Descripción de Pruebas en el Campo.

.1.- Pozos de Absorción.

- Se excavan pozos de 20 x 30 x 30 cm, en lugares representativos.
- Estos pozos se espacían 50 m ó bien, se perforan cuatro en cada hectárea.
- Se raspa el fondo y las paredes para eliminar superficies sucias o grasosas.
- Cada pozo se llena con agua unas tres veces antes de tomar las lecturas, para saturar el terreno circundante. Se puede dejar

el agua toda una noche, con el mismo objeto, después de lo cual se vuelve a llenar con agua el pozo.

- Se determina el tiempo de infiltración como indicio de la permeabilidad. Esta prueba es representativa de una capa de material de un metro.
- Si el descenso total del agua se realiza en menos de una hora, se puede decir que el terreno es permeable e inadecuado. Si el agua tarda más de una hora en infiltrarse totalmente, el terreno puede ser bueno.
- Un manto es prácticamente impermeable si el agua tarda más de 24 horas en ser absorbida completamente.
- A partir del tiempo de infiltración se calcula el volumen de infiltración, en m^3/m^2.

.2.- Pozos de Filtración.

Se excavan dos pozos a una distancia de un metro, se llenan de agua y así se mantienen con una diferencia de nivel de un metro. La permeabilidad en este caso se calcula por medio de redes de flujo.

.3.- Pozos en Material Homogéneo.

Utilizando la fórmula de THIEMES se puede obtener el coeficiente de permeabilidad, cuando el material es homogéneo, excavando tres pozos e instalando en uno de ellos un equipo de bombeo y midiendo el abatimiento del nivel freático en los otros.

INTERCAMBIO IONICO

ES LA CAPACIDAD DE LOS ELEMENTOS DEL SUELO PARA INTERCAMBIAR IONES, LO QUE DA COMO RESULTADO QUE ALGUNOS ELEMENTOS CONTENIDOS EN EL AGUA QUE SE INFILTRA SE UNA A LAS PARTICULAS DEL SUELO POR MEDIO DE CARGAS ELECTRICAS.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO IONICO

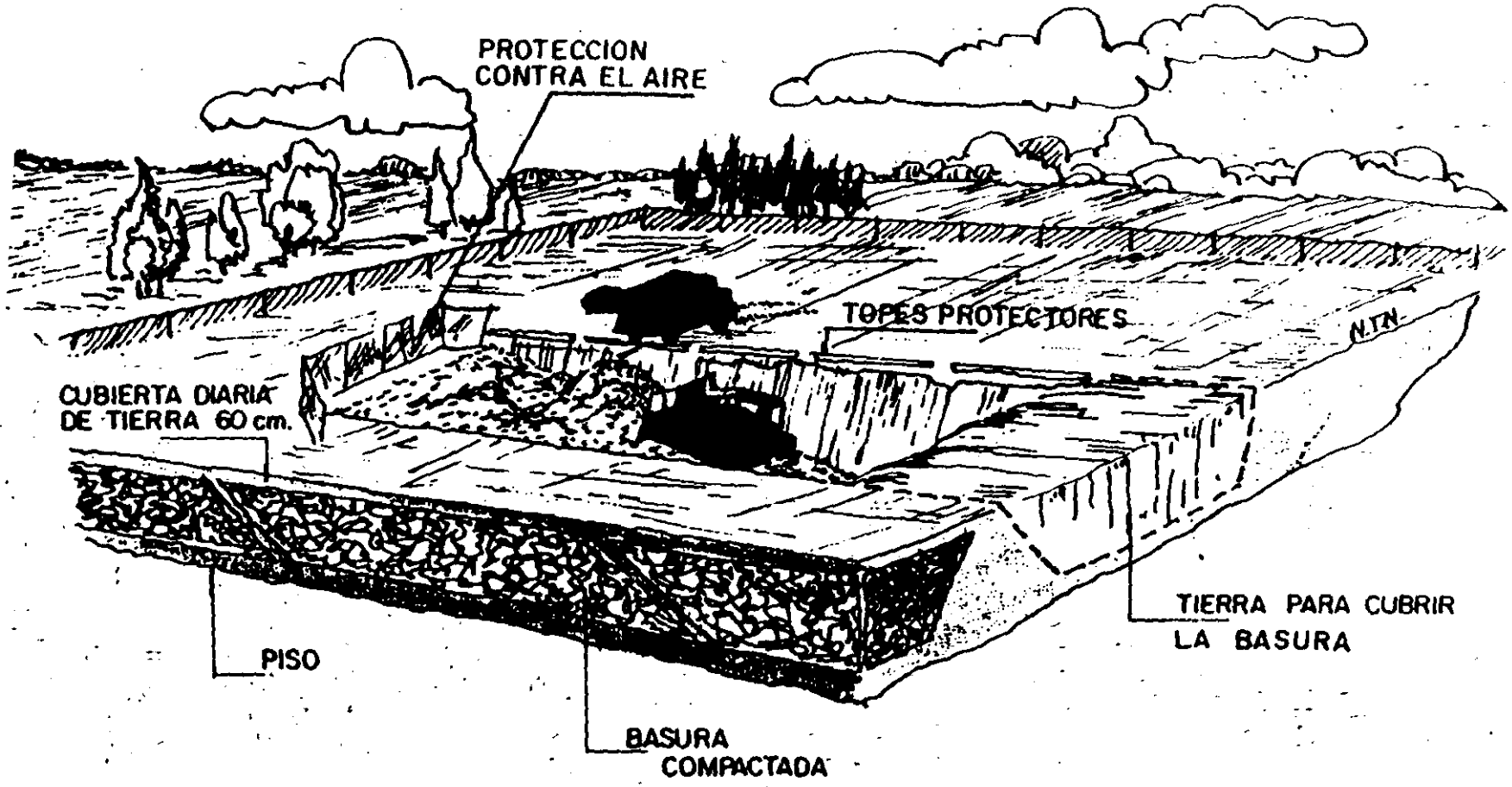
A LA SUMA DE TODOS LOS CATIONES INTERCAMBIABLES ABSORVIDOS POR 100 GRAMOS DE SUELO, CUANDO ESTA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO ES COMPLETAMENTE UTILIZADO.

(MEQ / 100 G DE SUELO)

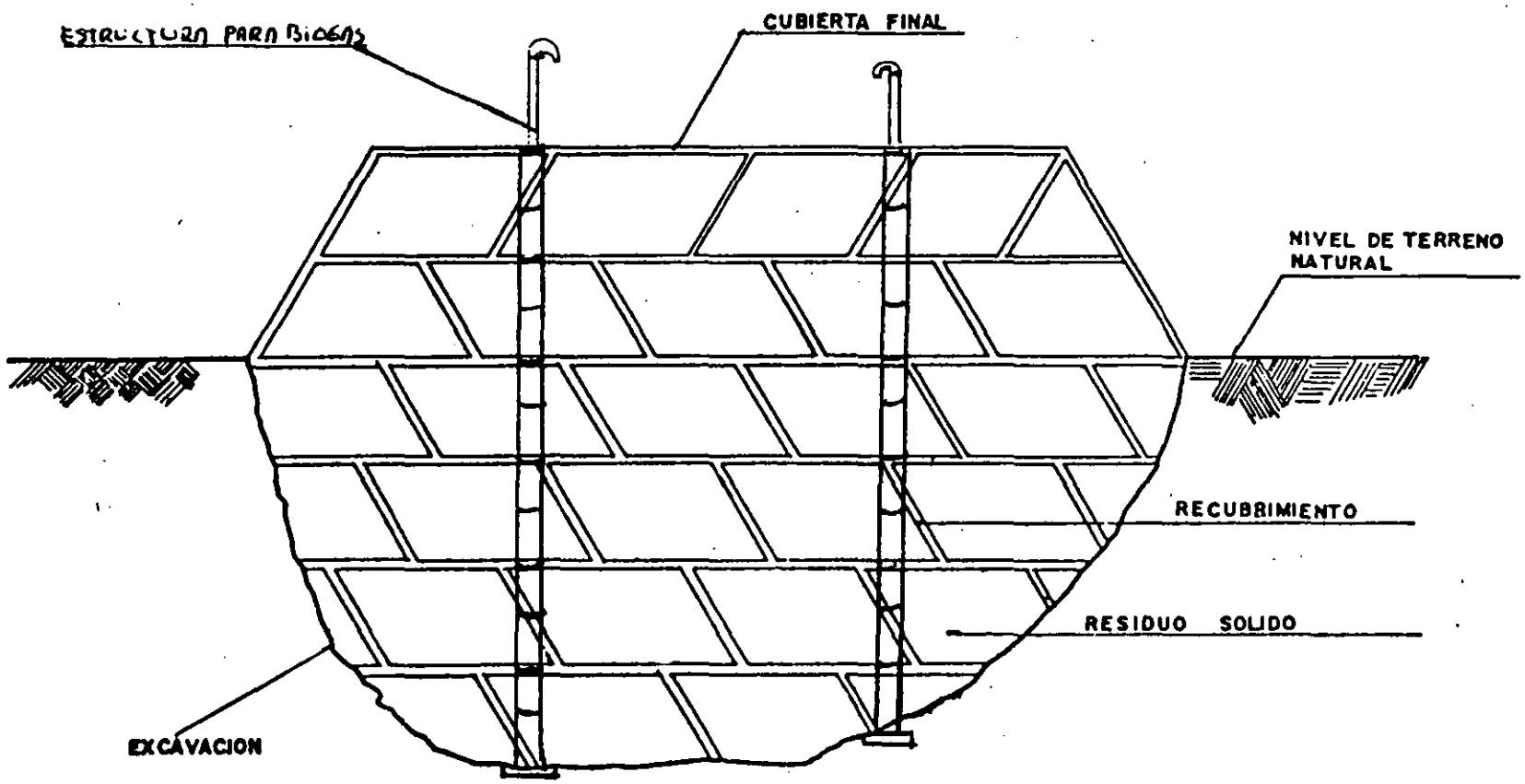
INTERCAMBIO CATIONICO

GRAN POTENCIAL DE RETENCION DE LOS CONTAMINANTES DEL LIXIVIADO POR EL SUELO.

CAPACIDAD INTERCAMBIO CATIONICO				CAPACIDAD DE INTERCAMBIO DE ANIONES
MATERIAL	PERMANENTE	VARIABLE	TOTAL	
MONTMORILONITA	112	6	118	1
VERMICOLITA	85	0	85	0
ILITA	11	8	19	3
HALOISITA	6	12	18	15
CAOLINITA	1	3	4	2
GIBSITA	0	5	5	5
GOETITA	0	4	4	4
TURBA	38	98	136	6



METODO DE TRINCHERA



METODO COMBINADO FIG.

3.- Métodos Combinados.

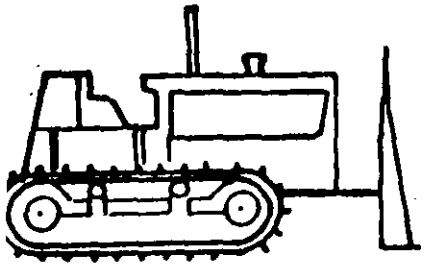
En algunos casos cuando las condiciones geohidrológicas, topográficas y físicas del sitio elegido para llevar a cabo el relleno sanitario son apropiadas, se pueden combinar los dos métodos anteriores, por ejemplo, se inicia con el método de trinchera y posteriormente se continúa con el método de área en la parte superior (fig. 1.3).

Otra variación del método combinado, consiste en iniciar con un método de área, excavado el material de cubierta de la base de la rampa, formándose una trinchera, la cual servirá también para ser rellenada.

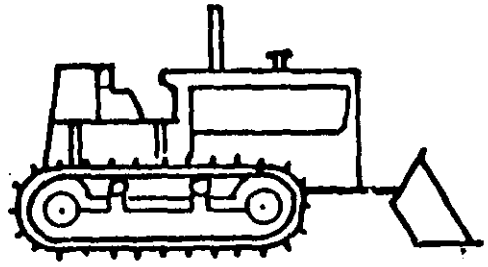
Los métodos combinados son considerados los más eficientes ya que permiten ahorrar el transporte del material de cubierta (siempre y cuando exista éste en el sitio) y aumentan la vida útil del sitio.

TABLA No.

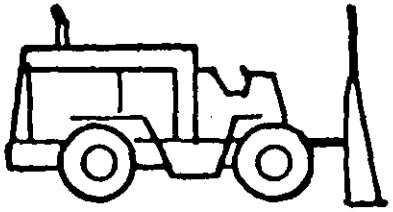
COMPARACION DE EQUIPOS PARA EL RELLENO SANITARIO



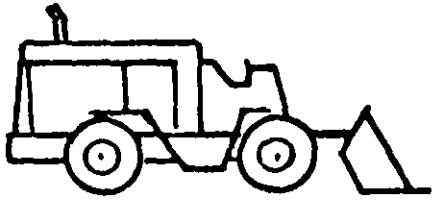
BULLDOZER DE ORUGA



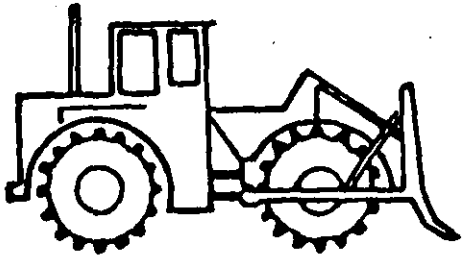
BULLDOZER DE ORUGA CON CUCHARON



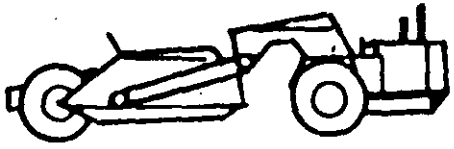
BULLDOZER DE RUEDAS NEUMATICAS



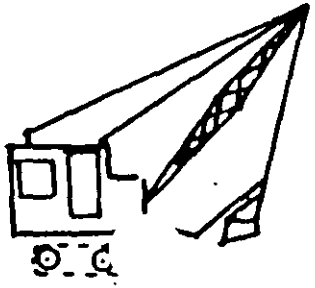
BULLDOZER DE RUEDAS NEUMATICAS CON CUCHARON



COMPACTADOR DE RUEDAS DENTADAS



MOTOCONFORMADORA



DRAGADORA

DESECHOS SOLIDOS		MATERIAL DE CUBIERTA			
ESPARCIR	COMPACTAR	EXCAVAR	ESPARCIR	COMPACTAR	ACARREAR
E	B	E	E	B	NA
B	B	E	B	B	NA
E	B	R	E	B	NA
B	B	R	B	B	NA
E	E	P	E	E	NA
NA	NA	B	E	NA	E
NA	NA	E	R	NA	NA

E: excelente B: bueno R: regular
P: pobre NA: no es aplicable

ADECUACION DE LOS TIPOS GENERALES DE SUELO COMO MATERIAL DE CUBIERT

FUNCION	GRAVA	GRAVA ARCILLA Y LIMO	ARENA	ARENA ARCILLA Y LIMO	LIMO	ARCILI
Previene a los roedores de albergar o escavar.	B	R - B	B	P	P	P
Evita la salida de moscas.	P	R	P	B	B	E
Reduce la entrada de Humedad al Relleno.	P	R - B	P	B - E	B - E	E
Reduce el movimiento de Gas ventilado a través del material de cubierta.	P	R - B	P	B - E	B - E	E
Proporciona aspecto agradable y control de papeles volantes.	E	E	E	E	E	E
Crecimiento de vegetación.	P	B	P - R	E	B - E	R - B
Ser permeable para ventilar gases de Descomposición.	E	P	B	P	P	P

E Excelente.
B Bueno.
R Regular.
P Pobre.

METODOS DE PROYECCION DE POBLACION Y SUS ECUACIONES.

M E T O D O	ECUACION BASICA	DEFINICION DE TERMINOS.	EVALUACION DE CONSTANTES.
ARITMETICO	$\frac{dP}{dt} = K_a$	P = Población. t = Tiempo. K_a = Constante de crecimiento.	$K_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$ $P = P_2 + K_a \Delta t$
GEOMETRICO	$\frac{dP}{dt} = K_g P$	K_g = Constante de crecimiento. ln = Log. natural.	$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$ $\ln P = \ln P_2 + K_g \Delta t$
INCREMENTOS DE TASA DECRECIENTE	$\frac{dP}{dt} = K_d (S-P)$	S = Población de Saturación. K_d = Constante. e = Base de log. naturales.	$K_d = \frac{-\ln \frac{S-P_2}{S-P_1}}{t_2 - t_1}$ $P = S-(S-P_2)\, e^{-K_d \Delta t}$
LOGISTICO	$\frac{dP}{dt} = \frac{K}{S} P(S-P)$	m, b = Constantes P_0, P_1, P_2 = Poblaciones a los tiempos t_0, t_1, t_2 n = Intervalo entre t_0, t_1, t_2.	$S = \frac{2P_0P_1P_2 - P_1^2(P_0+P_2)}{P_0P_2 - P_1^2}$ $m = \frac{S-P_0}{P_0}$ $b = \frac{1}{n} \ln \frac{P_0(S-P_1)}{P_1(S-P_0)}$ $P = \frac{S}{1+me^{-bt}}$

PREDICCION DE LA GENERACION.

Al igual que los datos muestrales de la Generación de Desechos Sólidos (G), la información de la variación de la Generación con respecto al tiempo, es decir los incrementos o decrementos, podrán trabajarse en forma estadística para obtener resultados confiables, los que se podrán comprobar con la realización de un muestreo en campo.

Para poder estimar a futuro las cantidades de basura a manejar en una localidad, es necesario contar con información que indique cual ha sido la variación de la G en el tiempo.

Esta relación se ve afectada por varios factores, algunos de los cuales son, en orden de importancia :

Económico.

Social.

Regional.

existen otros de menor influencia.

En nuestro país el porcentaje bruto que se tiene de estudios de Desechos Sólidos, en cuanto a Generación percápita se refiere - no asciende a más del 1.5 %

La carencia de información nos obliga a plantear métodos de comparación teniendo como base los datos y observaciones con que se cuenta de ese porcentaje de estudios realizados a la fecha, siendo éstos :

Morelia, Mich.

Cd. Altamirano, Gro.

Orizaba, Ver.

Fortín de las Flores, Ver.

Ixtaczoquitlán, Ver.

Río Blanco, Ver.

La Paz, B.C.

Tijuana, B.C.

Mexicali, B.C.

Ensenada, B.C.

Coatzacoalcos, Ver.

Siendo este último estudio, entregado el día 15 de Febrero de 1981 a la Dirección General de Ecología Urbana de la SAHOP, y en la cual participó el sustentante como Jefe de Campo.

Aunado al dato de Generación, se deberá entregar el reporte de caracterización de los desechos; el cual constará al menos de los siguientes datos :

Densidad :

suelta

% de contenido de humedad.

% de los componentes.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPISICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

ANEXO

ING. ARTURO LOPEZ ACOSTA

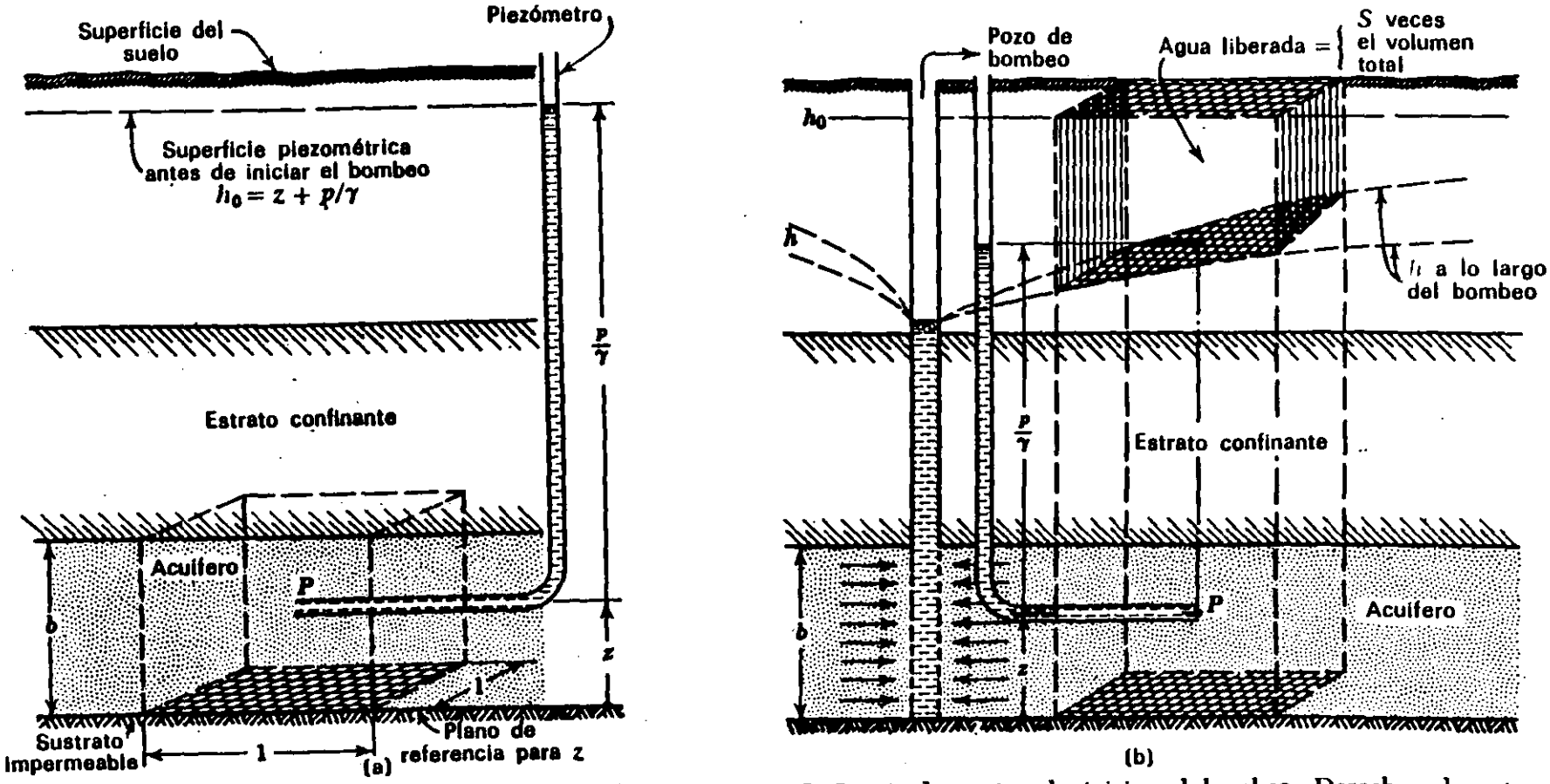


FIG. 6.10. — Interpretación física del coeficiente de almacenamiento S. Izquierda: antes de iniciar el bombeo. Derecha: durante el bombeo.

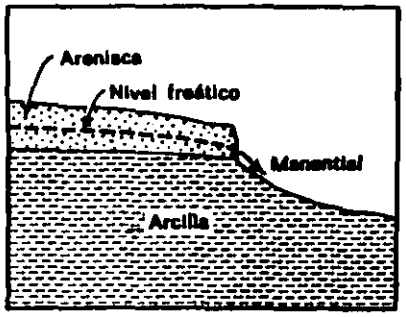
DIFERENTES VALORES DE LA PERMEABILIDAD

ROCA	K en m/s	
ARCILLA	10^{-11}	10^{-2}
ARENA	$5 \cdot 10^{-6}$	10^{-2}
GRAVA	10^{-3}	1
ARENISCA	10^{-10}	10^{-6}
CALIZA	10^{-5}	10^{-1}
BASALTO	10^{-6}	10^{-1}

ROCA	N (%)	Sy (%)
ARCILLA	40 A 70	1 A 10
ARENA	25 A 50	10 A 30
GRAVA	25 A 40	15 A 30
ARENISCA	5 A 30	3 A 15
CALIZA	5 A 40	1 A 5
BASALTO FRACTURADO	5 A 50	1 A 10

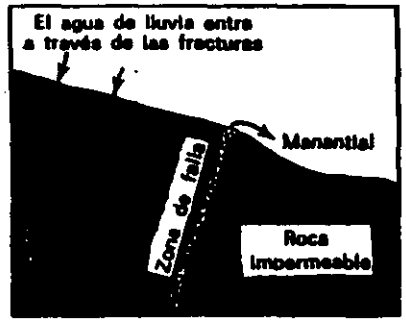
a

b



c

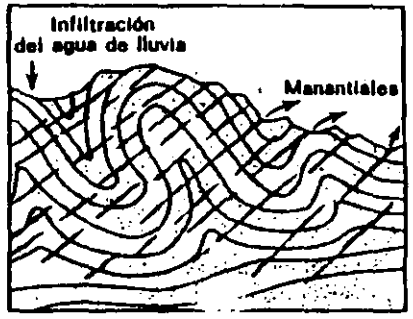
d



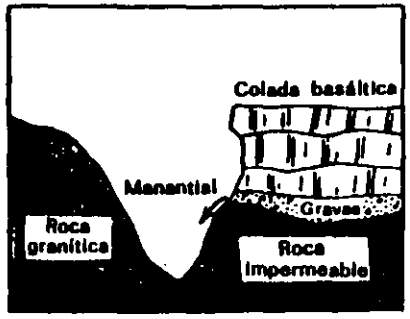
e

f

g



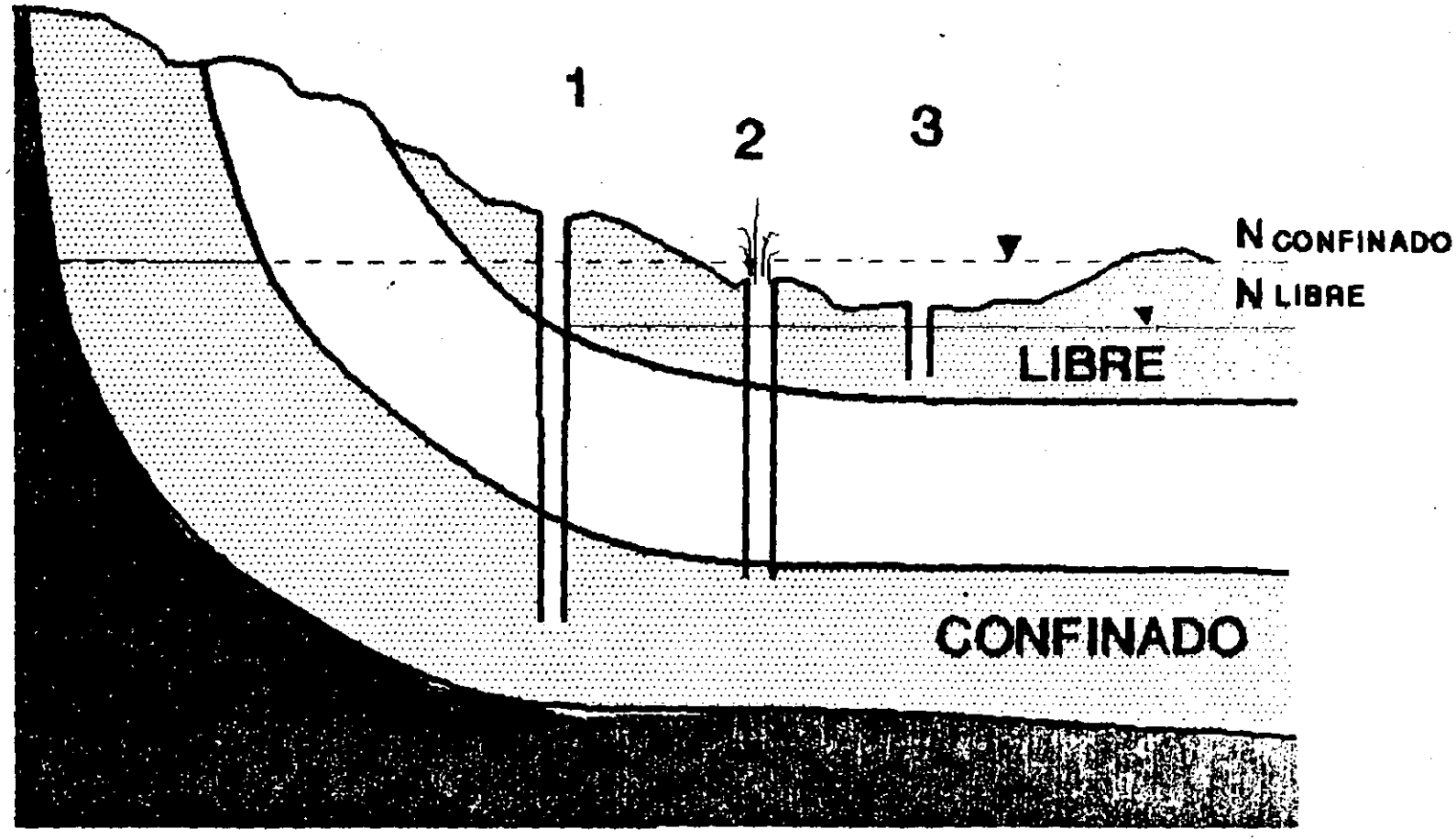
h



i

— Manantiales originados: *a*) por una depresión de la superficie del suelo que corta al nivel freático; *b*) por la infiltración del agua de la lluvia en el interior de unos bloques de desprendimiento acumulados al pie de un escarpe; *c*) por una arenisca permeable que yace sobre una formación impermeable de arcilla; *d*) por una falla que colocó unas formaciones impermeables frente a unos aluviones permeables; *e*) por una falla que da lugar a una zona fracturada abierta en una roca quebradiza; *f*) por la estructura laminar (hojosa) de una roca granítica; *g*) por el afloramiento de un acuífero artesiano; *h*) por la presencia de una esquistosidad dominante en una dirección, e *i*) por el afloramiento de unas gravas y un basalto permeable que cubren una roca granítica impermeable.

TIPOS DE ACUIFEROS

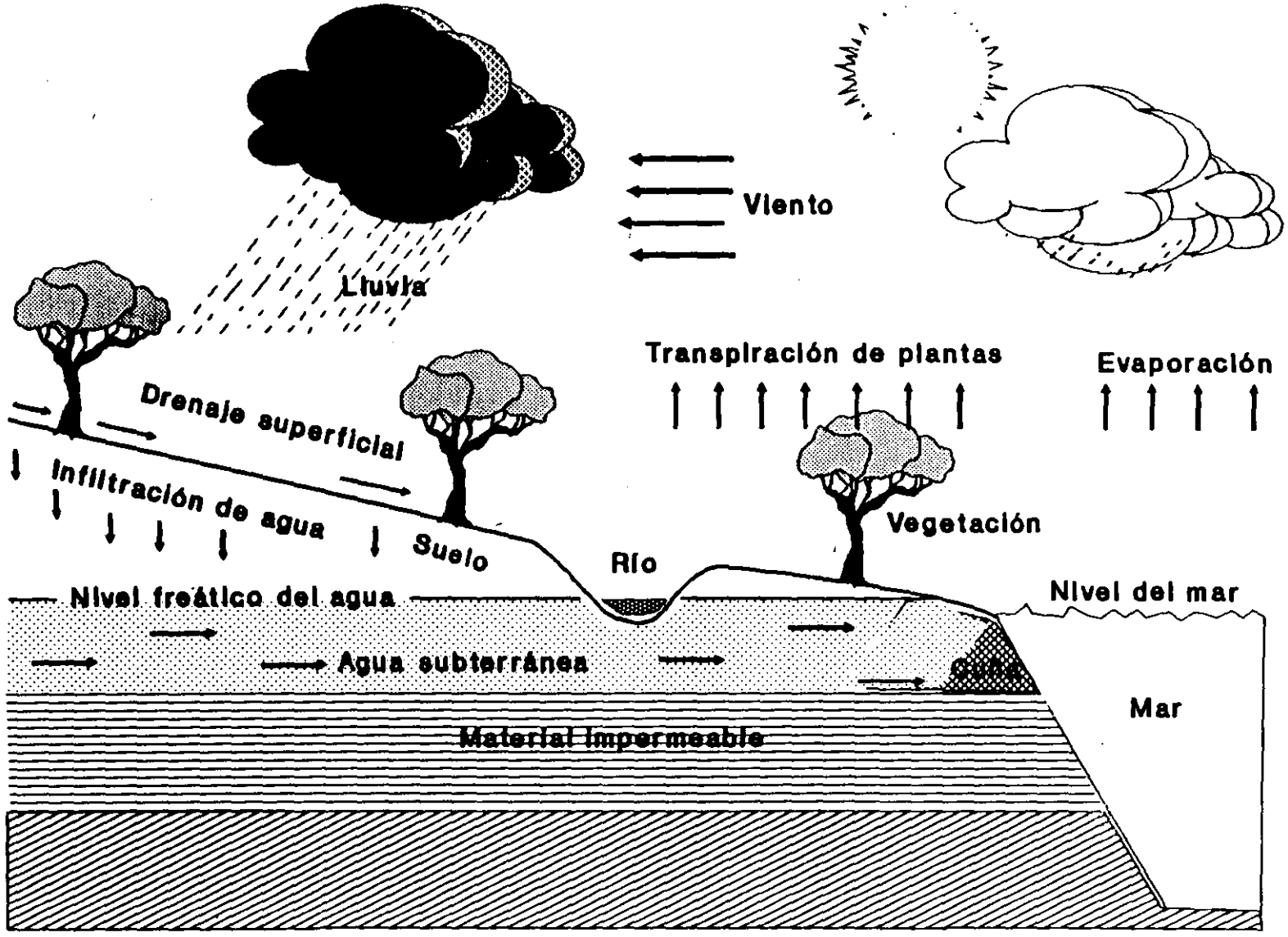


ESTIMACION DEL BALANCE DE AGUA MUNDIAL

PARAMETRO	SUPERFICIE MILL. Km2	VOLUMEN MILL. Km3	PORCENTAJE DEL VOLUMEN	PROFUNDIDAD PROM. EN m*	TIEMPO DE RESIDENCIA
OCEANOS Y MARES	361.00	1370.00	94.00	2500.000	~4000 años
LAGOS Y PRESAS	1.55	0.13	< 0.01	0.250	~ 10 años
PANTANOS	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.007	1-10 años
RIOS	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.003	~2 semanas
SUELO	130.00	0.07	0.01	0.130	2 sem-1año
AGUA SUBTERRANEA	130.00	60.00	4.00	120.000	2 sem a 10 mil años
GLACIARES	17.80	30.00	2.00	60.000	10 a 1000 años
AGUA ATMOSFERICA	504.00	0.01	< 0.01	< 0.025	~10 días
AGUA EN LA BIOSFERA	< 0.10	< 0.01	< 0.01	0.001	~1 semana

FUENTE: NACE, 1971 (en FREEZE Y CHERRY, 1979)

* Valor calculado considerando un cuerpo de agua uniformemente distribuido sobre toda la superficie de la tierra.



CICLO HIDROLOGICO

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

THE COMPOSTING PLANTS IN MEXICO
A STATE OF THE ART

EXPOSITOR:
ING. GUSTAVO SOLORZANO

NOVIEMBRE, 1992

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

G. SOLOR

THE COMPOSTING PLANTS IN MEXICO
A STATE OF THE ART

ARTURO DÁVILA, M.Sc.
PRESIDENT OF THE MEXICAN SOCIETY FOR THE CONTROL
OF SOLID AND HAZARDOUS WASTES

PRESENTED AT THE

FIRST U.S. CONFERENCE ON MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT
JUNE 13 - 16, 1990

ABSTRACT

THE RECYCLING AND UTILIZATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE IS AN OLD PRACTICE IN MEXICO. SOME TIME AGO, THIS PRACTICE WAS CARRIED ONLY BY SCAVENGERS IN THE DISPOSAL SITES. IN 1972, HOWEVER, THE FIRST COMPOSTING PLANT IN MEXICO WAS BUILT IN THE CITY OF GUADALAJARA, WITH SWISS TECHNOLOGY.

PRESENTLY THERE ARE SIX COMPOSTING PLANTS, OF WHICH ONLY TWO ARE IN OPERATION. ONE MORE WILL BEGIN OPERATION BY 1990. THE TENDENCY TO PUT MORE OF THESE PLANTS IN OPERATION IS UNKNOWN, BECAUSE IT DEPENDS ON POLITICAL DECISSIONS, RATHER THAN TECHNICAL AND ECONOMICAL FACTORS. IN THIS RESPECT OUR ASOCIATION IS PROMOTING A REAL EVALUATION OF PROJECTS BEFORE GRANTING LOANS FOR THIS PURPOSE.

FOR THE PEOPLE WHO WORK IN THE FIELD OF CONTROL OF MUNICIPAL SOLID WASTE, THE COMPOSTING PLANTS INSTALLED, DO NOT REPRESENT A SOLUTION FOR RECYCLING IN MEXICO. WE ARE PRESENTLY WORKING IN THE DEVELOPMENT OF NATIONAL TECHNOLOGY AND ALSO TRYING TO STOP THE ACQUISITION OF CONVENTIONAL PLANTS WHICH MIGHT BE USEFUL IN DEVELOPED COUNTRIES BUT NOT IN OUR COUNTRIES.

AS A RESULT WE CAN RESUME THE FOLLOWING RESULTS:

1.- THE PLANTS REPRESENTS A LOSS OF HARD CURRENCY

2.- THE PLANTS PRESENTS NO SOLUTION TO THE PROBLEM

3.- THERE IS LACK OF EXPERIENCE OF PERSONNEL OPERATING THE PLANTS

4.- THE PLANTS REPRESENTS TECHCNICAL AND ECONOMICAL PROBLEM.

5.- THERE IS A LOW DEMAND FOR THE COMPOST

6.- TOO WIDE VARIATIONS IN THE PRICES OF THE RECOVERED MATERIALS COMPLICATE THE ADMINISTRATION OF THE PLANTS.

7.- LOW OR NO AVAILABILITY OF SPARE PARTS, MAKES MAINTENANCE EXPENSIVE AND SLOW.

8.- SCAVENGING IN THE COLLECTION VEHICLES, MAKES THE WASTES THAT ARRIVE TO THE PLANTS VERY POOR.

THIS PAPER PRESENTS THE PAST, PRESENT AND FUTURE OF THE COMPOSTING AND RECYCLING PLANTS IN MEXICO, AND ANALIZES THE MAIN TECHNICAL, POLITICAL, SOCIAL AND ECONOMICAL PROBLEMS THAT HAVE OCCURED, AS WELL AS PRESENT CONDITIONS.

I.- INTRODUCTION

HUMAN ACTIVITIES PRODUCE, AMONG OTHER THINGS, WASTES; MAINLY GASES, LIQUIDS AND SOLIDS. IN GENERAL MAN'S CHOSEN ENVIRONS HAVE A LIMITED CAPACITY TO ACCEPT, MODIFY AND INTEGRATE THESE WASTES INTO ITS ECOSYSTEM WITHOUT CAUSING MAJOR PROBLEMS. WHEN NATURE'S THRESHOLD LIMITS AND CAPACITY TO ADAPT ARE EXCEEDED, IRREVERSIBLE ECOLOGICAL PROBLEMS ARE TO BE EXPECTED, AND THE RESULTING ECOSYSTEMS MAY NOT BE AMIABLE TO MANKIND SURVIVAL.

OUR SOCIETY IS A WASTEFUL ONE. MANUFACTURERS AND THE MERCHANTS WRAP THEIR PRODUCTS WITH EXCESSIVE SUMPTUOUSNESS FOR THE SOLE PURPOSE OF CALLING THE ATTENTION OF THE BUYER; IN MANY INSTANCES THE WRAPPING MAY EXCEED THE VOLUME AND VALUE OF THE PRODUCT BEING SOLD. THE FINAL DESTINATION AND PURPOSE OF ALL THIS WRAPPING IS THE GARBAGE CAN, AND VERY LIKELY, OPEN DUMPS.

IN ORDER TO TRY TO SOLVE THE INCREASING PROBLEM OF SOLID WASTE, IN SOME PARTS OF MEXICO, MAINLY IN THE BIG CITIES, THE AUTORITIES LOOK, AMONG OTHER THINGS, FOR RECYCLING AND COMPOSTING PLANTS. IN 1972 THE FIRST COMPOSTING AND RECYCLING PLANT IN THE COUNTRY WAS BUILT IN THE CITY OF GUADALAJARA; AFTER THAT PLANT, FIVE MORE PLANTS WERE CONSTRUCTED AND ONE MORE IS UNDER STUDY.

NOW, AFTER 18 YEARS, ONLY TWO PLANTS ARE WORKING WITH A LOT OF PROBLEMS. THIS PAPER PRESENTS THE STATE OF THE ART OF THE COMPOSTING AND RECYCLING PLANTS IN MEXICO, MAKING AN EVALUATION OF THE TECHNICAL AND ECONOMICAL PROBLEMS THAT HAVE OCURRED IN THE PAST 18 YEARS, IN ORDER TO ARRIVE TO SOME CONCLUSIONS AND RECOMENDATIONS FOR DEVELOPING COUNTRIES.

I HOPE THIS PAPER WILL BE OF HELP TO THOSE PEOPLE IN POSITIONS WHERE DECISSIONS ARE TAKEN, SO THAT THEY BE VERY CAREFUL WITH THE IMPORTED TECNOLOGIES OFFERED BY DEVELOPED COUNTRIES.

II.- THE COMPOSTING PLANTS IN MEXICO

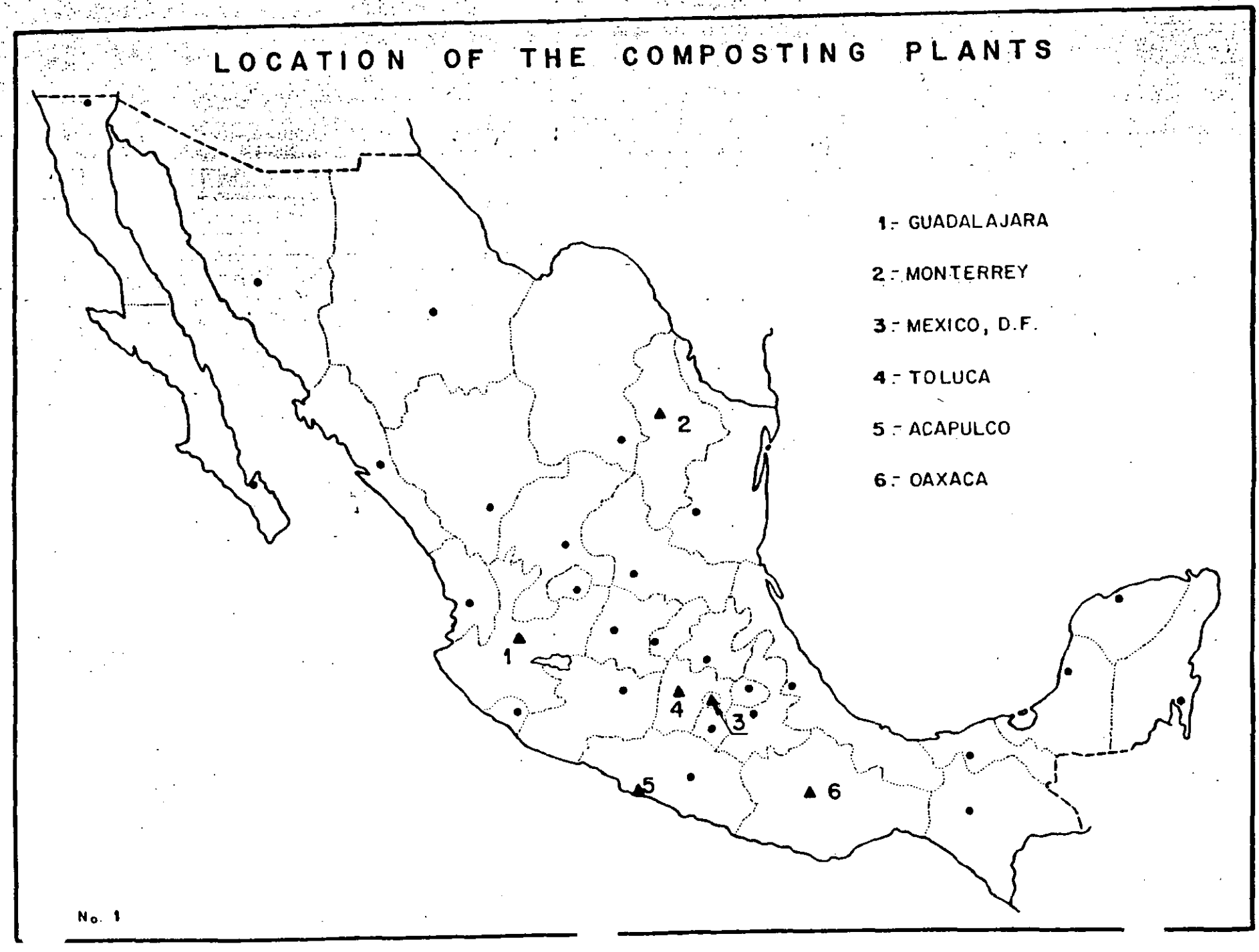
AS I MENTIONED, THERE ARE SIX COMPOSTING PLANTS IN MEXICO, IN FIGURE NO.1, THEIR LOCATION IS SHOWN.

THE PLANTS IN GUADALAJARA, MONTERREY AND MEXICO CITY, HAVE THE BULHER MIAG PROCESS. THE MEXICO CITY PLANT, HOWEVER, THE FEEDLINE IS IN THE OPPOSITE DIRECTION AS IN THE OTHER TWO PLANTS. ACAPULCO AND OAXACA HAVE A COPY OF THE SAME PROCESS WITH LITTLE CHANGES BEFORE THE MILLS. THE LAST ONE IS LOCATED IN TOLUCA, AND HAD A TOLLEMACHI PROCESS.

PRESENTLY, ONLY THE GUADALAJARA AND MEXICO CITY PLANTS ARE STILL WORKING.

IN THE VERY NEAR FUTURE, POSSIBLY THIS YEAR, A NEW RECYCLING AND COMPOSTING PLANT WILL BE BUILT IN MERIDA, YUCATAN, WITH A CREDIT OF THE WORLD BANK. IN THIS PART OF MEXICO THERE IS NO COVER SOIL, BECAUSE THE YUCATAN PENINSULA IS CONSTITUTED BY CALCAROUS ROCK. AS USUAL THE EXPECTATIVES ARE FABULOUS, AS BEFORE THE OPERATION OF THE OTHER PLANTS BUILT, HOWEVER, I EXPECT THE SAME RESULTS AS IN THE OTHER PLANTS.

THE PLANT'S PROCESSES CONSIST BASICALLY IN THE FOLLOWING ACTIVITIES: FIRST THE COLECCTION VEHICLES DISCHARGE THE SOLID


LOCATION OF THE COMPOSTING PLANTS
1.- GUADALAJARA
2.- MONTERREY
3.- MEXICO, D.F.
4.- TOLUCA
5.- ACAPULCO
6.- OAXACA
1
2
3
4
5
6
No. 1

WASTES IN STORAGE PITS, LOCATED BETWEEN THE CONVEYORS THAT FEED THE BELTS WHERE THE SALVAGE MATERIALS ARE SELECTED BY SCAVENGERS MANUALY; AFTER THAT, AND BEFORE GOING THROUGH THE HAMMERMILL'S THERE IS A MAGNETIC SEPARATOR, AFTER THE MILL'S THE WASTES ARE DEPOSITED IN A VIBRATING SCREEN, IN ORDER TO SEPERATE THE WASTE NOT SUITABLE FOR COMPOSTING, WHICH CONSISTS MAINLY OF PARTICLES GREATER THAN FOUR INCHES.

THE WASTES ARE THAN PASSED THROUGH THE SCREEN AND THE DISTRIBUTION BRIDGE IN THE PRE-DIGESTION FIELD TO FORM WINDROWS. AFTER THREE MONTHS THE COMPOST IS FORMED BY AN AEROBIC PROCESS. AFTER THAT, AND DEPENDING ON THE MARKET, THERE IS ANOTHER MILL FOR FINE MILLING TO GET COMPOST WITH VERY GOOD PRESENTATION.

III.- SOLID WASTE CHARACTERISTIC IN MEXICO

IN MEXICO, THE SOLID WASTE GENERATED VARIES, BUT IT IS POSSIBLE TO PUT IT INTO THREE MAIN GROUPS: ONE, THE REGION IN THE BORDER WITH THE UNITED STATES OF AMERICA, WITH ALMOST ONE KILOGRAM PER CAPITA; THE CENTRAL PART OF THE COUNTRY WITH A GENERATION PER CAPITA OF AROUND 650 GRAMS AND THE SOUTHEAST WITH ABOUT 550 GRAMS PER CAPITA.

THE AVERAGE COMPOSITION IN THE SOLID WASTE GENERATED IN MEXICO FOR THE THREE GROUPS IS PRESENTED IN TABLE No. 1, IN THIS TABLE IT IS POSSIBLE TO SEE THE GREAT DIFERENCE IN THE COMPOSITION OF THE SOLID WASTE GENERATED IN DEVELOPING COUNTRIES AND IN DEVELOPING COUNTRIES. MAINLY THE ORGANIC MATTER VARIES FROM 45 UP TO 60 PERCENT BY WEIGHT, AND IT IS ONLY POSIBLE TO GET 25 TO 30 PERCENT OF SALVAGE MATERIAL, THE

TABLE No. 1.- AVERAGE COMPOSITION OF THE MEXICAN REFUSE

RECUPERATED MATERIAL	PERCENTAJE BY WEIGHT	PERCENTAJE OF RECOVERING
CARDBOARD	4.10	70
PAPER	9.63	45
COLOR GLASS	3.40	75
WHITE GLASS	4.25	71
CANS	2.52	60
FERROUS MATERIAL	0.76	60
NON FERROUS MATERIAL	0.60	40
TETRAPACK	1.66	50
BONES	0.80	50
PLASTIC FILM	3.42	55
RIGID PLASTIC	2.28	55
DIAPERS	3.66	--
RAGS	1.94	60
ORGANIC MATTER	44.70	60
OTHER	16.28	--

REST IS MATERIAL WITH NO POSIBILITY OF RECUPERATION BECAUSE OF ITS CHARACTERISTICS OR THE DIFICULTY TO RECOVER THEM.

IV.- ANALYSIS AND EVALUATION OF THE RECYCLING AND COMPOSTING PLANTS IN MEXICO.

THE MAIN PROBLEMS DETECTED IN THE DIFERENT PLANTS IN MEXICO CAN BE RESUMED IN THE FOLLOWING:

4.1.- FEASIBILITY STUDIES

A.- POOR JUDGMENT IN DIFINING THE WASTE LOAD AND ITS CHARACTERISTICS, INCLUDING THEIR SEASONAL QUALITATIVE AND CUANTITATIVE CHANGES.

B.- THE INADEQUACY OF SAMPLING PROGRAMS USED HAVE RESULTED IN AN UNREAL FORECAST OF THE RECOVERY POTENTIAL OF THE SOLID WASTE.

C.- THE QUALITY, QUANTITY AND MARKETABILITY OF SALVAGE MATERIALS WERE PREDICTED OUT OF THE SAMPLING PROGRAMS WITH THE APPLICATION OF FICTITIOUS FACTORS OF EFFICIENCY.

D.- THE FLUCTUATION OF THE SECONDARY MATERIALS MARKET WAS UNDERESTIMATED.

E.- NO ATTEMP WAS MADE TO CREATE A MARKET FOR THE COMPOST. THE ASSUMPTION WAS THAT THIS WAS NOT AN ISSUE.

F.- THE REDUCED MARKET AND VALUE OF WET OR DIRTY RECOVERED MATERIALS WAS NO CONSIDERED IN THE REVENUE PROJECTIONS.

G.- THE GREAT IMPACT OF ON-ROUTE SCAVENGING -SPECIALLY VALUABLE PRODUCTS AS CARDBOARD, GLASS BOTTLES AND ALUMINIUM CANS- WASNOT CONSIDERED IN THE PROJECTIONS OF RECLAMATION AND SALES OF SALVAGED MATERIALS.

H.- AT THE FIRST PLANT, THE LACK OF EXPERIENCE WAS NOT CONTEMPLATED, THE PEOPLE GOT EXPERIENCIE BY THEIR OWN EFFORT AND VARIOUS COSTLY MISTAKES WERE MADE.

I.- THE OPENING OF IMPORTS FROM USA FOR USED COMPUTER PAPER, PAPER, CARDBOARD AND METALS, LOWER THE PRICES IN MEXICO FOR THIS TYPE OF SALVAGED MATERIALS.

J.- THE DECISSION TAKERS BELIVED ALL THE PLANT SALESMEN SAID. EXPERIENCE SAYS THAT ALMOST ALL WAS FALSE.

K.- NO COMERCIALIZATION PROGRAMS WERE MADE.

4.2.- COMPOST PLANT DESIGN

A.- THE STORAGE PITS WERE BUILT IN SUCH MANNER THAT IT IS ALMOST IMPOSSIBLE TO MANTAIN THEM IN A GOOD AND SANITARY CONDITION.

B.- IN THE MEXICO CITY COMPOSTING PLANT, THE ONLY WAY TO FEED THE CONVEYORS IS BY THE CLAM CRANE, IF THIS IS OUT OF WORK THE PLANT STOPS.

C.- AFTER THE FIRST PLANT IN GUADALAJARA, VERY LITTLE EXPERIENCIE WAS PUT IN THE CORRECTION OF THE DESIGN DEFECTS OF THE PLANTS.

D.- THE CLAM CRANE SYSTEM BEING USED TO FEED THE PLANTS HAS PROVEN INEFFECTIVE AND UNRELIABLE.

E.- THE PITS FOR THE CONVEYOR THAT FEEDS THE SELECTION AREA PRESENTS DEFICIENCIES FOR THE CHARACTERISTICS OF THE MEXICAN WASTE, AS THE WASTE TENDS TO FORM AN ARCH AND IT IS ALMOST IMPOSSIBLE TO FEED.

F.- THE AUTOMATED FEED CONTROL SYSTEM ON THE FEEDER CONVEYOR AND THE FEED CONTROL SYSTEM FOR THE SELECTION BELT DON'T GIVE POSITIVE RESULTS FOR THE MEXICAN REFUSE.

G.- THE BELT CONVEYOR IN THE SEPARATION AREA TENDS TO BUCKLE, AND IS TOO WIDE FOR THE MANUAL SELECTION OF MATERIALS.

H.- THE SPEED OF THE CONVEYOR IN THE SELECTION AREA, AS DELIVERED BY THE MANUFACTURER, WAS TOO FAST FOR THE SCAVENGERS TO PROPERLY SELECT RECYCLABLE MATERIALS.

I.- THE BELT IN THE SELECTION AREA DID NOT HAVE THE LENGTH TO GIVE THE NECESARY TIME TO GET THE SALVAGE MATERIALS.

J.- THE PLANT'S TWO VERTICAL HAMMERMILLS ARE A SOURCE OF CONSTANT MAINTENANCE PROBLEMS AND VERY EXPENSIVE REPAIR COSTS. THE HAMMERS WEAR OUT VERY QUICKLY DUE TO THE HIGH ABRASSIVENESS OF MEXICAN REFUSE, AND HAVE TO BE REPLACED OR REVITALIZED ALMOST EVERY SHIFT.

K.- MECHANICAL FAILURES OF THE DISTRIBUTION BRIDGE IN THE PRE-DIGESTION FIELD CAUSES THE CONDITIONED REFUSE TO RUN OUT OF CONTROL MAKING IT DIFFICULT TO MANAGE.

L.- THE FINE MILLING MILL IS TOO SMALL FOR THE PLANT'S PRODUCTION.

4.3.- OPERATION

A.- THE PLANT, NOT BEING DESIGNED FOR MEXICAN REFUSE, IS HARD TO MAINTAIN, GENERATING SEVERE OPERATION PROBLEMS, MAINLY IN CONVEYOR BELTS AND HAMMERMILLS.

B.- THE ABSENCE OF A PROGRAM OF INCENTIVES FOR THE PEOPLE IN THE SEPARATION BELT, CAUSES LOW EFFICIENCIES IN THE SEPARATION OF THE MATERIALS.

C.- THE HANDLING OF RECOVERED MATERIALS WAS NOT DONE EFFICIENTLY, LOWERING THE PRICE OF THE SALVAGED MATERIALS (DUE TO MIXING), AND INCREASING THE COSTS OF OPERATION.

D.- NOISE LEVELS ARE HIGH IN THE SEPARATION AREA, PARTIALY DUE TO THE KNOCKING OF THE MATERIAL WITH THE STEEL HOPPERS AND WHEN THEY FALL TO THE LOWER FLOOR. ALSO BECAUSE THE LACK OF ISOLATION ON THE HAMMERMILLS.

E.- THE LACK OF LABORATORY FACILITIES PRECLUDES THE ADEQUATE CONTROL OF THE COMPOSTING PROCESS. (EXCEPTION MEXICO CITY).

V.- CONCLUSIONS AND RECOMENDATIONS

5.1.- CONCLUSIONS

A.- THE COMPOSTING PLANTS IN MEXICO HAVE NOT HAD THE SUCCESS SALESMEN CLAIM.

B.- THE PART RELATED WITH THE SEPARATION OF RECOVERABLE MATERIAL OUT OF THE REFUSE SHOW THAT WE NEED MORE RESEARCH AND DEVELOPMENT TO IMPROVE A SEMI MECHANIZED SEPARATION MORE IN ACCORDANCE WITH THE CHARACTERISTICS OF MEXICAN WASTES.

C.- THE USE OF COMPOST AS A SOIL IMPROVEMENT AGENT IN SOME OF SOILS FOUND IN MEXICO HAS GIVEN GOOD RESULTS.

D.- THE OFFER OF COMPOST IS GREATER THAN THE DEMAND.

E.- THE SEPARATION OF MATERIAL ON ROUTE IN THE COLLECTION TRUCKS HAVE A SERIOUS IMPACT IN THE ECONOMY OF THE PLANTS.

F.- THE HAMMERMILLS HAVE SERIOUS MAITENANCE PROBLEMS DUE TO THE GREAT CONTENT OF ORGANIC MATTER.

G.- THE LACK OF MARKETS MECHANISMS OF COMPOST DERIVED IN A FAILURE OF SALES.

H.- THE ADMINISTRATION BY MUNICIPALITIES HAS NOT BEEN EFFICIENT.

5.2.- RECOMENDATIONS

A.- THE DECISSION TO INSTALL COMPOSTING PLANTS MUST BE ASSESED BY EXPERTS ON THE BASIS OF REALISTIC TECHNICAL AND ECONOMICAL FEASIBILITY STUDIES, AND NOT BECAUSE OF SALESMEN BLUFF AND POLITICAN'S DECISSIONS.

B.- A TRAINING PROGRAM MUST BE PROVIDED BY THE MANUFACTURER PRIOR TO STARTING PLANT OPERATION.

C.- THE SALVAGED MATERIAL MUST BE SEPARATED AND CLEANED TO GET BETTER PRICES IN SALES.

D.- THE COMPOST MUST BE PRODUCED ACCORDING TO DEMAND.

E.- A GOOD PROGRAM OF MAINTENANCE AND INCENTIVES FOR THE PERSONNEL IS A MUST. THE EXPERIENCE OF OTHER PLANTS EXISTING UNDER SIMILAR CONDITIONS MUST BE TAKEN INTO ACCOUNT.

F.- IF IT IS IMPOSSIBLE TO AVOID THE PRESELECCION ON THE COLLECTION TRUCKS DUE TO LABOR UNION PRESSURES OR OTHER FACTORS, THE ADMINISTRATION OF THE PLANT MUST BUY THE PRESELECTED MATERIALS.

G.- ONLY FOR REMARKS, THE COMPOST IS NOT A FERTILIZER, IT IS ONLY A SOIL IMPROVEMENT AGENT.

H.- THE COMPOSTING PLANTS ARE NO PANACEA, NO ONE IN MEXICO HAS HAD ECONOMICAL BENEFITS, AS NOT EVEN OPERATION COSTS HAVE BEEN RECOVERED.

I.- THE RECYCLING PROGRAMS IN MEXICO ARE INCREASING.

J.- THE ECOLOGICAL CULTURE IS GROWING INTO THE POPULATION, THIS DEMANDS THAT PUBLIC OPINION BE INFORMED OF REAL ALTERNATIVES TO SOLVE PROBLEMS, IN ORDER TO AVOID FUTURE FIASCOS.

K.- THE GROWTH OF ECOLOGICAL CULTURE MUST BE TAKEN ADVANTAGE OF, IN ORDER TO INCREASE THE PARTICIPATION OF PEOPLE IN RECYCLING PROGRAMS.

L.- THE PLANTS COULD BE MANAGED AS AN ENTERPRISE, IF THE DESIGN IS IN ACCORDANCE WITH THE KIND OF REFUSE GENERATED IN MEXICO AND WITH TECHNOLOGIES THAT ADAPT TO THE SOCIAL AND ECONOMICAL CONDITIONS OF THE COUNTRY.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DSIPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

DEISGN OF MATERIALS RECOVERY FACILITIES (MRFs)

EXPOSITOR:
ING. GUSTAVO SOLORZANO

PALACIO DE MINERIA
Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

DESIGN OF MATERIALS RECOVERY FACILITIES (MRFs)

George M. Savage
Cal Recovery Systems, Inc.

Presented at the

First U.S. Conference on Municipal Solid Waste Management

June 13-16, 1990

Abstract

The explosion in the demand for materials recovery facilities (MRFs) is straining the solid waste industry in terms of supplying reliable, efficient, and cost-effective recyclables processing systems. The design of MRFs is discussed, including the design criteria for the facilities, the available equipment, and system performance. The topic is approached in a broad context, addressing the processing of feedstocks in the form of singular recyclable components, of commingled recyclables, and of mixed municipal solid wastes.

Introduction

The design of a materials recovery facility (MRF) follows a series of basic considerations, which generally include the following:

1. Identifying the characteristics of the wastes to be processed.

2. Maximizing recovered product quality.

3. Maximizing diversion of wastes from landfill.

4. Utilizing proven system concepts.

5. Provision for receipt of municipal solid waste (MSW), based on the types and frequency of vehicles delivering the material.

6. Utilizing manual labor for those operations where current automation technology is lacking, unproven, or but marginally effective.

7. Establishing the throughput capacity, required availability, and desired redundancy for the system.

Materials recovery facilities can be classified into two general types based on the characteristics of the input municipal solid waste; namely source-separated or mixed. Taken here, source-separated wastes refer to those that are collected in singular (i.e., segregated) components or in commingled form (a mixture of several components, e.g., metal and glass containers). Mixed wastes are not separated prior to collection and obviously such a mixture contains numerous components.

Source-separated recyclables do not suffer from the higher degree of contamination from food wastes and other contaminants exhibited by recyclables in mixed MSW. Thus,

the percentage recovery of recyclables from source-separated wastes is substantially greater than that from mixed wastes.

The following discussion considers first the design of a MRF for processing source-separated materials. Subsequently, the design of a MRF for processing mixed MSW is considered.

Source-Separated MSW

Process flow diagrams for a 120 TPD materials recovery facility project are shown in Figures 1 and 2, respectively, for a paper processing line and a container processing line. Each of these flow diagrams is also a mass balance showing the tonnages of the various recyclables as they enter and exit the system.

The process design in this example assumes that 25% of the available recyclables arrive at the facility in pre-segregated, singular form (e.g., tin cans) and that the remaining 75% is commingled. Each of the flow diagrams shows provision for redundancy in receiving, sorting, and processing.

Breakage and contamination generally amount to approximately 7 to 10% of the in-feed total. Glass breakage during collection and material handling at the facility results in the loss of small particles of glass as residue, if markets for mixed colored cullet are not available. Contamination must be removed within the ranges dictated by the market specifications. Common contaminants include corrugated and magazines included with residential newspaper collections, and low-grade paper (such as envelopes with windows) in commercial high-grade paper collections.

Introduction

The design of a materials recovery facility (MRF) follows a series of basic considerations, which generally include the following:

1. Identifying the characteristics of the wastes to be processed.

2. Maximizing recovered product quality.

3. Maximizing diversion of wastes from landfill.

4. Utilizing proven system concepts.

5. Provision for receipt of municipal solid waste (MSW), based on the types and frequency of vehicles delivering the material.

6. Utilizing manual labor for those operations where current automation technology is lacking, unproven, or but marginally effective.

7. Establishing the throughput capacity, required availability, and desired redundancy for the system.

Materials recovery facilities can be classified into two general types based on the characteristics of the input municipal solid waste; namely source-separated or mixed. Taken here, source-separated wastes refer to those that are collected in singular (i.e., segregated) components or in commingled form (a mixture of several components, e.g., metal and glass containers). Mixed wastes are not separated prior to collection and obviously such a mixture contains numerous components.

Source-separated recyclables do not suffer from the higher degree of contamination from food wastes and other contaminants exhibited by recyclables in mixed MSW. Thus,

the percentage recovery of recyclables from source-separated wastes is substantially greater than that from mixed wastes.

The following discussion considers first the design of a MRF for processing source-separated materials. Subsequently, the design of a MRF for processing mixed MSW is considered.

Source-Separated MSW

Process flow diagrams for a 120 TPD materials recovery facility project are shown in Figures 1 and 2, respectively, for a paper processing line and a container processing line. Each of these flow diagrams is also a mass balance showing the tonnages of the various recyclables as they enter and exit the system.

The process design in this example assumes that 25% of the available recyclables arrive at the facility in pre-segregated, singular form (e.g., tin cans) and that the remaining 75% is commingled. Each of the flow diagrams shows provision for redundancy in receiving, sorting, and processing.

Breakage and contamination generally amount to approximately 7 to 10% of the in-feed total. Glass breakage during collection and material handling at the facility results in the loss of small particles of glass as residue, if markets for mixed colored cullet are not available. Contamination must be removed within the ranges dictated by the market specifications. Common contaminants include corrugated and magazines included with residential newspaper collections, and low-grade paper (such as envelopes with windows) in commercial high-grade paper collections.

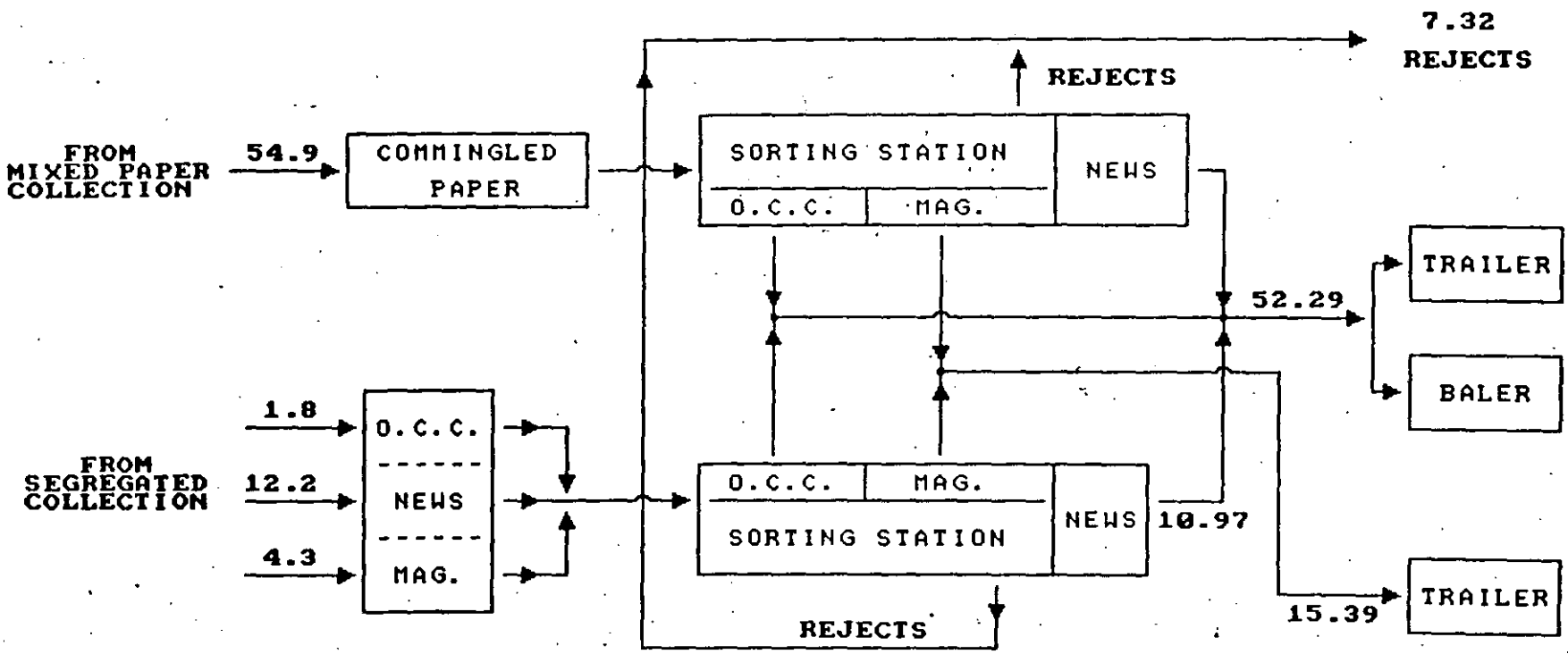


Figure 1. Paper Processing Line / Design Capacity = 75 TPD
75% Commingled Collection
25% Segregated Collection

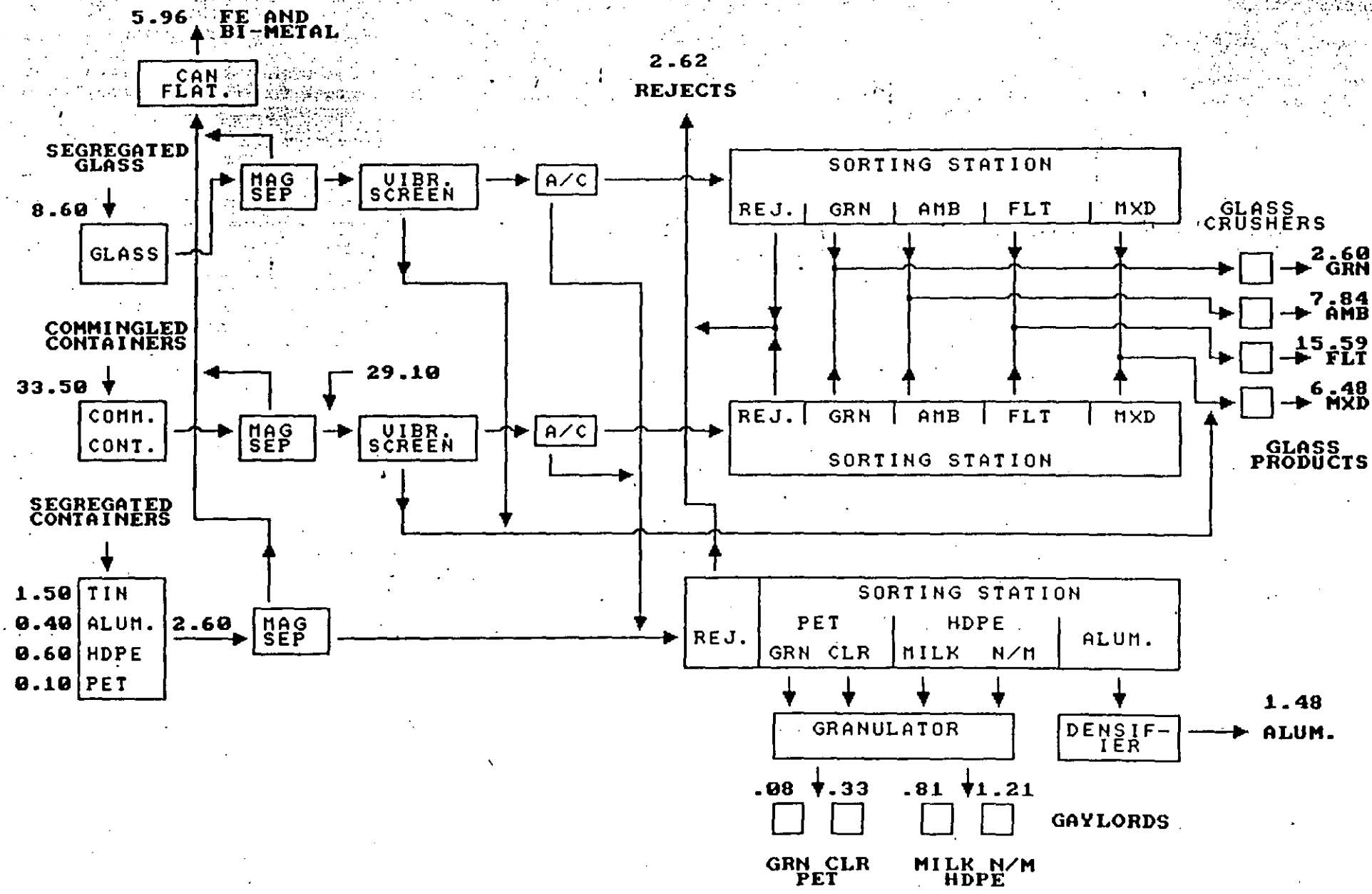


Figure 2. Container Processing Line / Design Capacity = 45 TPD
75% C[illegible]ingled Collection

Figure 3 is an example plan view of a facility matching the flow diagrams described above. The facility is designed to provide a high level of redundancy, both in paper processing and in container processing.

For the paper line, two receiving pits are shown and each line is capable of handling either the maximum anticipated mixed paper waste or the maximum anticipated segregated paper waste.

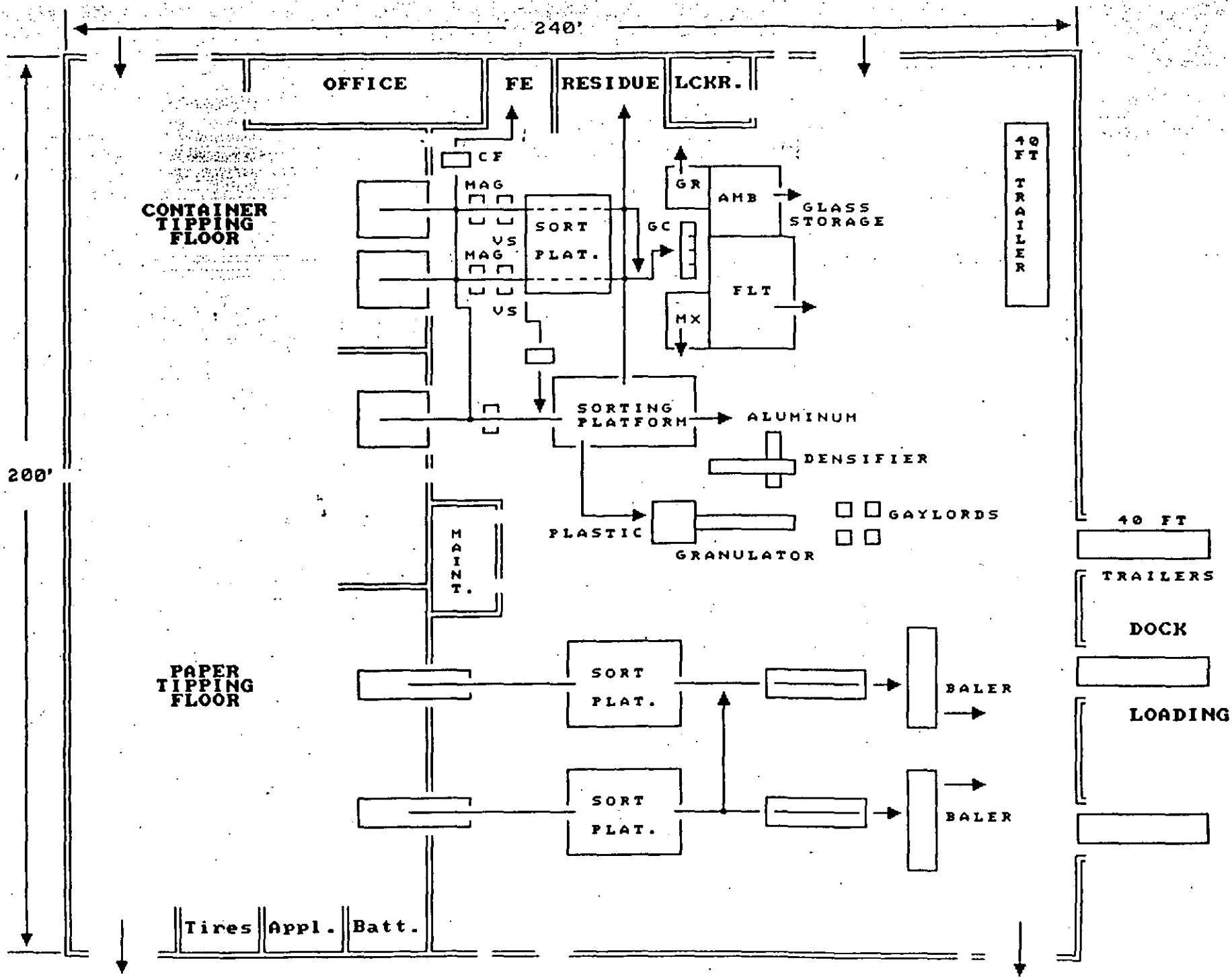
Similarly, for the container line, three receiving pits are shown. Two of the lines are totally redundant, with each capable of handling either the maximum anticipated mixed container waste or the maximum anticipated segregated container waste. The third line is provided to handle segregated plastic and aluminum containers exclusively.

The tipping floor and product storage areas are sized for a minimum of one day's storage of all materials.

This particular design provides for a facility with a minimum risk of downtime resulting from equipment failure. However, the provision of extensive redundancy is expensive. Substantial economies may be realized by eliminating redundant processing capability and operating on at least a two-shift basis. However, in any plant, machinery can and will break down. In the case of a plant with little or no redundancy, plans must be in place regarding how to meet anticipated breakdowns to minimize the effect of an outage.

Mixed MSW

Recyclable materials can be recovered in a mixed MSW processing facility. Such materials recovery facilities segregate and recover the recyclable components from the heterogeneous-mixture MSW. As opposed to MRFs processing commingled and segregated


240'
200'
OFFICE
FE
RESIDUE
LCKR.
CF
MAG
VS
MAG
VS
SORT
PLAT.
GC
GR
AMB
GLASS
STORAGE
FLT
MX
40
FT
TRAILER
CONTAINER
TIPPING
FLOOR
SORTING
PLATFORM
ALUMINUM
DENSIFIER
GAYLORDS
PLASTIC
GRANULATOR
MAINT.
40 FT
TRAILERS
DOCK
LOADING
PAPER
TIPPING
FLOOR
SORT
PLAT.
BALER
SORT
PLAT.
BALER
Tires
Appl.
Batt.

components wherein 90% or more of the input materials are recovered in the form of marketable end-products, MRFs processing mixed MSW can recover approximately 10 to 20% of the input in the form of marketable grades of metals, glass, plastics, and paper. Additional resource recovery can be achieved by integrating into the facility design additional processing operations to recover refuse-derived fuel (RDF) or a compostable feedstock. These options for integration can increase the total diversion to within the range of 75 to 85% if markets for the other materials exist.

An example of a materials recovery facility design configured for the primary purpose of processing and recovering recyclable materials from mixed municipal solid waste, including ferrous, HDPE, PET, aluminum, and several grades of paper, is presented in Figure 4. The processing capacity is assumed to be 50 TPH. The processing system incorporates both mechanical and manual separation processes in order to optimize the recovery of marketable secondary materials. The design recovers approximately 15% of the input mixed waste in the form of marketable grades of recyclables.

Wastes are assumed delivered to the facility via transfer trailers or refuse collection vehicles. A description of the facility design follows.

Wheel loaders and a picking crane are employed to remove large, heavy objects and other nonprocessibles from the waste stream prior to the waste entering the processing equipment.

Provision is made in the facility to segregate corrugated and other marketable waste paper grades by wheel loader that arrive in loads of waste composed predominantly of paper materials. When sufficient corrugated or other paper grades are removed on the tip

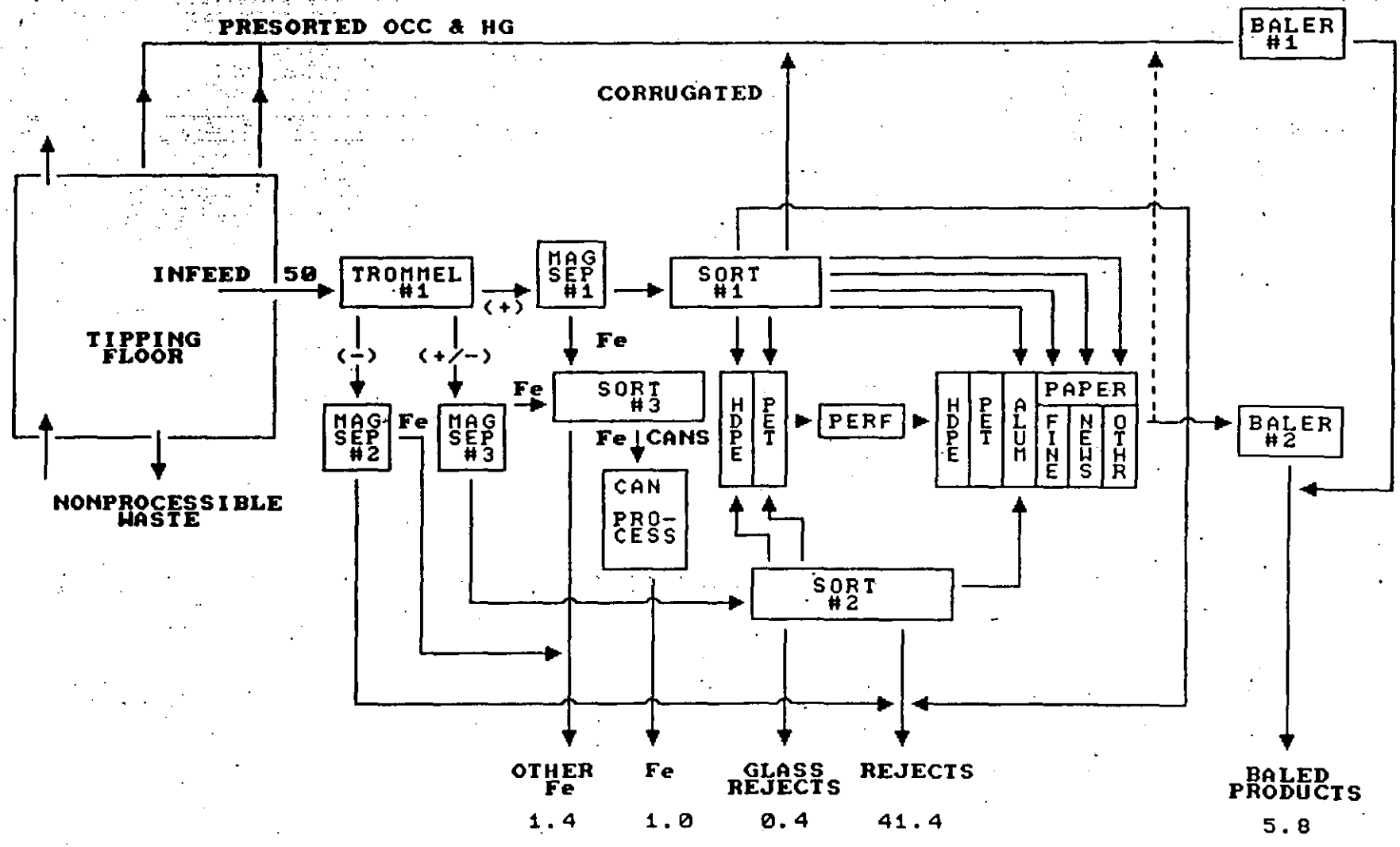


Figure 4. Flow Diagram for a Mixed MSW MRF (TPH)

ping floor by wheel loader and accumulated, the materials are transported directly to a baler, bypassing the mixed waste processing equipment.

Mixed MSW is introduced to a two-stage primary trommel, with the first stage undersize material passing by a magnetic separator for ferrous extraction. The resulting process residue is routed to the output residue stream.

The primary trommel second-stage unders pass through a magnetic separator, where the ferrous is removed and conveyed to a sorting station. At the sorting station, ferrous from the trommel oversize material extracted by a magnetic separator joins the ferrous extracted from the second-stage trommel unders. Ferrous cans are sorted from other ferrous and sent to a can processing subsystem to provide a product with minimal contamination.

After passing through a magnetic separator, the primary trommel overs are conveyed to a second sorting station where HDPE, PET, aluminum, cardboard, and various paper grades are manually separated. When sufficient quantities of these materials are accumulated, they are processed by one of two balers. The second baler serves as a component of processing redundancy for the facility.

A third sorting station receives undersize from the second stage of the primary trommel after ferrous removal. HDPE and PET containers are manually sorted at this station, as well as aluminum and some high-grade paper. The remaining waste joins the waste from the sorting station processing the trommel oversize stream.

Substantial manual sorting is utilized for segregation of plastics and aluminum because manual sorting is efficient for recovering the various plastic polymers and aluminum beverage containers and because of the opportunity for employment development.

Additionally, mechanical and electro-mechanical separation systems for plastic polymers and aluminum materials are developmental for waste processing applications.

Process residues account for about 85% of the incoming solid waste. Much of the process residues are combustible and biodegradable organic materials. These materials require landfill disposal unless processed for energy recovery or converted to a compostable feedstock for subsequent composting. For example, if refuse-derived fuel recovery is integrated with materials recovery, the residue stream could be reduced to 15 to 25% of the input MSW.

Conclusions

The design of materials recovery facilities is dependent upon a number of considerations. One key consideration in the selection of appropriate facility designs is the form o the delivered feedstock, i.e., source-separated recyclables or mixed municipal solid waste. A second key consideration is the level of recycling or waste diversion that is required. Source separation programs (i.e., collection and processing) may achieve 20 to 30% diversion, while mixed waste processing may be required if diversion goals are 30% or greater. Of course, markets must be available for the recovered products in either case.

The impetus toward greater rates of waste diversion from landfills places a greater burden on the designer to efficiently and cost-effectively process and recover additional components of the waste stream. This paper has presented the rationale of process design and examples of facility designs to illustrate the variety of processing means available to achieve waste diversion.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

MUNICIPAL SOLID WASTE COMPOSTING IN WEST GERMANY THREE CASE STUDIES

EXPOSITOR:
ING. GUSTAVO SOLORZANO

PALACIO DE MINERIA

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

G. SOLORZANO

MUNICIPAL SOLID WASTE COMPOSTING IN WEST GERMANY
THREE CASE STUDIES

Henry R. Boucher, Principal Engineer
Camp Dresser & McKee Inc.
Edison, New Jersey

Presented at the

First U.S. Conference on Municipal Solid Waste Management

June 13-16, 1990

MUNICIPAL SOLID WASTE COMPOSTING IN WEST GERMANY

THREE CASE STUDIES

Henry R. Boucher, Principal Engineer

Camp Dresser & McKee Inc.

Edison, New Jersey

This is a presentation of a fact-finding tour in 1989 of three municipal solid waste (MSW) composting plants in West Germany. The three plants visited process between 80 and 200 tons a day of mixed municipal solid waste (residential waste only at one plant), producing three basic output streams: compost, recyclables, and residue. The tour pointed out a number of important factors to consider when evaluating a solid waste composting plant, including composition of the incoming waste, recovery of non-compostable recyclables, end uses of the compost product, and residue and reject disposal.

The three solid waste composting plants visited are located in Duisburg, Aurich, and Bad Kreuznach, West Germany. All three plants employ the DANO drum in the composting process. We now look at each one.

DUISBURG, WEST GERMANY, COMPOSTING PLANT

In operation since 1958, the Duisburg composting plant is a 2-drum system which for the last four years has been composting domestic MSW from a select area of the City of Duisburg comprised of about 95,000 residents in single-family and two-family dwellings with relatively large gardens.

The input waste is collected in 120 liter (32 gallon) and 240 liter (63 gallon) containers only. 17,000 to 20,000 tons per year are processed. The plant is operated Monday-Friday with one 8-hour shift. The labor force is 9.

To keep heavy metal concentrations down, household-only MSW is composted. The rest of the City of Duisburg's (pop. 550,000) solid waste is incinerated. Plant management noted that the composting plant was but one part of the city's overall municipal waste management system, whose primary purpose is not necessarily to produce compost but to process a portion of the city's waste.

From November through January, the plant stops composting household refuse and composts the leaves collected throughout the city (about 19,000 cubic yards per year, or about 9,400 tons).

Other wastes processed at the plant are stable manures from the city zoo and a slaughterhouse (about 1100 tons per year) and grass clippings. Because the service area has small lawns and because backyard composting is widely practiced, the quantity of grass clippings is small (about 2200 tons per year).

The plant is situated near residential areas, an in-city location. A sewage treatment plant also exists on the site.

Plant management noted that their main emphasis is on marketing the compost. Major markets for the compost are farmers, nurseries, and as a

bio-filter for odor control at other waste treatment plants (about 60 to 70 percent of the compost is marketed as a biofilter). To maintain marketability, much time is spent on process adjustments to ensure that the compost products suit their markets. Storage space equivalent to two years' processing capacity is available onsite. In the years selling compost products made from household MSW, plant management reports that there has never been a time when composting was stopped due to lack of sales.

It should be noted that this plant processes household refuse only; wastes from commercial sources such as corrugated cardboard, office paper, mixed paper are not composted here. Plant management said the DANO drum can process cardboard and other larger pieces but would do so not to produce compost but to pretreat the material for incineration (homogenizing step). This issue relates to collection container size. Limiting container size has been found to be important to successful composting operations because waste from larger containers (e.g., 300 gallons) contains more bulky material which lowers the overall organic content and dictates more sorting before the drum.

Process Description

Incoming waste is weighed and is conveyed past a magnetic separator. A hand-picking operation then removes relatively large and/or non-decomposable items such as bottles, tin cans, and plastic bags.

After hand-picking, the waste is conveyed into the 3.5 m x 26 m DANO drum. Residence time is 36 hours. Recently, according to plant manage-

ment, sludge has ceased being added to the waste because of concern for dioxins in the compost. To replace sludge, nitrogen is added to the waste (the source of nitrogen being added is discarded fire extinguisher contents).

After the drum the waste passes through two screens, a 16 mm (coarse) and a 8 mm (fine) screen.

The fresh compost is stored in an aerated static pile curing area. The source of air for the aeration system is plant air including the drum. Air passing through the compost is cleansed of odors while maintaining the piles in an aerobic condition. After 3 weeks of curing, the compost is transferred to storage. In storage, augur holes are drilled into the compost piles to create a stack effect and eliminate the need for turning the piles over.

Mass Balance

For 100 tpd in 5 tpd is removed in pre-sorting. 95 tpd into the DANO drum plus 28.5 tpd water addition at 30% minus 28.5 tpd decomposition loss equals 95 tpd out of drum after 36 hours. 38 tpd of rejects from the 16 mm screen leaves 57 tpd to go to compost curing.

Processing cost is approximately $28/ton (including residue disposal). Compost revenue is about $5/ton. (1989 figures).

Comments

- The plant is both a research and testing facility and a component of the city's solid waste management system.

- The success of the plant in producing marketable compost is due to: (1) a pre-selected waste stream (household waste characterized by little bulky waste, high organic content, little cardboard, office paper and other paper products); (2) constant efforts by plant management to adjust process so that compost produced remains marketable; (3) and the marketing and composting expertise of the plant manager.

AURICH, WEST GERMANY, COMPOSTING PLANT

The Aurich plant, which is located in rural northern Germany, is a materials recovery and composting plant serving a population of 175,000. Current throughput is 50,000 tons per year. The labor force is 20. Site size is about 5 acres.

Process Description

MSW from residential, commercial and institutional sources is processed by the plant. Incoming MSW is deposited on a tipping floor and pushed onto a conveyor. The waste is conveyed past a magnetic separator to the hand-sorting area. Here ferrous and non-ferrous metals, glass, mixed paper, light plastics, rubber/leather/textiles and household hazardous waste con-

tainers are manually sorted. Except for the rubber/leather/textiles and ehold hazardous waste fractions, the hand-sorted materials are recycled. A rotating screen before the DANO drum removes over 100 mm material (about 15% of input) as reject.

After the drum, the material is separated into over and under 20 mm fractions. The under 20 mm material is further separated into under 8 mm and 8-20 mm fractions (fine and coarse compost). About 25 percent of the input waste is 20 to 100 mm size and about 50 percent of the input waste is less than 20 mm.

The compost is stored for 2 months and then put on an aeration slab for filtering.

Quantities and Marketing

For 50,000 tons per year input, compost production is 25,000 tons per year. 12,500 tons per year of 8 mm (fine) compost is sold in bulk to nurseries and landscapers ($10-15/ton) and 12,500 tons per year of 20 mm (coarse) compost is sold in bulk to landscapers for soil loosening and conditioning. A small amount is mixed with peat (necessary to meet heavy metal limits) and sold in bags to area consumers. The plant has long-term contracts for coarse compost sales. Sludge addition has been reduced from 40 tpd to 5 tpd because of heavy metal concerns.

Economics

Overall cost (incl. capitalization, transportation, collection, processing and residue disposal) is about $30-38 per ton. Average revenues are less than $5/ton. The construction cost (1982) was about $7 million.

Bad Kreuznach, West Germany, Composting Plant

Located in an industrial sector of the city of Bad Kreuznach, the new DANO composting plant in Bad Kreuznach went into operation in 1987 and was designed to operate as a continuous, highly mechanized facility with several hand-sorting stations for separation of recyclables prior to composting. However, at the time of the plant visit, numerous plant mechanisms were not operating and the plant process train was not functioning as originally designed.

The plant employs a single 4.25 meter x 40 meter DANO drum with a design capacity of 220 tons per day. The service area population is 145,000. The facility is publicly owned but privately operated. MSW from residential and commercial sources is processed.

Process Description

MSW is deposited on an enclosed tipping floor where the material is pushed onto a steel plate conveyor. The waste is separated by a trommel screen into two sizes: under and over 15 mm. The under 15 mm material is sent directly to landfill (about 18 percent by weight of incoming

material). This step was implemented because it was thought that the ler particles were largely responsible for high heavy metal concentrations. This has since been found not to be true and government permission is being sought to eliminate this step since a significant amount of compostable material exists in the under 15 mm fraction. The over 15 mm MSW is then conveyed past a magnetic separator and then past 3 hand sorters who manually remove glass, large pieces and plastic. (The original design called for separating the over 110 mm fraction from the 15 to 110 mm fraction. Each fraction was to go to separate manual sorting stations, plastics, paper and cardboard hand sorting on the over 110 mm line and glass sorting on the 15 to 110 mm line). At the time of the plant visit there was only one sorting line with three sorters manually removing large objects from the waste stream.

After the sorting and magnetic separation, the waste enters the DANO drum. Residence time is 24 hours. At the end of the drum, a rotating 80 mm screen separates the material into over and under 80 mm fractions. The over 80 mm material is landfilled. The under 80 mm material passes through another screen which produces under and over 18 mm fractions. The over 18 mm fraction is landfilled. The under 18 mm fraction is conveyed to a ballistic separator, a device for removing hard material (glass, metal, etc.) from the compost. The ballistic separator was down on the day of the tour and had not worked well in the past (40% efficiency of separation of hard material). The under 18 mm material represents the final product which is transported to the storage area for three months of storage. A short curing step on aerated slabs is not practiced. Storage area onsite is inadequate; as a result compost piles are 3 meters high instead of the recommended 2 meters.

One third of the input becomes compost; another third is landfilled; and the remaining third consists of decomposition loss and metal and glass recyclables.

Operating cost is about $33/ton; capital cost was about $16 million. The labor force numbers 18.

The compost product was relatively coarse (18 mm) and the product contained bits and pieces of metals, glass, plastic, etc.

The Bad Kreuznach operation is basically designed for the unique market it has always had--an erosion control product for the German vineyards (the plant is in a wine-growing region), sold for about $5/ton. For this end use 100% pathogen removal is not required. The product is not approved, nor aesthetically suitable, for household use. To produce clean salable metal, the over 110 mm material removed by the magnetic separator must be re-sent past the magnetic separator. Sorted glass has been difficult to recycle because of high broken glass content.

Findings and Conclusions Based on the Three Plants

- Compost marketing is the most important challenge for plant operators. (One operator reported that the majority of his time is spent on product marketing).

- The West German solid waste undergoing composting exhibited important differences from typical Northeast U.S. waste. Based on observations, the following differences were noted:

- Less newspaper
- Fewer aluminum cans and glass bottles
- Substantially less paper and plastic packaging material
- Little bulky waste
- Less junk mail
- More food waste (no kitchen food disposers)
- Little corrugated and office paper in compost plant waste streams

o On average, forty to fifty percent, by weight, of material entering the plants was screened out be landfilled or incinerated.

o Since the DANO composting plants visited in W. Germany are processing a different waste stream than typical U.S. MSW, caution should be exercised about transferring the results achieved at these West German plants to the U.S. situation.

o The hand-sorting materials recovery process was not producing a large, high quality recyclables stream. Substantial amounts of recyclables were not being removed by the sorting step before the drum.

o Odors were not a major nuisance during the plant visits. Odor controls such as biofilters are used to control odors.

- Provisions for leachate control were not evident at the plants.

- Substantial site area is devoted to compost storage.

(337/LM)

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

NEW YORK CITY RECYCLING STRATEGY

EXPOSITOR:
ING. GUSTAVO SOLORZANO

PALACIO DE MINERIA
Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

WHITE PAPER G SOLORZANO

NEW YORK CITY RECYCLING STRATEGY

Help Reduce
New York's Waste.
Please Recycle.

THE CITY OF NEW YORK

Edward I. Koch, ***Mayor***

DEPARTMENT OF SANITATION

Brendan Sexton, ***Commissioner***

OFFICE OF OPERATIONS PLANNING, EVALUATION AND CONTROL

JANUARY, 1988

Vincent P. Whitfield

Deputy Commissioner for Operations

Debra Stabile

Assistant Commissioner for O.P.E.C.

EXECUTIVE SUMMARY

The purpose of this document is to explain our rationale for rapidly increasing recycling citywide, to recommend program priorities, activities and timetables, and to propose supporting legislative and policy initiatives. We outline policies and programs needed to attain at least our 15% recycling goal by 1991 and to push recycling to its maximum potential.

To divert 15% of our garbage by 1994 will require immediate expansion of recycling collection and the creation of an infrastructure of processing facilities and markets.

GOALS

The Department's recycling recommendations are based on the success of its current program and an evaluation of economic incentives. They have two major goals. The first goal is to attain the maximum and quickest tonnage reduction possible in order to extend Fresh Kills' life and reduce future dependence on export or new landfill construction. This requires immediate and major expansion of recycling efforts.

It is time to recognize that the capacity in New York City's Fresh Kills landfill is an invaluable resource; once gone, no expenditure will bring it back. Our most recent estimates indicate that Fresh Kills will reach capacity in ten to twelve years. Tonnage has increased from less than 21,000 tons per day in Fiscal 1984 to more than 26,000 tons per day during Fiscal 1987. This increase is almost entirely due to private carter waste which is returning to the City as out-of-City disposal options have decreased or become more costly.

There will always be a need to landfill some portion of the City's waste which either cannot or should not be burned, or which is a residue from burning or recycling. Preserving this resource as

long as possible must be our first priority and is the primary rationale for supporting municipal recycling efforts. These efforts can be achieved both through collection mechanisms and legislative and policy initiatives.

The second recycling goal is to give high priority to materials whose removal provides economic, operational or environmental benefits to other disposal methods. Although resource recovery and landfilling are essential components of any solid waste management strategy, recycling is a necessity in making them work more effectively. For instance, one third of all of New York City's wastes will not burn or are unacceptable for disposal at resource recovery facilities. These two categories include glass and metal, most construction waste, tires, a large percentage of household bulk (e.g., major appliances, large furniture), and most of the dirt and other materials from street cleaning.

Recycling these materials can reduce landfill demand and will substantially reduce ash volume. Recycling specific materials can have environmental benefits and improve BTU content as well as facility operations. Incinerators will also benefit greatly from the removal of non-burnables from the waste stream and both incinerators and resource recovery facilities will probably come to depend on reuse of ash and combustion by-products, because we will not have the capacity to bury it all. Landfill operations improve with the removal of problematic materials such as tires and refrigerators. Both new landfills and export will be so expensive that they will only be practical if we have first reduced waste volume greatly by recycling and burning. Specifically, in this document the Department proposes collection programs to divert household bulk and other non-burnables and unacceptable materials from these disposal sites.

DISPOSAL ECONOMICS

Although recycling is often considered a net expense in the City, this is only because it is here now, while resource recovery, export or new landfills are just prospects. In reality, recycling

will be the key to making other approaches affordable. More stringent regulations for closing landfills in the Northeast and the fact that there is a "seller's market" for export of waste are increasing the cost of all waste disposal mechanisms at such a rate that we fully expect the tipping fee to continue to be raised each year. Tipping fees have increased more than 400% in the past five years and the last estimate of $51 per ton, will soon seem a bargain. In addition, reported export costs now reach $85 per ton and higher.

To force maximum possible recycling of commercial waste the City must charge the private sector for the true cost of disposal. Private carters are not yet paying a fee equal to the most recent estimate of Fresh Kills' replacement value, much less the higher cost that any future analysis will surely project. In the midst of a waste disposal crisis, it makes no sense to run a perpetual fire sale for tipping fees. Private carters have traditionally recycled easily accessible or valuable wastes. As disposal costs increased, private carters, recycling companies and transfer station operators have increased investments in separation equipment to extract recyclables. New tipping charges will further increase their economic incentive to continue recycling materials from commercial and construction waste whenever the cost of recycling is less than the cost of disposal. These recycling activities will help in reaching our percentage goals, although we cannot reliably predict how many tons will be diverted by fee increases.

Our plans for diversion of this waste stream are primarily regulatory. They are designed to encourage the existing recycling trends and include: (1) increasing tipping fees very sharply; (2) banning selected materials from disposal facilities; (3) reducing or not charging tipping fees for segregated loads of recyclable materials; and (4) imposing legal or regulatory requirements that businesses separate out recyclables or that private carters recycle certain materials.

Programs and policies to further encourage recycling from the private sector should first target the estimated 3,800 tons per day of commercial and construction waste which is either non-burnable or unacceptable at resource recovery facilities.

MANDATORY RECYCLING

Financial incentives however, do not exist for fully 60% of the waste generated in New York City. Therefore, it is essential to create policy, regulatory and legislative mechanisms to require recycling from those who do not pay for waste collection or disposal. This means that recycling must be mandatory to ensure the highest level of participation and lowest per ton cost of collection. Those affected include homeowners, apartment dwellers, and tax-exempt property owners who have no direct economic incentive to reduce current or future City disposal costs. City agencies also have no direct budget incentive to recycle, even if the cost of separating out materials for recycling would cost their agency less than the cost to the City of collecting and disposing of those recyclables as garbage.

Recycling 4,200 tons per day (15% recycling based on 28,000 tons per day of garbage in 1991) can and should be achieved primarily by recycling material from these individuals and agencies. They are the highest and most immediate priority for the Department collection programs described in this document. Little recycling is done now from these locations and any recycling achieved by mandatory participation in Department programs will result in system-wide savings for regular garbage collection.

DEPARTMENT RECYCLING PROGRAMS

We have concluded that a successful and cost-effective commitment to recycling requires the City to:

1. Establish a citywide mandatory waste separation and recycling program directed primarily at those who receive free collection or disposal services.

2. Site and build processing facilities for many of the materials collected by the Department for recycling (as well as support the development of facilities in the private sector) which are more efficient and can accept a wider range and type of materials.

3. Actively promote markets for materials which are collected for recycling purposes.

Implementation of the Department's programs will enable the City to divert the materials listed in Exhibit I, assuming a well-enforced mandatory program. Diversion of the 4,375 tons per day projected from the non-commercial waste stream will enable the City to exceed its 15% goal.

The most visible and largest program recommended by the Department is to expand our current programs to collect six materials. These six materials would be separated by residents and agency employees and set out in two separate piles (3 types of paper in one and 3 types of containers in another). By limiting sorting to two piles we increase ease of participation and worker efficiency. Where possible, the Department will collect using containerized vehicles, which are cheaper to operate. For most of the City however, access and storage space limitations will require pick up at the curb, much like the current curbside program. The costs for both the curbside and containerized programs will be offset by savings from our regular household collection efforts. Because materials will be diverted away from the regular household waste, our existing routes can be extended. If we also replace one regular collection day with a recycling collection day the offset will be even greater.

Contingent upon the City's fiscal condition, we propose that our programs expand in Fiscal 1989 to cover all residents in Manhattan and Staten Island and in three districts in each of the three other boroughs. By the end of Fiscal 1991 all residents and agency employees in all boroughs should be mandated to divert all six

EXHIBIT I
TONNAGE TO BE DIVERTED
(by material)

Materials	Tons Per Day Recycled[a]
1. Newspaper, magazines, corrugated paper, and glass, metal and some plastic containers	2,270
2. Leaf and yard waste from the residential areas and parks	80
3. Household bulk materials	400
4. Lot cleaning	400
5. Other institutional material (e.g., paper, inter-agency construction waste, office paper, and metal and plastic)	200
6. Ferrous metal recovery at incinerator locations	200
7. Bottle bill materials	825
Subtotal	4,375
8. Private Carter Materials	550
GRAND TOTAL	4,925

---

[a] By the end of Fiscal 1994.

materials; by then the Department's curbside and containerized programs should be capturing more than 1,000 tons per day.

In addition to mandatory separation of recyclable materials by households and agencies, we recommend the on-site processing by City agencies of some materials which are disposed of in large quantities, such as baling of corrugated in office buildings and composting of leaves at park locations.

PROCESSING FACILITIES

The City must establish processing facilities in each borough to further sort and prepare most of the recyclables collected by the Department. Existing private sector operations may be able to process mixed appliances and wood from household bulk collection and certain separated materials. However, there are currently no facilities available to accept other mixed materials from the residential waste stream, nor do composting sites exist for leaves and yard waste. The extraction of the remaining ferrous metal at incinerator sites, separation of dirt and recyclables at vacant lots and screening of excavation and demolition material at Fresh Kills for landfill cover will all require substantial investments in equipment. Transfer stations are also essential to lower transportation costs and provide interim storage before delivery to processing facilities.

Siting and construction must begin immediately for these facilities. Existing Department locations will be given priority as potential processing sites in order to minimize barriers to meeting the deadlines for expansion of collection programs.

Policies to encourage the private sector to expand or upgrade their own facilities to accept Department recyclables or process more non-burnable and unacceptable materials include: assistance in locating sites; changes in some transfer station regulations; financial assistance; and long term contracts which guarantee a

steady flow of materials and revenue. The City should purchase (contract for) transfer station services in areas where we cannot site our own processing centers.

MARKETS

Markets must be developed for recycled materials because current markets probably cannot absorb the potential tonnage in the Northeast region if most localities move toward municipal recycling. We will minimize market fluctuations by collecting materials with the highest potential for resale, processing them in a manner that makes them competitive and spreading market risk by collecting as many materials and targeting as many market options as possible.

Market development is critical to ensure a demand for collected recyclables. The City must create its own markets through direct use of materials by City agencies. For example, crushed glass can be used as a substitute for stone in asphalt while plant and composted leaves are useful as soil additives in parks. The City should also encourage new markets by specifying recycled content in products the City buys. And the State must make new market development for recycled materials a major priority for State agencies under the New York State Solid Waste Plan.

To attain these goals, we propose an implementation schedule which will enable the City to establish a collection, processing and marketing infrastructure to reach our 15% goal (although not until the end of Fiscal 1994). By the end of Fiscal 1991 we could be diverting approximately 3,200 tons per day (11.4%). Also by that time, dump fees should reach at least $30 per yard, raising at least an additional $75 million a year and diverting from our landfill 550 more tons per day (2.0%). However, because of the City's current fiscal condition this schedule may need to be revised.

LEGISLATIVE AND POLICY INITIATIVES

Legislative and policy initiatives will be effective mechanisms towards managing our solid waste. In addition to mandatory recycling, the City will actively propose and support waste reduction and recyclability legislation and revisions of building codes. These legislative actions and code revisions are attractive because, to a large extent, they will enable the City to exceed its 15% diversion goal as well as put the burden of cost on the private sector. However, as stated in our first goal, the City must achieve the maximum and quickest tonnage reduction possible. These initiatives supplement the recycling programs we put forth; they do not compete with or serve as substitutes for the recycling programs. Many of the legislative initiatives however cannot be implemented or have significant diversion impacts in the near term.

Waste reduction legislation is recommended to provide incentives for manufacturers to produce long-lasting, durable products or reusable products; to ban or severely tax excessive packaging and disposable goods; and to place deposits on targeted materials (e.g., beverage containers, batteries, tires). In order to improve the recyclability of the waste stream we recommend supporting legislative and policy initiatives which emphasize substituting hard-to-recycle materials which have not yet developed markets with easily recyclable materials which have available markets. Revisions in the New York City building codes must also be made too so that it is easier and safer for people to separate and store materials for recycling.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

STUDAY AND ASSESSMENT OF EIGHT YARD WASTE COMPOSTING PROGRAMS SCROSS THE STATES

EXPOSITOR:
ING. GUSTAVO SOLORZANO

PALACIO DE MINERIA

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

United States
Environmental Protection
Agency

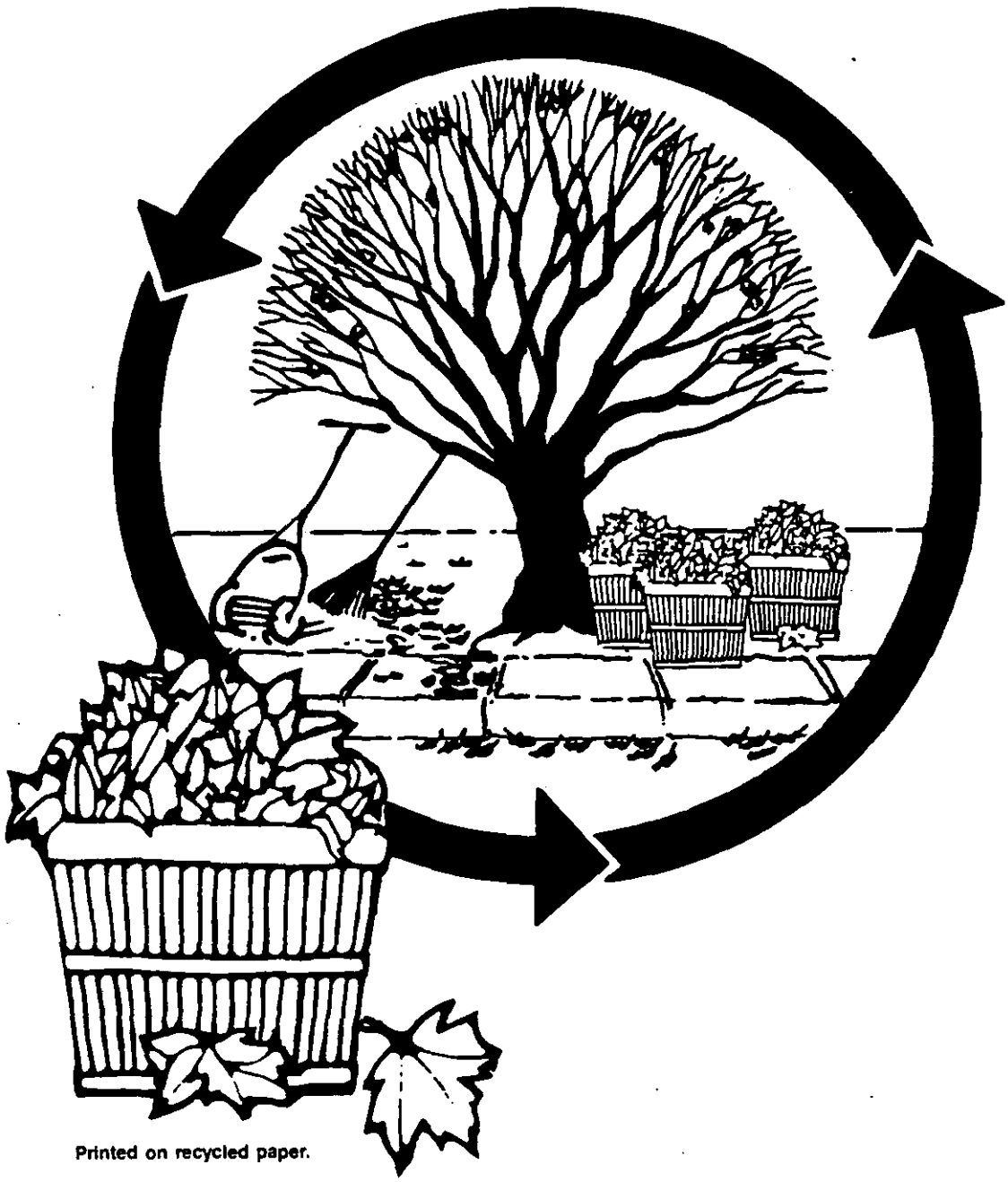
Solid Waste and
Emergency Response
(OS-305)

EPA/530-SW-89-038
April 1989

EPA

Yard Waste Composting

A Study of Eight Programs



Printed on recycled paper.

GUSTAVO SOLORZANO OCHOA

STUDY AND ASSESSMENT OF EIGHT YARD WASTE COMPOSTING PROGRAMS ACROSS THE UNITED STATES

Prepared by:

Alison C. Taylor

Harvard University

National Network for Environmental Policy Studies Fellow

and

Richard M. Kashmanian, Ph.D.

Project Officer

Office of Policy, Planning, and Evaluation (PM-223)

Project Funded by U.S. Environmental Protection Agency through Fellowship Number U-913010-01-0

December 30, 1988
(rev. 2)

Copies may be obtained from:
Richard Kashmanian
Regulatory Innovations Staff (PM-223)
Office of Policy, Planning, and Evaluation
U.S. Environmental Protection Agency
401 M Street, S.W.
Washington, D.C. 20460

Acknowledgements

Comments on previous drafts have been received from the following representatives of the yard waste composting programs included in this study:

Name:	Affiliation:
M.R. "Pat" Berdan	Town of Wellesley, Massachusetts/Board of Public Works
Leo Carlson	Pacific Topsoils, Inc., Bothell, Washington
Richard Eisinger	Composting Concepts, Inc., Afton, Minnesota
Robert Goldberg	Montgomery County, Maryland/Department of Environmental Protection/Division of Environmental Planning and Monitoring
Edward Gottko	Town of Westfield, New Jersey/Department of Public Works
Joseph Hayes	Woodhue Ltd., Wrightstown, New Jersey
Pat Kennedy	Middlebush Compost Inc., Somerset, New Jersey
John Madole	John C. Madole Associates, St. Paul, Minnesota
Dorran McBride	Pacific Topsoils, Inc., Bothell, Washington
Jacob Montgomery	City of East Tawas, Michigan
G. "Nick" Nicholson	Woodhue Ltd., Wrightstown, New Jersey
Ken Shepard	Davis Waste Removal Co., Davis, California
Dan Slattery	City of Omaha, Nebraska/Department of Public Works/Quality Control Division
Nora Smith	Seattle, Washington/Solid Waste Utility/Seattle Engineering Department

The following reviewers also provided useful comments on previous drafts:

Name:	Affiliation:
Ron Albrecht	Ron Albrecht Associates
Kate Cooper	Wisconsin Department of Natural Resources/Bureau of Solid Waste Management
Truett DeGeare	U.S. EPA/Office of Solid Waste
Andrew Duncan	Association of New Jersey Recyclers
Trisha Ferrand	Ferrand Associates
Jim Glenn	BioCycle Magazine
Nora Goldstein	BioCycle Magazine
Clark Gregory	Fulton County, Georgia Soil and Water Conservation District

Tapio Kuusinen	U.S. EPA/Office of Policy, Planning and Evaluation
Howard Levenson	U.S. Congress/Office of Technology Assessment
Greg Lindsey	Johns Hopkins University/Department of Geography and Environmental Engineering
Ron McHugh	U.S. EPA/Office of Policy, Planning and Evaluation
Ellen McShane	New Jersey Department of Environmental Protection/Division of Solid Waste Management
Jeremy O'Brien	Public Technology, Inc.
James Opaluch	University of Rhode Island/Department of Resource Economics
Jerry Powell	Resource Recycling Magazine
Peter Strom	Rutgers University/Department of Environmental Science
Todd Williams	E&A Environmental Consultants
Keith Wolff	Massachusetts Department of Environmental Quality Engineering/ Division of Solid Waste Management

Table of Contents

Tables and Figures

Tables

Figures

I. Introduction

The United States has a municipal solid waste (MSW) management problem of vast dimension. We are quickly running out of places to landfill MSW (i.e., solid wastes from primarily residential sources, as well as commercial, institutional, and industrial sources); however, our residents generate increasing volumes of MSW annually. We are currently generating 160 million tons of garbage per year with an expected increase of 20 percent by the year 2000 (U.S. EPA, 1988). At the same time, nearly one-third of the MSW landfills in this country are expected to reach capacity between 5 and 7 years from now (Porter, 1988), while new landfills are difficult to site. Currently, approximately 80 percent of the MSW stream is landfilled, 10 percent is incinerated, and 10 percent is recycled (U.S. EPA, 1988).

Administrators at all levels of government have stressed source reduction and recycling as sound approaches to help alleviate the increasing burden on landfills. J. Winston Porter, Assistant Administrator for the Office of Solid Waste and Emergency Response at the U.S. Environmental Protection Agency (EPA), has targeted a national goal of 25 percent source reduction and recycling by 1992, as an important step toward reducing this burden on landfills (Porter, 1988).

Yard wastes, i.e., debris such as grass clippings, leaves, brush, and tree prunings, have been estimated to comprise approximately 18 percent of the annual national MSW stream gross discards (U.S. EPA, 1988). Yard waste generation rates and composition vary by season, year, and region. In fact, during the peak months of their generation (i.e., primarily during the summer and fall months), yard wastes can represent 25-50 percent of the MSW stream.

Landfilling and incineration (or combustion in waste-to-energy facilities) are poorly suited to the management of leaves and grass. Since yard wastes are relatively clean, biodegradable material, landfilling them is unnecessary and inefficient, wasting precious landfill space. Also, their decomposition can contribute to problems of methane gas, acidic leachate, and settling at landfills. The seasonal nature of yard waste generation can cause incinerators designed to handle this type of solid waste to be over-sized and operate inefficiently. Furthermore, the high moisture content of this type of waste inhibits complete combustion and results in the availability of little net usable energy for power generation, and its burning contributes to carbon dioxide and nitrogen oxide emissions.

Yard wastes are often source separated and, by a recycling process known as composting, made into a soil amendment or mulch for use by residents, nurseries, park services, government and private landscapers, and other groups. Mixed into the soil as an amendment, compost can improve the soil's physical, chemical, and biological properties. As a mulch, compost can modify soil temperatures, reduce erosion, control weeds, and improve moisture retention (Rosen et al., 1988).

In addition to composting, other methods can be used to divert yard wastes from landfills. Yard wastes, particularly woody materials, can be ground or shredded, and perhaps processed further, to produce a mulch. Yard wastes can also be used as a bulking agent for other types of composting (notably municipal sewage sludge composting). Grass clippings can be left as a mulch on home lawns (McCown, 1988, 1987a,b; Rosen et al., 1988; Strom and Finstein, 1986; and Minnesota Extension Service--Hennepin County, undated). In addition, leaves can be incorporated into the soil to supply organic matter (Prince George's County, undated). However, since the leaves will compete with growing plants for nitrogen, composting is the recommended approach for preparing the material prior to incorporating it into the soil (Flannery and Flower, 1986). These methods for managing yard wastes can reduce the mass and volume of yard wastes by reusing or recycling the material and can also significantly contribute to achieving the national 25 percent source reduction and recycling goal.

Yard waste composting has great potential as a MSW management option in the U.S. It is estimated that there are between 800-1,000 yard waste composting facilities in the nation (Glenn, 1988b) and it is expected that many more will begin operation as the landfill situation becomes more critical (Glenn, 1988a). As the burden on landfills across the U.S. continues (U.S. EPA, 1988) and landfill tip fees continue to soar (Petit, 1988), many communities are beginning to look to yard waste composting to save landfill capacity and landfill disposal (and related) costs, and to produce a useful end product. In addition, several states have already passed legislation prohibiting some or all of their yard waste stream from disposal at landfills; for example, New Jersey passed the Statewide Mandatory Source Separation and Recycling Act banning the landfilling of leaves effective in 1988 (ANJR, 1988; State of New Jersey, 1988; Spielmann, 1988; Mattheis, 1987), and Minnesota has given its Twin Cities Metropolitan area until 1990, and the rest of the state until 1992, to come up with alternatives to landfilling of yard wastes (State of Minnesota, 1988). Other states and counties, as well, have passed or are proposing similar bans (Glenn, 1988a).

This study looks at the methods and products of yard waste composting in the context of 8 programs currently in operation in the U.S., in order to provide information and options to communities faced with difficult choices in the area of MSW management.

II. Elements of the Composting Process

Composting is an aerobic (oxygen-dependent) degradation process by which plant and other organic wastes decompose under controlled conditions. A mass of biodegradable waste, in the presence of sufficient moisture and oxygen, undergoes "self-heating", a process by which microorganisms metabolize organic matter (their food source) and release energy in the form of heat as a by-product. The heating occurs because the waste material also acts like an insulator, provided the pile is large enough. This process is nothing more than an accelerated version of the breakdown of organic matter that occurs under natural conditions, such as on the forest floor (Rynk, 1987; Strom and Finstein, 1986). During the composting process, decomposing waste generally loses between 40 and 75 percent of its original volume, although some communities report the occurrence of even greater reductions, before the microbes exhaust the readily available biodegradable food supply (Massachusetts DEQE, 1986). The reduction in weight during composting is less dramatic since finished compost is more dense than uncompacted leaves. At the end of the process, the compost reaches a stable state, in which no bad odors are generated and the nutritional content is available for plant uptake, when it is applied to the soil.

Since composting is a natural process, it can be carried out with as little, or as much, intervention and attention as the composter desires. When practiced by communities whose intention is to produce compost for their own use, or for sale, the level of technology imposed on the composting process is largely a function of the amount of available land, labor, and capital as well as the desired end product. Generally, yard wastes are collected and formed into elongated piles, called windrows, which are mixed or turned periodically to control oxygen, temperature, and odor levels and accelerate the composting process. After some decomposition and the desired reduction in volume occurs and/or a certain period of time elapses, windrows are combined to form curing piles in which the product remains until microbial activity slows to the point where the compost is deemed stable. Due to the potential time lag between when finished compost is ready for distribution and the market can accept it, the curing piles may also serve as a storage area.

The length of time required for this entire process varies (see discussion below and Table 7), depending on the composition of the yard waste stream, the size of the windrows, the frequency of turning, and the local climate. For example, since grass clippings contain relatively more nitrogen than leaves, they will compost more quickly. In addition, since grass clippings are wetter than leaves, windrows containing grass clippings need to be turned more frequently than those containing only leaves to avoid anaerobic, odorous conditions. Also, composting will occur more quickly in a warm climate than in a cool one.

Various parameters influence the composting process. These are discussed below, with more detailed discussions available in McCown (1988), Rosen et al. (1988), Strom and Finstein (1986), and Royer Industries (1973), among others.

A. Oxygen

Adequate oxygen penetration into windrows (i.e., to maintain aerobic biological conditions -- oxygen levels above 5 percent are recommended by Strom and Finstein [BioCycle, 1988]) is needed for the decomposition of organic wastes, such as yard wastes. Otherwise, anaerobic conditions can occur, resulting in low pH levels (below 6) and generation of malodorous compounds (Strom and Finstein, 1986), perhaps the greatest concern of composting facilities. Frequent turning will help to re-oxygenate the innermost region of the windrows and hasten the composting process. When steps are taken to accelerate the composting process (e.g., shredding to decrease particle size and provide a greater surface area for microorganisms to feed on), the supply of oxygen must be increased to avoid odor generation.

B. Temperature

Internal windrow temperatures affect the rate of composting and destruction of plant pathogens and weed seeds. Windrow turning can keep internal temperatures between 70 and 140 degrees F, the range of temperature favorable to composting (Strom and Finstein, 1986). Temperatures below 70 degrees F will slow composting; temperatures above 140 degrees F for several consecutive days will kill many desirable (i.e., feeding) microorganisms.

21-60 °C

There is a tradeoff between oxygen supply and temperature (which are inversely correlated and depend on windrow size). Windrows which are too small will easily supply oxygen to the interior of the pile, but will not achieve sufficient temperature levels in cold weather. Windrows which are too large will insulate their pile interior achieving high -- even excessively high--

temperatures but impede oxygen distribution. Recommended windrow sizes in varying circumstances are discussed below in the section on composting technologies.

C. Moisture

Moisture is needed by microorganisms for growth; therefore, water is a necessary ingredient to the composting process. Leaves may need to be wetted when windrows are initially formed (Strom and Finstein, 1986). Water may also need to be added as windrows are turned and re-formed. Strom and Finstein (1986) recommend moisture levels of at least 50 percent (wet weight basis). As a rough test for this moisture level, it should be possible to squeeze a few drops of water from a fistful of leaves. However, excessive moisture levels (above 60 percent) can lower internal temperatures by inhibiting the proper oxygen flow, resulting in odor problems.

D. Carbon/Nitrogen Ratio

Available nutrients, as gauged by the carbon/nitrogen (C/N) ratio, represent the available food source for the microorganisms. The higher the C/N ratio, the slower the decomposition. In such cases, nitrogen may be added initially, although it is usually not needed (Strom and Finstein, 1986). If nitrogen is added, increased windrow turning is required to maintain aerobic conditions.

Royer Industries (1973) states that decomposition occurs most efficiently at a 30 to 1 C/N ratio. Finished compost has a C/N ratio ranging between 10 to 1 and 20 to 1. Compared with fresh leaves, which have a C/N ratio of 60-80 to 1, grass clippings have a ratio of 20 to 1 (Royer, 1973) and are relatively high in moisture. As a result of their greater supply of nitrogen, grass clippings will decompose faster than leaves and, without an adequate oxygen supply through frequent turning, odors will result.

Since there are typically seasonal differences in the composition of yard wastes collected, grass clippings which are collected in the summer can be mixed with partially composted leaves which were collected in the fall or spring. Adding this nitrogen source accelerates the composting of leaves. As mentioned previously, mixed windrows need additional turning to ensure adequate oxygenation. The ratio of fresh grass clippings to partially composted leaves should be less than 1 to 1, with Strom and Finstein (1986) recommending a ratio of 1 to 3, though this may depend on whether a high-level composting technology is used (described below). Recent research by university and other specialists has involved testing finished compost for levels of lawn

chemicals found in grass clippings, a frequently cited concern (in addition to potential odor problems) about adding grass to composting leaves.

In many areas of the U.S., grass clippings are generated in greater quantities than leaves. As a result of landfill capacity and yard waste composting concerns, several communities and university extension specialists recommend that homeowners let grass clippings remain on their lawns to return valuable nutrients to the soil (e.g., McCown, 1988, 1987a,b; Rosen et al., 1988; Strom and Finstein, 1986; and Minnesota Extension Service--Hennepin County, undated).

Brush and other woody materials have a high C/N ratio (e.g., wood can have a 700 to 1 ratio) and decompose very slowly. In general and depending on the end product, these materials should not be included in windrows, but are better handled by chipping or shredding to produce a mulch or bedding material. The recommended diameter for woody material to be handled in this manner is between one-quarter inch (Rosen et al., 1988) and one inch (McCown, 1987b and Seattle's Solid Waste Utility and the Seattle Tilth Association, undated).

III. Composting Technologies

Composting is a relatively easy, versatile activity which may take place in individual backyards or in centralized facilities operated by communities or private companies. In this document, 4 technologies for centralized composting are discussed: minimal-level technology; low-level technology; intermediate-level technology; and high-level technology. Various definitions of these terms as well as even more advanced technologies have been presented in the literature. The definitions for these technologies, presented below and summarized later in Table 1, are those developed by Strom and Finstein for leaf composting (1986; and based on Strom's interview in BioCycle, 1988). They are currently researching composting with grass clippings and will analyze different ratios of partially composted leaves and fresh grass, different windrow sizes, different composting technologies, end product quality, etc. This and related research is in response to the lack of experience with yard waste (i.e., leaf and grass) composting, as compared to only leaf composting, and a reluctance by communities to compost their annual yard waste stream, particularly grass, due to odor, land, economic, end product, and other concerns.

Backyard composting falls in a slightly different category. There are probably as many types of at-home

systems as there are people practicing home composting. Whether performed in a simple or complex manner, backyard composting is economically desirable because it eliminates the costs of collection, transport, and processing which would otherwise be paid by communities (City of Seattle, 1988; Institute for Local Self-Reliance, 1980) though they may incur costs for supplying technical assistance and/or materials.

A. Minimal-Level Technology Composting

Minimal-level technology composting is a very low-cost approach to leaf management, requiring more land, but less labor and capital, than other composting technologies. Generally, leaves are collected and promptly piled into large windrows which remain untouched between annual turnings. The leaves may be wetted before they are initially formed into windrows, but this is not essential.

Strom and Finstein (1986) note that windrows, 12 feet high and 24 feet wide (of any length), may be formed for minimal-level technology composting. The center of a windrow this size will quickly become anaerobic and receive a new oxygen supply only with each turning. An unpleasant odor will develop in the anaerobic region and may begin to emanate from the composting material; hence, a large land area is necessary to buffer residents and businesses from the odor. A quarter of a mile or more between composting windrows and neighboring communities is recommended as an appropriate buffer zone (Strom and Finstein, 1986). Strom and Finstein (1986) recommend a total composting land area (not including buffer zone) of at least 1 acre for an annual collection of 4,000 cubic yards of leaves. (The conversion factor between cubic yards and tons [of leaves] varies depending on the moisture content of the waste and whether it has been compacted, but Strom and Finstein (1986) assume a rough average of 5 cubic yards per ton [see Appendix A for conversion factors used by the composting facilities studied and found in the literature].) Since rapid composting can take place only in the presence of oxygen, the compost normally will require 3 years to stabilize.

B. Low-Level Technology Composting

Low-level technology is the most common approach to yard waste composting in the U.S. at this time and is well represented among the facilities chosen for this study. Within 1-2 days of leaf collection, low-level technology composting calls for the material to be wetted, if necessary, to achieve a minimum 50 percent moisture level, and immediately formed into windrows, about 6 feet high and 12-14 feet wide. These smaller dimensions ensure that the center

of the pile is not as isolated from the oxygen supply as it is in the minimal-level technology approach. Windrows may need to be (slightly) larger in cold climates to maintain high temperatures inside the windrow during the winter months (McCown, 1988; Mielke and Walters, 1988; and Chown, 1987). Smaller windrows will not achieve sufficiently high temperatures to kill pathogens and weed seeds, but excessively large windrows can overheat, killing desirable microorganisms and leading to anaerobic conditions.

Strom and Finstein (1986) recommend that after about I month, two windrows be mixed and combined into a new windrow, approximately the same size as the initial windrows. Additional turning is needed during the following spring and then about every 4 months (or about 3 turnings over the course of a year). This technology will produce a stabilized compost in 16-18 months.

Curing piles may be formed to conserve space by combining windrows after 10 or more months of enhanced degradation. For a higher quality product, the compost can be shredded and screened before marketing. Odors do not usually pose a problem when low-level technology is used, since the moderate size of the windrows, and the frequent turnings, allow oxygen to reach most of the leaves, keeping the windrow aerobic. Since the individual windrows are smaller and hence more numerous than in the minimal-level technology process, more land area is required for the actual composting; however, since the potential for odor is greatly diminished, a narrower buffer zone suffices so that the total land area required may be smaller than for the minimal-level technology. Strom and Finstein (1986) recommend a total land area for composting (not including buffer zone) of about 1 acre for an annual collection of 3,000-3,500 cubic yards of leaves.

C. Intermediate-Level Technology Composting

Strom and Finstein (BioCycle, 1988) have added this definition to apply to those yard waste composting facilities which use windrow turning machines. In general, windrows are turned on a weekly basis, and a finished compost is ready in 4-6 months. Since these machines straddle the windrows (windrow heights may be limited to 5 feet, though oversized windrow turning machines allow heights up to 7 feet), these facilities may need more than 1 acre per 3,000 cubic yards of leaves. Though these machines are more efficient and better windrow turners than front-end loaders, and provide greater volume reductions (see Tables 6 and 7), the capital costs are higher than for lower level technologies.

D. High-Level Technology Composting

To achieve complete composting within 1 year and save on land space for composting, Strom and Finstein (1986) defined a practice of a high-level technology. Initially, the leaves are wetted. Nitrogen may be added to further accelerate the composting process. Windrows, at least 10 feet high by 20 feet wide, are then formed. They are aerated by forced pressure blowers at the base which are controlled by a temperature feedback system. After composting for 2-10 weeks under these controlled, optimal conditions, the automated system is removed. Windrows then need to be turned periodically to achieve a finished compost within 1 year. With frequent turning by windrow turning machines, composting may be completed within 3-4 months. As a precaution against release of odors during initial windrow formation, a buffer zone similar in size to that required for low-level technology composting is recommended by Strom and Finstein (1986).

IV. Additional Considerations

The composting operation includes the following general steps: (1) pre-processing; (2) processing; and (3) post-processing. Prior to windrow formation, pre-processing steps prepare incoming yard wastes by removing unwanted material with manual or mechanical debagging and/or separation, and conditioning the yard wastes by grinding, shredding, wetting, and/or mixing. During processing, windrows are formed and steps are taken to maintain the proper biological conditions by shredding, mixing, and/or turning the composting material. After the process steps are completed, the compost may need to be shredded and/or screened to remove remaining unwanted material and prepare the compost for distribution. A number of considerations affect, or are involved in, the composting operation and are discussed below.

A. Separation and Collection Methods

Composting operations vary by the manner in which yard wastes are separated and collected, as well as the composition of these materials. The material content of bagged, containerized, or bulk yard wastes left at curbside or dropped off for collection can affect the effectiveness of the composting process. Choice of collection method(s) depends on cost, convenience, household participation rate, and amount and type of yard wastes separated and collected (City of Seattle, 1988). Citizens need to be informed of the need to keep unwanted materials out of the yard waste collection system.

Depending on the separation and collection methods used, pre-processing steps may be needed. For example, non-degradable bags need to be broken open, emptied, and perhaps removed during collection or before windrows are initially formed. This serves to accelerate composting and avert odor generation. Degradable paper or plastic bags may not need to be handled as would non-degradable bags, especially if these bags do not impede composting; however, degradable bags may need to be broken open. Furthermore, remaining shredded or partially decomposed pieces of bags should be screened out of the finished compost. An additional pre-processing step includes grinding incoming yard wastes, especially if brush is included, to decrease particle size and ensure that the material is homogeneous.

B. Product Preparation

As an optional product preparation step, compost can be coarsely shredded and screened to achieve uniform size, remove debris, and improve its quality and appearance prior to its distribution. As an optional final step, the compost can be finely screened to remove virtually all remaining debris, further improving its quality and appearance. Costs of these optional post-processing steps should be compared to additional benefits of selling a higher quality finished product.

Obviously, each of these additional steps for properly handling and processing yard wastes incurs a cost. Descriptions and costs for various types of collection and processing equipment are provided by the City of Seattle (1988) and McCown (1988). Communities can be sole owners of this equipment or share it as a cost saving measure.

C. Marketing the Final Product

When beginning a composting program, it is important to think through the potential end uses of the finished product. In the course of interviews with representatives from the communities involved in this study, a number of interesting uses and markets were found for finished compost. As seen in Tables 7 and 8, compost has been given away or sold to residents, used for public park service projects, sold to private individuals, or traded for nursery stock. In an innovative arrangement, Composting Concepts trades finished compost in exchange for the use of a nursery's land for their operation in Woodbury, Minnesota. Buyers may use compost as a soil conditioner, in planting seedlings, as landscape mulch, as fill, as a re-surface material for eroded parks, as landfill cover, or for any number of other projects.

Pat Berdan, Department of Public Works (DPW) Director in Wellesley, Massachusetts, commented that groups need to develop uses and markets for finished compost prior to its production to avoid the development of an excess requiring storage space. The issue of storage space is evident in the composting operation of Davis Waste Removal Company (DWR) in Davis, California. As Ken Shepard of DWR pointed out, until additional markets and end uses are developed for their compost, DWR will not be able to compost all types of yard wastes generated in Davis.

D. Costs and Benefits

Assessing and comparing the costs and benefits of a composting project or individual composting steps can determine their net impact in economic terms. As for any waste management practice, there are various types of costs to consider. With respect to yard waste composting, there are typically costs for: yard waste separation, collection, and processing; compost storage and marketing; and administration, public education, and technical assistance. Benefits received from composting include: revenues received from selling the finished compost; avoided costs from using the finished compost as a substitute good (rather than selling it); and avoided tip fees from not landfilling (or incinerating) the yard wastes. These economic variables are discussed in greater detail below.

i. Costs

Costs for composting can be grouped into capital (non-recurring costs for administrative/legal services, land, development/construction, buildings, and equipment) and operation and maintenance (ongoing costs for labor, fuel, utilities, materials, supplies, overhead, and compliance with various requirements) (GPI, 1988). Capital costs may be accounted for in the year of purchase or amortized (i.e., annualized) over the useful life of the good. In some cases, capital and operation and maintenance costs are directly attributed to composting or associated with rental payments or cost contracts with a private contractor and therefore are more easily and likely to be accounted for. In other cases, costs may be shared with other public work operations or communities and are therefore more difficult to estimate; however, one way to estimate these shared costs is on a pro-rated basis for the proportion of the item's time in use for composting during the year. Worksheets for calculating costs of composting and curbside recycling programs are available in reports from Strom and Finstein (1986) and Glass Packaging Institute (1988), respectively.

There are also indirect costs associated with composting. These costs are often less tangible than the direct costs and more difficult to estimate, but should at least be recognized in a qualitative manner. As an example, indirect costs can include: the time spent by households in separating their yard wastes; the impact of the separation method on yard waste collection, the composting process, and the value of the finished compost; and impacts by the composting facility on the environment and neighborhood.

ii. Benefits

Benefits of composting are typically annual streams of revenues or avoided costs. Received revenues or avoided costs associated with selling or using the compost are a benefit to the community mainly if the composting facility is publicly operated. However, typically the largest economic benefit from composting would be the avoided costs of the alternative disposal practice, which is usually landfilling.

The most readily quantifiable short-term avoided cost associated with diverting yard wastes from landfills is the avoided tip fee; however, other longer-term avoided costs include postponement of using a higher-cost replacement facility once the present landfill closes and reduced risk of environmental damage (Greenwood, 1988; Dunbar and Berkman, 1987). Other costs may also be avoided or reduced by composting, e.g., it tends to "even out" the peaks in MSW generation and dampen the impact on the household garbage collection cost; however, MSW management services (e.g., garbage collection) may be subject to contracts which are not likely to be changed in the short run.

V. Composting Program Selection Criteria

Eight composting programs currently in operation were selected to provide examples of the variety of designs, management practices, and technologies which are used in yard waste composting programs in the U.S. The selections were made with the intention of including a diverse group of programs representing:

- diverse geographic (and climatic) regions;
- rural and urban settings;
- different population levels;
- differing compositions of yard waste streams between communities, including yard wastes generated and composted;

- o various lengths of time for program operation;
- o public or private organizations and operations, or combinations thereof;
- o various collection strategies;
- o different composting technologies; and
- o small and large composting capabilities.

VI. Study Approach

Journal articles and referrals from organizations involved in composting provided a list of communities and facilities from which to choose. After a preliminary screening and based on the above criteria, the following communities were chosen for this study: Davis, California; East Tawas, Michigan; Montgomery County, Maryland; Omaha, Nebraska; Seattle, Washington; Wellesley, Massachusetts; Westfield, New Jersey; and Woodbury, Minnesota. Figure 1 displays the location of each of these communities.

In keeping with resource constraints, site visits were made to the composting facilities serving Montgomery County, Wellesley, and Westfield; therefore, much of the information about these 3 programs was compiled with first-hand observation of the operations. Telephone interviews provided information about all of the programs. Public officials at the community (town, city, or county) level and/or private composting facility managers were contacted to discuss their programs.

The contact persons for each composting program are listed in Table 9. Also, articles or documents from which information was extracted, and individuals who provided program information through telephone interviews, are noted at the end of the individual program discussions. Full references are listed at the end of the report. A brief overall discussion of the selected programs is followed by: (1) sections highlighting unique features of the individual selected programs; and (2) Tables 1-8 which contain summary information of various design, effectiveness, and other components of these programs with accompanying discussions.

VII. Programs Selected

The cities and county selected for this study represent a wide range of composting operations, as outlined by the above criteria; however, they need not necessarily be the

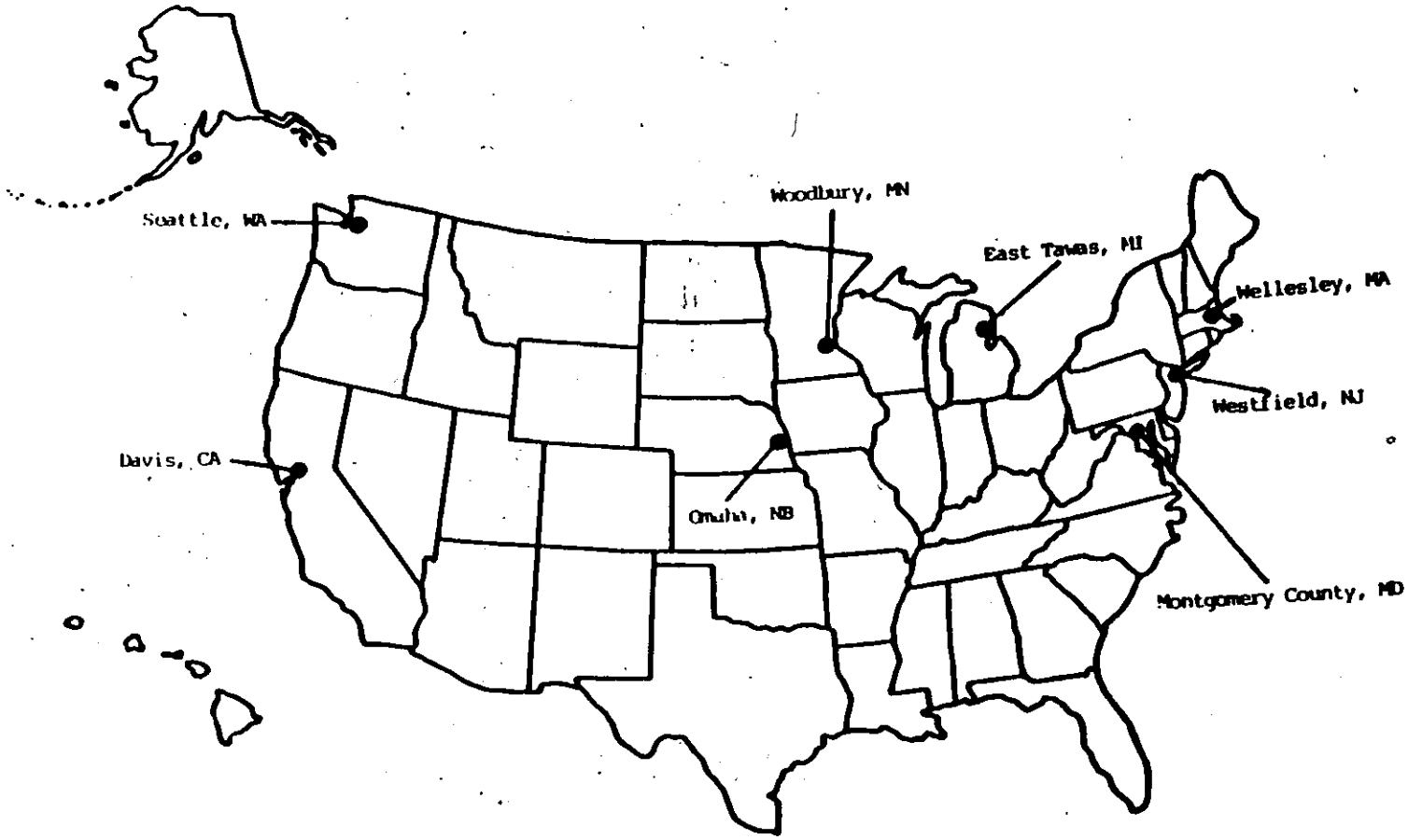


Figure 1: Location of the Study's Eight Yard Waste Composting Programs

Composting also takes place in the yards of a few residents who produce their own mulch by backyard composting. Leaves, grass, and brush are delivered to the composting facility in two ways: 1) separate curbside collection of the bagged yard wastes in the fall and spring seasons; and 2) drop-off by residents, who are allowed to borrow a key to the composting area for this purpose. The collected bags are opened by town crews and checked for garbage which is then removed. These crews also form the windrows and turn them when their normal work is slow.

East Tawas does not currently shred or grind leaves or grass as part of their composting process; however, brush is chipped and used as a road base in a swampy area. City manager Jacob Montgomery estimates that the participation rate in the pickup program is 70 percent. Currently, the finished compost is used by the city's park service for planting trees and regenerating flower beds.

References: Montgomery, 1988; Logsdon, 1987

C. Montgomery County, Maryland

Montgomery County (pop. 633,000) is the most heavily populated community included in this study; however, the program currently serves nearly one-half of the county's households. The entire program is administered by the county's Department of Environmental Protection. Responsibility for curbside leaf collection (and drop-off at the transfer stations) belongs to the county's Department of Transportation. Leaf-loader vacuums have been used to pick up (and partially shred) leaves for composting since 1984. The same trucks that push the snowplows in winter are used to pull the curbside vacuums on their route twice in the fall and once in the spring. The curbside collection program has received an excellent response from residents who participate voluntarily by raking leaves to their curbsides. Residents are informed of the scheduled collection route by notices which are posted on trees and telephone poles in each neighborhood. The county discourages residents from bagging leaves prior to pickup, but some plastic bags are put out at curbside and these are broken open prior to vacuuming.

The composting facility is located in the town of Dickerson which is in the western part of the county. The facility lies within 270 acres of county-owned land and consists of a 47-acre asphalt pad and 3 sedimentation ponds to collect runoff. It was originally built for composting municipal sewage sludge and was switched to leaf composting in 1984. Responsibility for hauling the leaves from the transfer stations to the compost facility, operating the

compost facility, and selling the finished compost rests with a private contractor.

The only reported problem with this facility is the tendency of soil to erode from around the sedimentation ponds, as a result of runoff from the asphalt pad during heavy rains. The contents of the ponds are monitored regularly for compliance with the facility's surface water discharge permit, and are consistently found to comply. A double fence surrounds the facility to prevent the wind from carrying plastic debris off-site.

Windrows, 6 feet high by 12-15 feet wide, are formed, and then shredded, aerated, and turned monthly with a roto-shredder. Water is not added during the composting process since rainfall provides sufficient moisture. The compost is shredded and screened to remove contaminants which include shredded plastic bags, tennis balls, and brush. Composting of leaves presently takes between 6 and 12 months, depending on whether the leaves are collected in the fall or spring. Since finished compost is more likely to be sold during spring than fall, it may need to be stored on-site for 6 months. The finished compost is sold in loads of 10 cubic yards or more, primarily to landscapers and nurseries as a soil amendment.

At present, Montgomery County is pilot-testing combining grass and partially composted leaves in various proportions. This addition of grass will increase the required frequency of turning, but it is hoped that it will also speed up the composting process. The finished compost will be tested for heavy metals, weed seeds, residual herbicides, and pesticide levels before a final decision is made on composting grass with leaves.

References: Goldberg, 1988; Spielmann, 1988; Wagaman, 1988; Franklin Associates, 1987

D. Omaha, Nebraska

Omaha (pop. 350,000) operates a yard waste composting program in which grass clippings are composted along with leaves. Dan Slattery of the Department of Public Works estimates that 60 percent of the yard wastes composted in Omaha consist of grass. Yard wastes are also accepted from lawn service companies but are turned away if found to be contaminated with, e.g., tree stumps, rocks, PVC pipe, lawn mower handles, or tires. Partially composted and fresh grass are mixed by tub grinder with newly received leaves and tree trimmings and then wetted. Grinding this material decreases particle size to a maximum diameter of one-tenth inch, reduces yard waste volume, aerates the composting material,

and accelerates composting. A front-end loader (shared with the county) piles the material into windrows, 6 feet high by 12-15 feet wide, which are left until the following year when they are turned.

The biggest concern of most facilities that refuse to compost grass is the odor generated as it decomposes (discussed earlier and in Strom and Finstein, 1986); however, Omaha has not experienced a problem with odor complaints from the public (except infrequently from lawn service companies at drop-off) due to their facility's remote location, wide buffer zone (the 2-acre facility is at the 80-acre county landfill), and relatively small operation. It is reported that odors are not a problem for workers at the facility either. Odors are strong when material is ground in November which is the only time during the composting process that these windrows are turned, but the buffer zone protects residents from being affected by the operation.

Currently, just 3 subdivisions of the city (or approximately 1 percent of its population) are involved in the program; however, Omaha looks forward to expanding this program. The finished compost is used by the county (whose land is used for the operation) as a substitute for landfill topsoil and a soil amendment at county parks.

An interesting aspect of Omaha's program is the container in which homeowners leave yard wastes for pickup. Residents rent 90-gallon plastic yard waste bins or carts (from the city for $12 per year) which can be wheeled to the curb. A special hoist lifts and dumps the yard waste bins into the packer trucks used for collection and returns them to the sidewalk for reuse. No shredding takes place in this step. Initially, the bins were susceptible to being crushed by the hoist because it was lifting at an excessive speed. To solve the problem, a control was installed on the trucks to limit the speed of lifting, and also the structure of the carts was reinforced by their manufacturer (without charge). This year, Omaha has distributed 5,000 free degradable cornstarch plastic bags with instructions to households that they should only be used when the carts are full.

References: Slattery, 1988; Spielmann, 1988

E. Seattle, Washington

Seattle (pop. 500,000), the second largest community included in this study, has developed a multi-faceted approach to yard waste composting, including: 1) public education and encouragement for backyard composters; 2) special "Clean Green" hours at the transfer stations during which residents may leave yard wastes for a discounted

disposal fee; and (3) plans to implement curbside collection of yard wastes in 1989. In addition to the economic incentive for composting yard wastes, Seattle is dedicated to composting out of concern for the environment.

Pacific Topsoils, Inc., a private composting facility, accepts Seattle's yard wastes for $22.50 per ton, whereas the landfill, which is closer to the transfer stations, charges $31.50 per ton. Six acres of Pacific Topsoils' 34 acres (including buffer) are devoted to its composting operation. The facility accepts yard wastes from at least 6 cities; either by direct contract with the cities or their contract haulers. Incoming yard wastes are visually inspected for plastics, rocks, etc. and then processed by grinding to accelerate the composting process. The yard wastes are then placed in piles, 25 feet high and 40 feet wide, which are not subsequently turned. Screening is used to prepare the compost for distribution. Material which does not pass through the screen, i.e., oversized, not fully composted material, is returned to the piles. The compost is supplemented with organic matter and other amendments and sold as a topsoil primarily to landscapers. The quality of the finished compost depends on that desired by the buyer.

The community composting education program offers training to 25 volunteer "master composters" each year who in turn instruct others in backyard composting techniques. Seattle has constructed 4 demonstration sites where up to 16 different composting methods are on display for residents who want to look and learn. In 1989, Seattle will also supply backyard composting bins to approximately 1,100 households involved in an expanded version of this program. As an additional financial incentive, households which backyard compost avoid a $2 per month fee for curbside yard waste collection.

Seattle's program is apparently becoming stronger as both the city and residents increase efforts to promote composting programs. In 1989, the "Clean Green" hours at the transfer stations have been extended to include all hours of station operation. A consultant's survey performed for the Seattle Solid Waste Utility (City of Seattle, 1988) suggests the following improvements to the composting effort: (1) that 17,000 tons, or 18.5 percent of the city's yard wastes generated, be composted in the backyards of 30 percent of Seattle's households; and (2) that 51,700 tons, or 56.5 percent of the yard wastes generated by Seattle's population, be composted centrally. These two programs would divert 68,700 tons, or 75 percent of the city's yard wastes from the landfill.

References: Carlson, 1988; McBride, 1988; Smith, 1988; Watson, 1987a,b

F. Wellesley, Massachusetts

Wellesley (pop. 27,000), too, has more than 1 method for diverting yard wastes from their landfill. Wellesley encourages backyard composting, allows residents to drop off yard wastes in a centralized location, and runs a special drop-off program for private landscapers and others in the lawn service business who collect leaves. The encouragement of backyard composting and the drop-off area for residents are part of an extensive community recycling agenda.

Wellesley provides its citizens with the opportunity to recycle many elements of the solid waste stream, from cans to books to wood waste, in a 90-acre landscaped area known as the RDF (Recycling and Disposal Facility) at its transfer station. Residents stop at appropriate areas to deposit specific items as they drive through the RDF. The residential yard wastes are composted on a 1.5-acre site by minimal-level technology at the RDF and the finished product is available for use in residents' gardens and yards, with the remainder being traded to a nursery for merchandise credit. Yard wastes are formed into a large windrow, 10 feet high by 30 feet wide, with a front-end loader and bulldozer which are also used to turn the windrow about once per year. Water is not added to the windrow. Wellesley has found that residents are much more interested in the finished product at the RDF if it has been screened, but there is not always time and manpower for this task. Use of a tub grinder to shred brush is currently being considered.

The composting of landscapers' leaves takes place on a 1-acre area (with a minimum 50-foot buffer) in the DPW yard. Landscapers pay $200 per vehicle for a permit to dump truck loads of leaves, and may continue to drop off leaves until the composting area is full for the season. These permits can be taken away if incoming loads are determined to be contaminated. The leaves collected in this program are composted using low-level technology. A front-end loader is used to turn the windrows once per month. After 1 year, the compost is moved into a curing pile and screened. The finished product is used as a soil amendment or conditioner by the town in planting and landscaping projects.

Wellesley aggressively supports and encourages home composting practices; in fact, according to a survey, 39 percent of the residents reported that they compost in their backyards. However, in the past the town's approach met resistance from Massachusetts' state government. In an effort to encourage home composters, the town circulated

information suggesting that fallen fruit and vegetable debris from backyard gardens be incorporated in compost piles of grass and leaves. The Massachusetts Department of Health contacted Wellesley and informed the town that composting food wastes is against regulations. DPW Director, Pat Berdan, would like to see more unity among different levels of government on goals of recycling and composting.

References: Berdan, 1988, 1987; Metrocenter YMCA, 1987; Wellesley DPW, undated

G. Westfield, New Jersey

From the early 1970's until 1987, Westfield (pop. 30,000) composted its leaves at the town conservation center. Due to large increases in volume, Westfield now uses a combination of private operations to compost yard wastes in compliance with New Jersey's mandatory composting requirement (i.e., the ban on landfilling leaves). Although the town does not provide pickup services for general MSW, 3 rounds of leaf pickup from town curbsides are performed each year by front-end loaders and dump trucks. Residents, alerted by mailings and advertisements, rake their leaves to the curb on the appropriate days. Leaves mixed together with household trash will not be picked up by the privately contracted garbage haulers. Residents may also separate and drop off their grass and brush for a fee at the town's conservation center where it is collected for transport.

During 1988, the town transported all collected yard wastes to one of three private composting (or, in the case of brush, shredding) facilities: 1,730 tons of leaves to Middlebush Compost Inc. for composting; 1,400 tons of grass clippings to Woodhue Ltd. for composting; and 1,423 tons of tree trimmings and brush to Alternate Disposal Systems Inc. for shredding. These facilities also accept yard wastes from other communities in New Jersey. In fact, Middlebush Compost has recently been the object of pressure (from county residents) to close, because they accept leaves from outside the county.

Middlebush Compost is located on a 25-acre site (including a 150-foot buffer surrounding residential areas), of which 15 acres are used for composting leaves from approximately 10-12 New Jersey communities (including a few served by contract haulers). A large windrow turning machine is used to form windrows, 7 feet high by 16-18 feet wide, after shredding, aerating, and fluffing the material. Middlebush Compost is currently investigating a modification in its state solid waste facility permit to allow it to also compost grass clippings. The finished compost is sold as a soil amendment, mulch, or potting soil for $25 per ton.

are claimed to degrade in 4 months. Since the leaves require a 12-month composting period, the bags are not expected to hinder the process. These bags are recognized during yard waste collection by their distinct color and insignia which distinguishes them from bags of household garbage set out at curbside.

Windrows, 5 feet high and 15 feet wide, are initially formed using a front-end loader. Later, to prepare for winter, the material is wetted and then three windrows are combined into one, 12-15 feet high and 25 feet wide. After winter, the windrows are turned once each month. Composting Concepts exchanges finished compost with Bailey Nursery as a soil amendment in return for the use of 2 acres for composting at the nursery's 500-acre site. The facility operates subject to a local land use permit and is required of commercial activities around Woodbury.

Minnesota Extension Service--Hennepin County has written and distributed brochures encouraging residents to leave grass clippings on their lawns rather than raking and bagging them and to also compost in their backyards. These management methods might be very effective in reducing the volume of yard wastes to be collected and centrally composted, thereby saving on community collection, transportation, and composting costs.

Yard waste composting is currently mandatory in 4 of the 18 communities served by Composting Concepts. Although composting is not currently mandatory in Woodbury, the town is getting a head start now, with the knowledge that Minnesota has passed legislation that will make yard waste composting mandatory in the Twin Cities Metropolitan area by 1990 and for the rest of the state by 1992.

References: Eisinger, 1988; Madole, 1988a,b; State of Minnesota, 1988; Minnesota Extension Service--Hennepin County, undated

IX. Summary Tables

In this study, a community (town, city, or county) perspective, rather than a facility perspective, has been taken. Therefore, where a community has more than 1 way of diverting its yard wastes from disposal in a landfill (e.g., some combination of a publicly operated facility, backyard programs, and/or a privately operated facility), every effort has been made to present information on all facets of the program. However, information about the number of households served, level of household participation, etc., when there is more than 1 method of yard waste collection (curbside or

drop-off) or more than 1 method of yard waste composting (backyard or centralized), is not separated out.

Some of the data for these individual programs are presented on separate lines in the tables (e.g., Westfield). This separation leads to some difficulty in accurately presenting such items as operation costs and land area used for composting. Land area devoted to composting at private facilities is used to compost yard wastes from several communities, not just those included in this study. Furthermore, some of the operations described are well-established or independent of other community functions; therefore, city or county officials have an excellent idea of the annual costs of the program. Others have recently incurred start-up costs for equipment which must be amortized across an expected service life, or simply are not yet operating efficiently or at capacity. In some cases, costs are embedded in the budget allotted for more than one DPW project.

In all cases, every effort has been made to provide detailed, accurate data and information, as displayed in Tables 1-9. Definitions of yard composting technologies as defined by Strom and Finstein (1986) are listed in Table 1. Background information about the 8 communities included and their yard waste composting programs is provided in Tables 2-4. Data pertaining to the composting facilities and their effectiveness are shown in Tables 5-7. Cost comparisons of composting versus landfilling for each community are given in Table 8. Contact names are listed in Table 9.

A. Table 1: Definitions of Yard Waste Composting Technologies

As discussed above, Strom and Finstein (1986, and BioCycle interview in 1988) defined 4 levels of technology for yard waste composting: minimal, low, intermediate, and high. Except for the high-level technology, each of these technologies is used in at least 1 of the composting facilities included in this study.

B. Table 2: Background Information on Cities/County Selected

General background information for the 8 communities selected is shown in Table 2. The communities are spread across the country: 3 are in eastern states, 3 are in central states, and 2 are in western states. No community selected is located further south than Davis, California. Communities and state agencies were contacted as far south as Florida, but attempts to uncover active yard waste composting programs were unsuccessful. As indicated, there is a wide range of

Table 1: Definitions of Yard Waste Composting Technologies

Technology Type	Turning Frequency	Windrow Size
Minimal-level	Once/year	12' high x 24' wide
Low-level	3-5 times/year	6' high x 12'-14' wide
Intermediate-level	Once/week with windrow turning machine	5'-7' high x 10'-14' wide
High-level	First 2-10 weeks with automated system, turned periodically thereafter	10' high x 20' wide, initially

Sources: Strom and Finstein, 1986 and Strom interview in BioCycle, 1988.

Table 2: Background Information on Cities/County Selected

City or County	State	Density (a)	Total City/ County Population	Total Households	Total Yard Waste Stream (tons/yr)	Yard Wastes as % of MSW Stream	Composition of Total Yard Waste Stream (% weight) Leaves	Grass	Brush	Other (b)
Davis (c)	CA	U/S	44,000	10,000	5,475	25	n/a	n/a	n/a	n/a
East Tawas	MI	R	2,600	1,350	350	10 (d)	50	5	45	n/a
Mont. Co. (e)	MD	U/S/R	633,000	244,000	110,000	19	40	35	25	n/a
Omaha	NB	U/S	350,000	100,000	48,000	33 (d)	n/a	n/a	n/a	n/a
Seattle (c)	WA	U/S	500,000	229,000	92,000	12	20	33	25	22
Wellesley	MA	S/R	27,000	8,500	8,000	28	50	31	19	n/a
Westfield	NJ	U/S	30,000	10,400	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Woodbury	MN	U/S	13,520	4,790	1,092 (f)	18 (f)	36	64	(f)	n/a

Notes:
(a) U - urban, S - suburban, R - rural
(b) includes garden material, weeds, sod, dirt, etc.
(c) estimate of total yard waste stream does not include amount generated and collected by lawn service companies and public work crews
(d) yard wastes are estimated as percent of residential solid waste stream
(e) population and household estimates based on 1986
(f) yard waste estimate does not include brush
n/a: not available

community sizes, population densities, and yard waste characteristics among the communities selected. In addition, the reported share of yard wastes as a percentage of the total MSW stream gross discards for these communities (i.e., those which reported total yard wastes as a percent of their MSW stream) ranges from 12-28 percent. However, total yard waste stream estimates for Davis and Seattle may be underestimated because yard wastes generated and collected by lawn service companies and public crews are not included. An estimate of the average percent share of yard wastes in the MSW stream for these communities is 15 percent, approximately the same as EPA's (1988) national average estimate.

C. Table 3: Participation in Yard Waste Composting Programs

The scope of the composting programs studied is presented in Table 3. Most of these composting programs, backyard or centralized (which use curbside pickup and/or resident drop-off), extend to all households in the communities, while some programs included may currently be targeted to specific areas in the community. Household participation rates are estimated based on a community's entire composting program, including any combination of backyard and centralized composting activities. Participation of households served is high, averaging around 80 percent; however, the percent of total yard wastes composted is not as high. Reasons for this include: (1) the fact that not all households are served by the composting programs; (2) the variation in the composition of these communities' yard wastes and the percentage of each type of material being composted; (3) the inconsistent participation of some households; and (4) the uneven generation and composition of yard wastes across households.

D. Table 4: Yard Waste Separation and Collection Methods

As indicated in Table 4, some communities give residents 2 options for composting their yard wastes: backyard composting; or source separation followed by centralized composting, i.e., separating yard wastes from other solid wastes for curbside pickup and transport by the community to, or self-haul and drop-off by the household at, a composting facility or transfer facility. Separation and collection methods chosen by these communities will depend on convenience, costs, and amount of yard debris which can be diverted from landfills. Only 1 of the composting programs (Westfield's) has mandatory source separation of yard wastes (requiring that leaves be separated from household garbage prior to curbside pickup). As a result, Westfield claims that 100 percent of its leaves are handled by composting; in

Table 3: Participation in Yard Waste Composting Programs

City or County	State	Startup Year of Program	Total Population Served	Total Households Served	% of Households Served	Participation of Households Served (%) (a)	Total Yard Waste Composted (tons/yr) (b) (c)	% of Total Yard Waste Composted (c)	Year of Data
Davis	CA	1981	44,000	10,000	100	70 - 80	500	9	1987
East Tawas	MI	1984	2,600	1,350	100	70	138 (d)	39 (d)	1987
Montgomery Co.	MD	1984	282,000	75,000	48	90 - 95	15,600	14	1987
Omaha	NB	1987	3,735	830	1	66	500	1	1988
Seattle (e)	WA	1987	500,000	229,000	100	n/a	3,600	4	1988
Wellesley	MA	1969	27,000	8,500	100	90 - 95	6,500	81	1987/ 1988
Westfield	NJ	1970	30,000	10,400	100	100: 25 (f)	3,130 (d)	n/a	1987/ 1988
Woodbury	MN	1987	2,329	825	17	80	~116	11 (d)	1987

Notes:
(a) estimated by local officials
(b) reported as % of the total yard waste stream of the city or county currently being composted
(c) does not include amount backyard composted
(d) does not include amount of brush chipped or shredded
(e) although 100% of households are served, the program is not yet in full swing
(f) participation rate was 100% for curbside collection of leaves and 25% for drop-off of grass and brush with the remaining households having their grass backyard composted or picked up by landscaping services
n/a: not available

Table 4: Yard Waste Separation and Collection Methods

City or County	State	Mandatory Program? (Y/N)	Collection Method (a)	Frequency of Collection (b)	Collection Seasons (b)	Means of Raising Awareness and Support for the Program in the Community
Davis	CA	N	backyard	n/a	Sp,Su,F,W	public ed
		N	curbside - claw	1/week	Sp,Su,F,W	public ed
East Tawas	MI	N	curbside - plastic bag	1/week	Sp,F	newspaper ad
			resident drop-off			
Montgomery Co.	MD	N	curbside - vacuum	1/Sp,2/F	Sp,F	pickup schedule signs
Omaha	NB	N	curbside - wheeled bin and degradable bag	1/week	Sp,Su,F	neighborhood assoc
			landscaper drop-off	n/a	Sp,Su,F	
Seattle	WA	N	backyard	n/a	Sp,Su,F,W	hotline, public ed
		N	resident drop-off	n/a	Sp,Su,F,W	
		N	landscaper drop-off	n/a	Sp,Su,F,W	
Wellesley	MA	N	backyard	n/a	Sp,Su,F,W	public ed, newspaper, bill stuffers
		N	resident drop-off	n/a	Sp,Su,F,W	public ed, newspaper, bill stuffers
		N	landscaper drop-off	n/a	Sp,Su,F	word-of-mouth
Westfield	NJ	Y	curbside - front loader	2/F	F	hotline, newspaper ad
		Y	resident drop-off	n/a	Sp,Su,F	newspaper ad, mailings
		Y	landscaper drop-off	n/a	Sp,Su,F	newspaper ad
Woodbury	MN	N	backyard		Sp,Su,F	public ed
			curbside - degrad.bag	1/week	Sp,Su,F	free bags yr 1, mailings

Notes:
(a) "backyard" refers to backyard composting
(b) Sp - spring, Su - summer, F - fall, W - winter; (2/F - 2 collections per fall, etc.)
Y/N: yes/no
n/a: not available for collection

addition, grass clippings and brush which are not dropped off to be composted or shredded are either composted or mulched in backyards or collected by landscaper services. Also, half of the programs allow drop-off by commercial landscapers.

Several communities use more than 1 collection method but, as seen from Table 3, this does not imply that a greater percentage of households participate than in those communities relying on only 1 collection method (e.g., compare Davis and East Tawas). However, the collection method can affect the composting process (e.g., curbside pickup by vacuum versus drop-off in plastic bags can affect whether incoming yard wastes need to be processed prior to windrow formation). Collection service frequency for yard wastes varies from weekly to seasonally and occurs during 1, 2, 3, or all 4 seasons. Choice of seasons for collection service is in part determined by the type of yard wastes composted; e.g., Montgomery County currently only composts leaves (see Table 5) and therefore collects during the fall and spring when leaves are available for pickup at curbside. In addition, some collection equipment (e.g., curbside vacuum) is not suited for year-round yard waste pickup. In each of these cases of curbside collection, yard wastes are collected independently of the normal trash collection.

Various methods (e.g., media ads, education, bill stuffers, and posted signs) have been used to raise public awareness and support for participation in these composting programs. Nevertheless, there is no apparent indication of whether any particular method influences the rate of household participation the most, nor whether multiple methods are more effective than single methods in maximizing the participation rate (e.g., compare Montgomery County to Seattle and Wellesley).

E. Table 5: Yard Waste Composting Facilities

Composting operations serving the 8 selected communities are described in Table 5. They are split between publicly and privately owned and operated facilities. Facilities referred to as public are those which are owned and operated by towns, cities, or counties. (However, Montgomery County's facility is operated by a private contractor on public land.) Private facilities are privately owned companies which perform composting on their land for 1 or more clients which may include other private companies (such as landscapers or private haulers), as well as communities. Ownership affects location of these facilities -- publicly operated facilities are located within the community's boundaries; however, this need not be true in the case of privately operated facilities.

Table 5: Yard Waste Composting Facilities

City or County	State	Public/ Private Facility	Location of Compost Facility	Size of Compost Area (acres)	Total Yard Waste Composted (tons/yr)	Composition of Yard Waste Stream Composted (% by wt.) Leaves	Grass	Brush	Permit Required (Y/N)
Davis (a)	CA	private	inside city	2.5	500	100	0	0	N
East Tawas	MI	public	at closed landfill	2.5	138	91	9	(b)	N
Montgomery Co.	MD	public/ private	city outskirts	47	15,600	100	0	0	N (c)
Omaha	NB	public	at landfill	2	500	20	60	20	N
Seattle (d) (e)	WA	private	out of city	6	3,600	n/a	n/a	n/a	N
Wellesley (f)	MA-RDF	public	at transfer stat.	1.5	n/a	62	38	0	N
	MA-DPW	public	at DPW yard	1	n/a	100	0	0	N
Westfield (g)	NJ-MCI	private	out of city	15	1,730	100	0	(b)	Y (h)
	NJ-WL	private	out of city	4.5	1,400	0	100	(b)	Y (h)
Woodbury (i)	MN	private	out of city	2	~116	36	64	0	Y (j)

Notes:

(a) a private facility, Davis Waste Removal, is used for composting
(b) brush is chipped; at East Tawas, it is used for road fill; at Westfield, it is sent to Alternate Disposal Systems Inc., a private facility
(c) however, permits are required for surface water discharges from facility's sedimentations ponds
(d) a private facility, Pacific Topsoils, Inc., is used for composting
(e) it is impossible to provide accurate data on the amount and range of backyard composting performed
(f) MA-RDF - Wellesley's yard waste composting facility located at its Recycling and Disposal Facility
MA-DPW - Wellesley's yard waste composting facility located at its DPW yard
(g) NJ-MCI - Middlebush Compost, Inc., a private facility used by Westfield
NJ-WL - Woodhue Ltd., a private facility used by Westfield
(h) state solid waste facility permit
(i) a private facility, Composting Concepts, is used for composting
(j) land use permit
n/a: not available
Y/N: yes/no

There is no clear relationship evident between the size of the composting facilities and the amount of yard wastes composted. At least 3 factors may explain this: (1) land area is in part determined by the technology used (and vice versa) and efficiency with which land is used; (2) private facilities may accept yard wastes from many communities to benefit from the economies of scale -- however, Table 5 only includes yard wastes for communities included in this study; and (3) the facility's land and equipment (e.g., East Tawas) may also be used to grind rather than compost brush. For these reasons, sufficient data are not available to estimate tons (or cubic yards) of yard wastes composted per acre of composting area.

The level of composting activity at these facilities ranges widely, from 116-15,600 tons per year. The majority of yard debris accepted by these facilities is leaves; however, several facilities accept significant quantities of grass.

Of these 10 yard waste composting facilities, only the New Jersey facilities operate subject to state solid waste facility permits. The Woodbury facility is subject to a permit but this relates more to its land use activity as a commercial-type enterprise. The Montgomery County facility has a permit but it applies only to surface water discharges from its sedimentation ponds.

F. Table 6: Yard Waste Composting Facility Operations

The previously discussed definitions for the composting technologies (see Table 1) have been modified in Table 6 to fit the technologies used at these facilities. Every facility is different, therefore, the division of these 10 facilities into 3 technology groups has been performed somewhat loosely. For purposes of this report, minimal-level technology includes windrow turning frequencies of at most 2 times per year; low-level technology includes windrow turning frequencies of at least once every 2 months; and intermediate-level technology requires a windrow turning machine and turning at least once per month.

Most of these facilities either grind or shred the incoming yard wastes or shred during the windrow turning process. This serves to accelerate the composting process and reduce the volume of yard wastes. Six of the 10 facilities screen their compost to improve product quality. As seen from Tables 6 and 8 (revenues earned from marketing compost), use of these processing steps depends, in general, on the selling price or value of the finished compost.

Table 6: Yard Waste Composting Facility Operations

City or County	State	Type of Compost Tech Used	Turning Frequency	Grind/ Shred/ Screen Material	Monitor/ Testing During Composting Process	Monitor/ Testing Frequency	Facility Control (a)	Water Added
Davis	CA	Low	1/week	grind	none	n/a	none	N
East Tawas	MI	Low	6/year	none	temp	1/1-2 mos	none	N
Montgomery Co.	MD	Intermed	1/month	shred screen	temp compost	1/month 1/year	RO,W	N
Omaha	NB	Minimal	2/year	grind	temp compost	1/2weeks 1/year	none	Y
Seattle	WA	Minimal	1/year	grind shred screen	temp compost	1/month 1/3months	none	N
Wellesley (b)	MA-RDF	Minimal	1/year	screen	temp compost	1/2weeks 1/1-2years	none	N
	MA-DPW	Low	1/month	screen	temp compost	1/2weeks 1/1-2years	none	N
Westfield (c)	NJ-MCI	Intermed	>1/week	shred screen	temp moisture oxygen compost	1/day 1/day 1/week 1/month	none	Y
	NJ-WL	Intermed	as needed (d)	shred screen	temp moisture oxygen compost	1/ 2days at start 1/10days varies	none	Y
Woodbury	MN	Low	1/month	none	temp compost	1/2month 1/year	none	Y

Notes:

(a) RO - collects runoff, W - wind fence to collect pieces of plastic bags

(b) MA-RDF - Wellesley's yard waste composting facility located at its Recycling and Disposal Facility

MA-DPW - Wellesley's yard waste composting facility located at its DPW yard

(c) NJ-MCI - Middlebush Compost, Inc., a private facility used by Westfield

NJ-WL - Woodhue Ltd., a private facility used by Westfield

(d) turning occurs as needed, based on temperature inside the windrow

n/a: not applicable

Y/N: yes/no

Only Montgomery County indicated the presence of environmental controls at their facility -- (1) sedimentation ponds for collecting runoff, installed when the facility previously composted municipal sewage sludge; and (2) a wind fence to collect pieces of plastic. Several facilities add water when windrows are initially formed or turned, generally independent of technology used and frequency of windrow turning. No other additives were mentioned. Most of the facilities monitor windrow temperature as an indicator of the composting process and test the quality of the finished compost. Monitoring is generally more extensive and frequent for the private composting facilities and, as such, is related to the value of the end product (see Table 8 for revenues per ton of compost sold).

G. Table 7: Yard Waste Composting Results

As seen in Table 7, volume reduction of yard wastes generally depends on composting time and the type of technology used (refer back to Table 6). To achieve a specific percent reduction of yard wastes, composting time can be decreased if the technology is "upgraded" to a more advanced level (e.g., through more frequent turnings). The time required to produce finished compost is influenced by the frequency of turning, as well as climate.

Markets for the finished compost include local residents, local governments, nurseries, and landscapers. There is sometimes a time lag between when the finished compost is ready to be marketed and when the market will buy the product. This is evident in the case of Montgomery County which collects leaves in the fall and spring and can produce finished compost by the following fall, but may have to store its finished compost for 6 months on-site and wait until the next spring to sell it.

Reject materials, e.g., plastic bag debris, tennis balls, and rocks, which are not composted, is separated manually (e.g., during debagging) or mechanically (e.g., during screening) and sent to a landfill for disposal. This material constitutes between negligible levels and 25 percent of the incoming yard waste stream at these facilities and is highly dependent on the methods used for yard waste source separation, collection, and processing, and to some extent on street sweeping in the case of curbside pickup.

H. Table 8: Costs and Revenues of Yard Waste Composting

Costs and revenues reported by these yard waste composting programs are provided in Table 8. Yard waste collection and transport costs for these communities range

Table 7: Yard Waste Composting Results

City or County	State	Composting Time (months)	Yard Waste Volume Reduction (%)	Tons of Finished Product (tons/yr)	Compost Uses & Markets (a)	Rejects (as % of Incoming Volume of Yard Wastes)	Year
Davis	CA	3 - 4 (b)	50 - 60	250	R	2 - 5 (c)	1987
East Tawas	MI	24 - 36	65	70 - 80	C	1	1987
Montgomery Co.	MD	6 - 12	85	3500	L,N	5 - 10	1987
Omaha	NB	18 - 24	50 - 60	350	C	n/a	1988
Seattle	WA	6 - 8	80	(d)	L,R,C	1 (e)	1988
Wellesley (f)	MA-RDF	24	60-65	1800	R,N	neg	1987
	MA-DPW	12	60-65	800	C	5	1987
Westfield (g)	NJ-MCI	3 - 4	80	(h)	L,N,R	1	1988
	NJ-WL	5	50 - 70	(h)	F	12 - 25	1988
Woodbury	MN	12	70	(i)	N	1	1987

Notes:

(a) C - city/county, F - farm, L - landscapers, N - nurseries, R - residents
(b) however, the composting process may not be completed after 3-4 months
(c) by weight
(d) Pacific Topsoils, Inc. composts yard wastes for Seattle and other cities; hence, it is not possible to separate out data for Seattle alone
(e) reject material gets used on-site or sold
(f) MA-RDF - Wellesley's yard waste composting facility located at its Recycling and Disposal Facility
MA-DPW - Wellesley's yard waste composting facility located at its DPW yard
(g) NJ-MCI - Middlebush Compost, Inc., a private facility used by Westfield
NJ-WL - Woodhue Ltd., a private facility used by Westfield
(h) Middlebush Compost, Inc. and Woodhue Ltd. compost leaves and grass, respectively, from Westfield, and primarily leaves from other communities and private clients. It is not possible to separate out data for Westfield alone
(i) Composting Concepts composts yard wastes from Woodbury and other communities; hence, it is not possible to separate out data for Woodbury alone
neg: negligible

Table 8: Costs and Revenues of Yard Waste Composting

City or County	State	Collection & Transport Cost for Yard Wastes ($/ton)	Processing Cost for Yard Wastes ($/ton)	Total Compost Cost (excl. revenue) ($/ton)	Buyers & Users of Compost (a)	Compost Revenues by Market ($/ton) (b)	Garbage Collection & Transport Cost ($/ton)	Local Landfill Tip Fee ($/ton)	Year
Davis	CA	n/a	n/a	n/a	R	$0.00	n/a	$8.00	1987
East Tawas (c)	MI	$10.00	<$10.00	<$20.00	C	$0.00	n/a	$5.25	1987
Mont. Co. (d)	MD	$83.33	$18.46	$101.79	L,N	$19.20	$54.00	$46.00	1987
Omaha	NB	$40.16	$3.60	$43.76	C	AC	$30.30	$6.40	1988
Seattle (e)	WA	$12.00	$22.50	$34.50	L,R,C	$7.50-$12.50/cu yd	$71.50	$31.50	1988
Wellesley (f)	MA	$0.00	$11.11	$11.11	N R C	$0.50 $0.00 AC	$0.00	$52.00	1987/1988
Westfield (g)(h)	NJ-MCI	$16.79/cy	$7.50/cu yd	$24.29/cy	L,N,R	$25.00	n/a	$137.00	1988
Westfield (g)	NJ-WL	(i)	$10/cu yd	n/a	F	AC	n/a	$137.00	1988
Woodbury	MN	$43.00	$15.00	$58.00	N	AC	$65.00	$30.00	1987

Notes:

(a) C - city/county, F - farm, L - landscapers, N - nursery, R - residents

(b) AC - avoided cost of topsoil for landfill cover, park services projects, private use, use of land, etc. For example, avoided costs for landfill cover and soil amendment for Omaha are $8-$10/ton plus $1-$5/ton for transport of topsoil; avoided cost by $15/cu yd for Wellesley as substitute for loam; avoided cost by $35-$65/acre for farm use as fertilizer supplement at Woodhue Ltd.; avoided cost of land for Woodbury by exchanging compost for use of nursery's land

(c) costs for equipment shared with DPW are not included in composting costs

(d) processing costs do not include costs for land, amortized capital costs, nor disposal costs for reject material

(e) collection cost not included in 1988 estimate, $56/ton in 1989; conversion factor for Pacific Topsoils, Inc. ranges between 1/2-3/4 tons/cu yd for finished compost

(f) yard wastes are dropped off at composting facilities; therefore, zero municipal costs for collection and transport; costs do not include landfill disposal of rejects, nor costs of land; $52/ton tip fee includes transport cost to landfill

Table 8 (cont.): Costs and Revenues of Yard Waste Composting

Notes:

(g) NJ-MCI - Middlebush Compost, Inc., a private facility used by Westfield
NJ-WL - Woodhue Ltd., a private facility used by Westfield
conversion factor used by New Jersey is 700 lbs/cu yd, or 1 ton/3.3 cu yds
$137/ton is tip fee at the transfer station

(h) collection cost includes rented equipment, labor, fuel; does not include shared equipment

(i) collection cost of grass for Westfield is $0 with resident drop-off; cost for transport to WL was not estimated by Westfield

n/a: not available

cu yd: cubic yard

c y: cubic yard

from $0 per ton (for drop-off) to over $80 per ton, while processing costs are generally much lower, spanning a narrower range, approximately $4-$23 per ton. Footnotes to Table 8 indicate what costs are and are not included in these cost estimates. Although collection, transport, and processing costs to a community are $0 per ton for backyard composting, costs may still be incurred if it provides technical assistance and/or materials to residents.

As mentioned above, users of compost material include local residents (at a small fee or no charge), local governments, nurseries, and landscapers. The material is used primarily as a soil amendment or landfill cover by these communities. In all cases, the finished compost is distributed to users in bulk, rather than in bags. Generally, the product is picked up by the buyer, although, in some cases, delivery is available as well.

Revenues from selling the finished compost range from $0 (e.g., it is given free to residents) to $25 per ton. In addition, when revenues are not received, there may be avoided costs, as in the cases of using compost: (1) as a landfill cover material and soil amendment for county parks (at Omaha, $8-$10 per ton plus $1-$5 per ton transport costs saved for topsoil); (2) as a soil amendment (at Wellesley, $15 per cubic yard savings); (3) for private use as a supplement to fertilizer (at Woodhue Ltd., $35-$65 per acre savings); or (4) in exchange for use of another facility's land (at Woodbury, with a nursery's land). Total revenues earned by the communities (i.e., for the publicly operated facilities) can be subtracted from the total costs of composting (collection plus transport plus processing) to give the net total costs of composting (not shown in Table 8). In New Jersey, there is also a tonnage grant for recycling -- the state will pay communities $1-$2 per ton of MSW diverted from landfill as a recycling incentive as well as a tracking mechanism for the level of recycling activity.

Costs and revenues can be reported in total amounts or on a per ton basis. However, when revenues are reported as the price received per ton of <u>finished compost sold</u>, and costs are reported as expenditures per ton of <u>yard wastes received</u>, a conversion is needed so that these individual per ton estimates are compatible to estimate the net per ton cost of composting. The conversion is as follows: multiply the ratio of tons of finished compost sold to tons of yard wastes received, by the revenue earned per ton of finished compost. This revenue figure can now be subtracted from the cost of composting, per ton of yard wastes received, to estimate the net costs of composting, per ton of yard wastes received. Similar steps would be needed if the cost and revenue figures were based on cubic yards rather than tons.

Landfill tip fees have been steadily and substantially increasing nationally (Petit, 1988). These costs are generally expected to continue to increase in the future. In some areas, these costs have recently skyrocketed. These high landfill disposal fees, as seen by Westfield's $137 per ton fee at the transfer station, offer strong economic (as well as the environmental and landfill capacity) reasons for yard waste composting.

By integrating composting into their overall MSW management strategy, communities are able to divert yard wastes from landfills (or incinerators) and derive cost comparisons for strategies with, and without, composting. The total cost of composting is derived by adding the costs for collecting, transporting, and processing yard wastes (similarly, adding their costs per ton multiplied by the amount of yard wastes diverted). The total net cost of composting is determined by subtracting revenue (or avoided cost from use of compost as a substitute product) to the community for the sale of compost from the total cost of composting. The total MSW management (with composting) cost is calculated by adding the total net cost of composting and the cost of managing the remaining MSW, and then subtracting the avoided landfill disposal cost due to composting. This total MSW management cost estimate should then be compared to the MSW management without composting scenario (e.g., use MSW tonnage and per ton collection, transport, and landfill disposal costs or total costs for each of these activities) to determine if yard waste composting is a cost-effective MSW management alternative.

Many communities are becoming increasingly aware that yard waste composting will save them landfill disposal costs and precious landfill space. As stated above, cost savings by diverting yard wastes from landfills, i.e., avoided tip fees, can be subtracted from the total net cost of composting to estimate the real, or "true" cost of composting. Of course, this assumes that the cost of landfilling (and composting) reflects its true cost. To avoid double-counting costs, the true cost of composting should not be compared again to the cost of landfilling since both cost measures include estimates of landfill disposal costs, whether avoided or to be paid.

Direct cost comparisons between these 8 community composting programs may not be appropriate because their cost figures may be based on different accounting, estimation, and/or financial procedures (GPI, 1988). For example: (1) East Tawas' cost estimates only reflect costs solely applicable to composting, i.e., costs for equipment shared with their DPW were not estimated; (2) Montgomery County's estimate for its processing cost does not include the

opportunity cost for land nor amortized capital costs, the latter being paid in single lump sums; (3) Montgomery County's and Wellesley's processing costs do not include costs for landfill disposal of reject material; (4) Wellesley does not include the cost of land; and (5) Westfield does not include the cost of shared equipment, only rented equipment (as well as labor and fuel), in its processing cost estimate. Furthermore, cost per ton estimates for composting can be highly variable over time, depending on, among other things, annual fluctuations in the amount of yard wastes generated.

I. Table 9: Contact Information

Names, affiliations, and phone numbers of the representatives interviewed from each composting program are listed in Table 9.

X. Conclusions

The yard waste composting programs examined in this study represent some of the options available for designing such programs. The components of these programs are apparently site-specific, affected by local factors, community composting experience, etc. The summary highlights of the programs studied and assessed include the following findings:

- the percentage of yard waste diverted from landfilling is highly dependent on community and household participation levels, composition of the yard waste stream, and types of yard wastes composted (or, in the case of brush, shredded);
- volume reductions of the yard wastes composted range between 50 and 85 percent;
- the number of process steps, including technology used, shredding, screening, monitoring, testing, etc. is related to the available land, labor, and capital and the desired quality and value of the end product;
- composting costs (excluding revenues earned) range from $11-$102 per ton, and avoided landfill disposal fees range between $5-$137 per ton; and
- in several cases, revenues were generated through sale of the finished compost (up to $25 per ton)--in other cases, costs were avoided by saving on costs for landfill cover, soil amendment, private use, or land.

Table 9: Contact Information

City or County	State	Contact Name	Agency or Company	Phone Number
Davis	CA	Ken Shepard	Davis Waste Removal Co.	(916)756-4646
East Tawas	MI	Jacob Montgomery	City of East Tawas	(517)362-6161
Montgomery Co.	MD	Dave Wagaman	Montgomery County Gov't	(301)217-2380
		Bob Goldberg	Montgomery County Gov't	(301)217-2380
Omaha	NE	Dan Slattery	City of Omaha	(402)734-6060
Seattle	WA	Nora Smith	Seattle Solid Waste Utility	(206)684-7638
		Leo Carlson	Pacific Topsoils, Inc.	(206)486-3201
		Dorran McBride	Pacific Topsoils, Inc.	(206)486-3201
Wellesley	MA	M.R. "Pat" Berdan	DPW Director	(617)235-7600
Westfield	NJ	Edward Gottko	Town Engineer Westfield	DPW(201)789-4100
		Pat Kennedy	Middlebush Compost Inc.	(201)560-0222
		Joseph Hayes	Woodhue Ltd.	(609)723-6211
		G. "Nick" Nicholson	Woodhue Ltd.	(609)723-6211
Woodbury	MN	John Madole	John C. Madole Assoc.	(612)489-5779
		Richard Eisinger	Composting Concepts	(612)436-5994

References

Association of New Jersey Recyclers (ANJR). 1988. "Composting: Recycling's Earthy Cousin". Recyclenet Gazette. May. available from ANJR, Box 625, Absecon, NJ 08201.

Berdan, M.R. 1987. "Efficiency in the Windrow". BioCycle. Vol. 28, No. 10 (November/December) p. 33.

Berdan, M.R. 1988. Telephone and in-person interview.

BioCycle. 1988. "Options for Municipal Leaf Composting". (interview with Peter Strom). Vol. 29, No. 9 (October) pp. 38-43.

Carlson, L. 1988. Telephone interview.

Chown, C. 1987. "Municipal Yard Waste Composting". A Clean Michigan Fund Project, Michigan Department of Natural Resources. Cooperative Extension Service, Michigan State University. Extension Bulletin WM 04 March 1987.

City of Davis. undated. "Compost for healthier plants".

City of Seattle. 1988. "Yard Debris Composting Program Design". Prepared by: Pope-Reid Associates, Inc., Ron Albrecht Associates, Cooper Consultants, Inc., Resource Conservation Consultants, Thomas/Wright, Inc.. Contact: Seattle Solid Waste Utility, 710 Second Avenue, Suite 505, Seattle, WA 98104.

Derr, D. 1985. "Economics of Leaf Composting". BioCycle. Vol. 26, No. 7 (October) pp. 36-38.

Dunbar, F.C. and M.P. Berkman. "Sanitary Landfills Are Too Cheap!". Waste Age. (May) pp. 91-99.

Eisinger, R. 1988. Telephone interview.

Flannery, R.L. and F.B. Flower. 1986. "Using Leaf Compost". Prepared for Cooperative Extension Service, Cook College, Rutgers, The State University of New Jersey, New Brunswick, NJ 08903.

Fliesler, N. 1987. "Agricultural, Sludge, and Solid Waste Composting: Introductory Profiles". Prepared for: Commonwealth of Massachusetts, Executive Office of Environmental Affairs, Department of Environmental Quality Engineering, Division of Solid Waste, 1 Winter Street, Boston, MA 02108.

Franklin Associates, Ltd. with the assistance of Resource Conservation Consultants. 1987. A Feasibility Study for an Expanded Recycling Program in Montgomery County, Maryland. Prepared for Montgomery County Department of Environmental Protection.

Gertman, R. 1985. "Diverting Debris from the Landfills". BioCycle. Vol. 26, No. 5 (July/August) pp. 32-33.

Gertman, R. 1988. Telephone interview.

Glass Packaging Institute (GPI). 1988. Comprehensive Curbside Recycling: Collection Costs and How to Control Them. 1801 K Street, NW, Suite 1105-L, Washington, DC 20006.

Glenn, J. 1988a. "Encouraging Yard Waste Utilization". BioCycle. Vol. 29, No. 7 (August) pp. 49-52.

Glenn, J. 1988b. Personal communication.

Goldberg, R. 1988. Telephone and in-person interview.

Gottko, E. 1988. Telephone and in-person interview.

Greenwood, S. 1988. "A model for calculating the avoided costs of disposal". Resource Recycling. Vol. 6, No. 7 (January/February) pp. 22-25.

Hayes, J. 1988. Telephone and in-person interview.

Institute for Local Self-Reliance. 1980. "Municipal Composting - Resources for Local Officials and Community Organizations". 1717 18th Street, N.W., Washington, DC 20009.

Kennedy, P. 1988. Telephone and in-person interview.

Logsdon, G. 1987. "Leaves get new look in Michigan". BioCycle. Vol. 28, No. 5 (May/June) pp. 34-35.

Madole, J. 1988a. Telephone interview.

Madole, J. 1988b. "Final Report for a Regional Grass and Leaf Composting Demonstration Project". submitted by: Composting Concepts. to: Twin Cities Metropolitan Council, 300 Metro Square Building, Seventh and Robert Streets, St. Paul, MN 55101.

Massachusetts Department of Environmental Quality Engineering (DEQE). 1986. "Composting Programs in the Commonwealth of Massachusetts". Massachusetts Bureau of Solid Waste Disposal. (July).

Mattheis, A. 1987. "New Jersey Lays Down the Law". Waste Age. (June) pp. 59-60.

McBride, D. 1988. Telephone interview.

McCown, W. 1987a. "Grass Clippings: Good as Gold for Your Lawn". Wisconsin Department of Natural Resources, Bureau of Solid Waste Management, Box 7921, Madison, WI 53707. PUBL-SW-072 87.

McCown, W. 1987b. "Home Composting: Reap a Heap of Benefits". Wisconsin Department of Natural Resources, Bureau of Solid Waste Management, Box 7921, Madison, WI 53707. PUBL-SW-073 87.

McCown, W. 1988. Municipal Yard Waste Composting: A Handbook for Wisconsin Communities. Prepared for the Dane County Compost Recycling Network, Dane County Department of Public Works, 210 Martin Luther King Jr. Boulevard, Madison, WI 53709.

Metrocenter YMCA. 1987. "Reports generated from Phase I of Agreement No. G86-107, Wood and Yard Waste Composting Facility". From: Richard Conlin. To: Mozelle Brown. Solid Waste Utility, 909 Fourth Avenue, Seattle, WA 98104.

Mielke, G. and D. Walters. 1988. "A Planning Guide for Residential Recycling Programs in Illinois: Drop-off; Curbside; Yard Waste". Illinois Department of Energy and Natural Resources, Office of Solid Waste and Renewable Resources, 325 West Adams Street, Room 300, Springfield, IL 62704-1892.

Minnesota Extension Service--Hennepin County. Undated. "Backyard Composting: an inexpensive way to manage your yard waste".

Minnesota Extension Service--Hennepin County. Undated. "Why Do You Bag Your Grass?"

Montgomery, J. 1988. Telephone interview.

Nicholson, G. 1988. Telephone and in-person interview.

Petit, C.L. 1988. "The Landfill Tip Fee Survey". Waste Age. (March) pp. 74-80.

Porter, J.W. 1988. "A National Perspective on Municipal Solid Waste Management". Speech presented to the Fourth Annual Conference on Solid Waste Management and Materials Policy. New York City. (January).

Prince George's County. Undated. "Composting at a glance...". Department of Environmental Resources, Office of Recycling, County Administration Building, Upper Marlboro, MD 20772.

Public Technology, Inc. 1988. "Year Round Yard Waste Recycling". Information Bulletin. Prepared for Project Sponsors: Urban Consortium Research Project: "Minimizing Tipping Fees: Waste Stream Reduction". Draft report. 1301 Pennsylvania Avenue, N.W., Washington, DC 20004.

Rosen, C.J.; N. Schumacher; R. Mugaas; and S. Proudfoot. 1988. "Composting and Mulching: A Guide to Managing Organic Yard Wastes". Minnesota Extension Service: Department of Soil Sciences, University of Minnesota. AG-FO-3296.

Royer Industries, Inc. 1973. "Municipal Leaf Composting: A Solid Waste Recycling Program". Kingston, PA 18704.

Rynk, R. 1987. "On-Farm Composting: The Process and Methods". Engineering Notes. Food Engineering Department, Agricultural Engineering Building, Amherst, MA 01003.

Seattle Engineering Department's Solid Waste Utility and Seattle Tilth Association. Undated. "Home Composting". Part of the Community Composting Education Program, 710 2nd Avenue, Suite 750, Seattle, WA 98104.

Shepard, K. 1988. Telephone interview.

Slattery, D. 1988. Telephone interview.

Smith, N. 1988. Telephone interview.

Spielmann, B.A. 1988. "A Yard Waste Primer". Waste Age. (February) pp. 44-52.

State of Minnesota. 1988. "State Solid Waste Policy Report: A Focus on Greater Minnesota". Draft. Prepared by Minnesota Waste Management Board, 1350 Energy Lane, St. Paul, MN 55108; Minnesota Pollution Control Agency, 520 Lafayette Road North, St. Paul, MN 55155.

State of New Jersey. 1988. "Statement of Imminent Peril to Public Health, Safety and Welfare Mandating Adoption of Amendment at N.J.A.C. 7:26-1.7(g) and New Rule at N.J.A.C. 7:26-1.11 and 1.12 by Emergency Proceedings. Department of Environmental Protection, Office of Regulatory Services, CN-402, Trenton, NJ 08625-0402.

Strom, P.F. and M.S. Finstein. 1986. Leaf Composting Manual for New Jersey Municipalities. Department of Environmental Science, Cook College and NJ Agricultural Experiment Station,

Rutgers, The State University, New Brunswick, New Jersey, copies from: New Jersey Department of Environmental Protection, Division of Solid Waste Management, 401 East State Street, CN-414, Trenton, NJ 08625.

Strom, P.F.; F.B. Flower; M.H.P. Lu; and M.S. Finstein. 1986. "Recommended Methods for Municipal Leaf Composting". BioCycle. Vol. 27, No. 10 (October) pp. 48-52.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 1988. "Characterization of Municipal Solid Waste in the United States 1960-2000". Update. EPA/ 530-SW-88-033. Office of Solid Waste, Washington, DC 20460.

Wagaman, D. 1988. Telephone interview.

Watson, T. 1987a. "Home Composting Impact on Urban Waste Stream". BioCycle. Vol. 28, No. 5 (May/June) pp. 40-41.

Watson, T. 1987b. "Solid Waste Shifts in Seattle". BioCycle. Vol. 28, No. 3 (March) pp. 50-51.

Wellesley Department of Public Works. undated. "Time to rake your leaves again ... Then what?

Appendix A: Sample Conversion Factors

Conversions Used by the Composting Facilities

Montgomery County, Maryland:

incoming leaves (after vacuuming)	400 lbs/cu yd

Omaha, Nebraska:

incoming yard wastes	600 lbs/cu yd

Seattle, Washington--Pacific Topsoils, Inc.:

gross material at entry	400 lbs/cu yd
after composting for about 2 months and shredding	1,000 lbs/cu yd
finished compost sold as topsoil	1,500 lbs/cu yd

Wellesley, Massachusetts:

uncompacted fresh leaves	400-450 lbs/cu yd
after composting for one year	1,272 lbs/cu yd
finished compost	1,500 lbs/cu yd

Westfield, New Jersey--Middlebush Compost Inc.:

loose fresh material	250 lbs/cu yd
stockpiled compost material	800 lbs/cu yd

Westfield, New Jersey--Woodhue Ltd.:

incoming yard wastes	600 lbs/cu yd

Woodbury, Minnesota--Composting Concepts:

compacted dry leaves	320 lbs/cu yd
compacted pure new grass	1,500 lbs/cu yd
partially compacted gross material at entry	400 lbs/cu yd
after 2 months composting and shredding	1,000 lbs/cu yd
density of material sold	1,500 lbs/cu yd

Conversions Found in the Literature

City of Seattle (1988):

compacted yard debris	600 lbs/cu yd
grass	800 lbs/cu yd
leaves	420 lbs/cu yd
prunings	210 lbs/cu yd
yard debris	390 lbs/cu yd

Fliesler (1987):

leaves, assuming average rate of compaction	500 lbs/cu yd

McCown (1988):

loose leaves	250 lbs/cu yd
vacuumed leaves	350 lbs/cu yd
compacted leaves	450 lbs/cu yd
bagged grass (30 gallon bag at 80% capacity = 50 lbs)	421 lbs/cu yd

Mielke and Walters (1988):

compacted leaves	400 lbs/cu yd

Public Technology, Inc. (1988):

uncompacted leaves	500 lbs/cu yd

Strom and Finstein (1986):

leaves in open truck	250 lbs/cu yd
vacuumed leaves	350 lbs/cu yd
compacted leaves	450 lbs/cu yd
leaves--rough average	400 lbs/cu yd

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNIICPALES

MONITOREO AMBIENTAL

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

MONITOREO AMBIENTAL
METODOS DE MEDICION

PARTICULAS SUSPENDIDAS..MUESTREADOR DE ALTO VOLUMEN

MICROORGANISMOS AEROTRANSPORTABLES..IMPACTADOR DE CASCADA

GASES DE COMBUSTION..ANALIZADOR DE GASES VEHICULARES

RUIDO..SONOMETRO

SUSTANCIAS ODORIFERAS..ANALISIS QUIMICOS

LIXIVIADOS..ANALISIS QUIMICOS

RADIACTIVIDAD..MEDIDOR GEIGER

GASES EXPLOSIVOS..EXPLOSIMETRO

BIOGAS..CROMATOGRAFIA DE GASES

MONITOREO AMBIENTAL
CONTAMINANTES MEDIDOS

PARTICULAS SUSPENDIDAS..POLVOS ORGANICOS E INORGANICOS

MICROORGANISMOS AEROTRANSPORTABLES..HONGOS, SALMONELAS, COLIFORMES, ESTREPTOCOCOS, ETC.

GASES DE COMBUSTION..HC, CO, NOx, OPACIDAD

RUIDO..RUIDO AMBIENTAL O FUENTE FIJA

SUSTANCIAS ODORIFERAS..MERCAPTANOS AC. SULFHIDRICO, AMINAS

LIXIVIADOS..pH, CONDUCTIVIDAD, DBO, DQO, METALES PESADOS, ETC.

RADIACTIVIDAD..RADIACTIVIDAD GAMMA Y ALFA

GASES EXPLOSIVOS..METANO

BIOGAS..METANO, CO2, NITROGENO Y OXIGENO

MONITOREO AMBIENTAL
SITIOS DE DISPOSICION FINAL CLAUSURADOS

IMPACTANTES:

SUSTANCIAS QUIMICAS ODORIFERAS
GASES EXPLOSIVOS
LIXIVIADOS

MONITOREO AMBIENTAL
TRANSPORTE

IMPACTANTES:

GASES DE COMBUSTION
RUIDO

MONITOREO AMBIENTAL
ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

IMPACTANTES:

- PARTICULAS SUSPENDIDAS (POLVOS)
- MICROORGANISMOS AEROTRANSPORTABLES
- SUSTANCIAS QUIMICAS ODORIFERAS
- RUIDO

MONITOREO AMBIENTAL
RELLENOS SANITARIOS ACTIVOS

IMPACTANTES:

- PARTICULAS SUSPENDIDAS (POLVOS)
- MICROORGANISMOS AEROTRANSPORTABLES
- SUSTANCIAS QUIMICAS ODORIFERAS
- RUIDO
- GASES EXPLOSIVOS
- LIXIVIADOS
- SUSTANCIAS RADIACTIVAS

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

RELACION ENTRE IMPACTOS DE INSTALACIONES INDESEABLES Y EL VALOR INTTUITIVO

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

RELACION ENTRE IMPACTOS DE INSTALACIONES INDESEABLES Y EL VALOR INTUITIVO DE LAS PROPIEDADES RESIDENCIALES

VALOR DE UNA PROPIEDAD

EL VALOR DE UNA PROPIEDAD RESIDENCIAL REFLEJA LA CAPACIDAD QUE SE ESPERA TENGA UN TERRENO PARA PROPORCIONAR A SU PROPIETARIO CIERTAS CUALIDADES PARA EL DISFRUTE DE SUS ACTIVIDADES RESIDENCIALES.

ASI, EL VALOR DE UNA PROPIEDAD DEPENDE DE SU LOCALIZACION EN CIERTA CIUDAD O COLONIA, DE SU DISTANCIA A LAS AREAS LABORALES, INDUSTRIALES, COMERCIALES Y CULTURALES PRINCIPALMENTE, DE COMIDADES COMO TRANQUILIDAD, SEGURIDAD E IMAGEN Y ALGUNOS OTROS ATRIBUTOS MENORES.

EN ESTE SENTIDO CUALQUIER CAMBIO QUE AFECTE EL DISFRUTE DE LA PROPIEDAD, COMO ORIGINALMENTE LO PERCIBIA EL PROPIETARIO, TAL COMO EL IMPACTO DE UNA INSTALACION PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS, PRODUCIRA UNA DISMINUCION EN LA CAPACIDAD DE LA PROPIEDAD PARA PRODUCIR LOS RENDIMIENTOS ESPERADOS DEL DISFRUTE DE LAS ACTIVIDADES RESIDENCIALES.

IMPACTOS DE LAS INSTALACIONES PARA MANEJO DE RESIDUOS

AUNQUE LAS INSTALACIONES PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS GENERAN IMPACTOS POSITIVOS A LA COMUNIDAD EN LA QUE SE UBICAN, GENERALMENTE LOS IMPACTOS QUE MAS SE NOTAN SON LOS INDESEABLES.

LOS IMPACTOS QUE MAS FACILMENTE PERCIBE LA COMUNIDAD SON: RUIDO, OLORES Y MALA IMAGEN.

LOS POSIBLES IMPACTOS SOBRE LA VIVIENDA SON: DEPRECIACION DE SU VALOR, MAYORES TIEMPOS PARA VENDER LAS VIVIENDAS E IMAGEN.

RELACION ENTRE IMPACTOS Y VALOR DE LA PROPIEDAD

LA PERDIDA DEL VALOR, SOBREVIENE EN EL COMPRADOR CUANDO CONOCE LOS CAMBIOS QUE LOS POSIBLES IMPACTOS PUEDEN PRODUCIR EN SU ENTORNO.

LOS PRECIOS EN EL MERCADO CAEN UNICAMENTE CUANDO UNA GRAN CANTIDAD DE COMPRADORES POTENCIALES, AL TIEMPO DE COMPRAR PERCIBEN LOS EFECTOS INDESEABLES.

LOS IMPACTOS FACILMENTE PERCEPTIBLES SE REFLEJAN RAPIDAMENTE EN EL VALOR DE LAS PROPIEDADES.

EN MUCHOS CASOS, LA AFECTACION DE LOS PRECIOS EN LAS PROPIEDADES RESIDENCIALES ES INTUITIVA Y BASADA EN UNA FALTA DE CONOCIMIENTO, YA QUE DE UNA INSTALACION PARA EL MANEJO DE RESIDUOS, GENERALMENTE SE ESPERA:

RIESGOS A LA SALUD, RUIDO, CAMBIOS AMBIENTALES, MALA IMAGEN Y RETRASO EN EL DESARROLLO DE LA ZONA (IMPACTOS DIFICILES DE MEDIR).

EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE INSTALACIONES PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS, LAS ETAPAS MAS IMPORTANTES EN LA PERCEPCION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES SON:

1. EL ANUNCIO DE LA EXISTENCIA DEL PROYECTO Y DE LA POSIBLE UBICACION DE LA INSTALACION.

2. EL INICIO DE LA CONSTRUCCION.

3. EL ARRANQUE DE SU OPERACION.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

IMPACTO AMBIENTAL

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M 2285

IMPACTO AMBIENTAL Y RESIDUOS SOLIDOS

ALICIA CARMONA HUERTA
MARIA TERESA LOPEZ MARTINEZ
JOSE JUAN MORALES REYES
CARLOS TELLEZ VARGAS
DIRECCION TECNICA DE DESECHOS SOLIDOS, DGSU-DDF
San Antonio Abad, 122 6º piso Col. Tránsito
México, D.F.

RESUMEN

Cuando se intenta aplicar cualquiera de las metodologías comunmente manejadas para las Evaluaciones de Impacto Ambiental (E.I.A.), al área de los residuos sólidos, nos encontramos con algunas deficiencias para su aplicación. Este trabajo describe las interacciones de los residuos sólidos, así como las de maquinaria y equipo utilizado para su manejo y disposición final, con los principales elementos del ambiente y constituye sólo una primera etapa en la que se ha tratado de definir un listado de impactos positivos y negativos, comunes en todas las E.I.A.'s para residuos sólidos, facilitando de esta manera la posterior identificación de los impactos potenciales implícitos en los mismos residuos o bien derivados de los procesos a los que son sometidos.

Así mismo se señalan las medidas de mitigación o compensación correspondientes para los impactos negativos con la finalidad de facilitar el trabajo en E.I.A.'s futuras. Finalmente se establecen los lineamientos para la toma de decisiones derivadas de la E.I.A. y se mencionan los diferentes niveles de monitoreo requeridos para asegurar una buena calidad ambiental.

INTRODUCCION

El desarrollo de las Evaluaciones de Impacto Ambiental (E.I.A.), comienza formalmente a finales de la década de los 60's y principios de los 70's, prevaleciendo hasta la mitad de ésta última década, las evaluaciones ambientales de tipo federal, vistas como una simple revisión de procesos (industriales), desarrollándose durante la segunda mitad de esa misma década, las evaluaciones de impacto que ya consideran los efectos al agua, el suelo, el aire, la flora y la fauna.

Es hasta la década de los 80's, que comienzan a aparecer los primeros lineamientos para estas evaluaciones, sobre todo en las legislaciones de países desarrollados.

A partir de 1985, comienzan a incluírse también los impactos sociales y las evaluaciones de riesgo, así como a tomarse en cuenta la participación pública.

En el caso de México, la legislación se ocupa de las Manifestaciones de Impacto Ambiental desde 1988, al promulgarse la Ley Federal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que ya cuenta con su reglamento y los instructivos correspondientes. Cabe mencionar que dicho acontecimiento se dio en una época relativamente temprana, tomando en cuenta que en el resto del mundo la legislación en materia de impacto ambiental aparece en la década de los 80's.

Actualmente, el propósito de las evaluaciones puede variar según el área de aplicación, sin embargo todos los casos convergen hacia el señalamiento de las modificaciones que pueden introducirse en cada una de las actividades que se esten considerando, para evitar o mitigar los impactos negativos o bien magnificar los positivos, lo cual siempre debe considerarse como un proceso continuo de retroalimentación, en lugar de ser una simple recopilación de información que conduzca a la producción de un documento para cumplir con un requisito legal.

Las E.I.A.'s son requeridas para todo tipo de obra que pueda causar alguna modificación al ambiente y a la sociedad humana. Estas evaluaciones son importantes en el ciclo de los residuos sólidos, ya que durante su manejo se emplea infraestructura basada principalmente en obras de ingeniería, entre las que preponderantemente podemos mencionar Estaciones de Transferencia, Rellenos Sanitarios, Plantas de Tratamiento y Recuperación de Recursos, que en casi todos los casos interactúan con poblaciones humanas, por lo que es necesario conocer los impactos más importantes que de ellas puedan derivarse con la finalidad de poder definir e implementar las medidas de mitigación o compensación, que hasta finales de la década de los 80's habían sido correctivas, pero que a partir de la década actual comienzan a ser preventivas, al retroalimentar los "Proyectos Ejecutivos" de las nuevas instalaciones para el manejo de los residuos, con las recomendaciones derivadas de los estudios de impacto ambiental.

Debe mencionarse que en la práctica, la aplicación al campo de los residuos sólidos, de lo establecido en los instructivos de la reglamentación vigente, para la presentación de Manifestaciones de Impacto Ambiental, se dificulta principalmente por tratarse de un procedimiento concebido en el marco de una revisión de procesos industriales (utilizado en los 70's en los países industrializados), además de que las metodologías comunmente utilizadas son más aplicables a obras o proyectos que involucran un impacto ambiental más agresivo, en comparación a los impactos que generan los residuos sólidos, por lo que se hace necesario modificar los procedimientos para evaluar las obras, actividades y proyectos involucrados en su manejo.

DESARROLLO DEL TEMA

ETAPAS DE LAS EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL

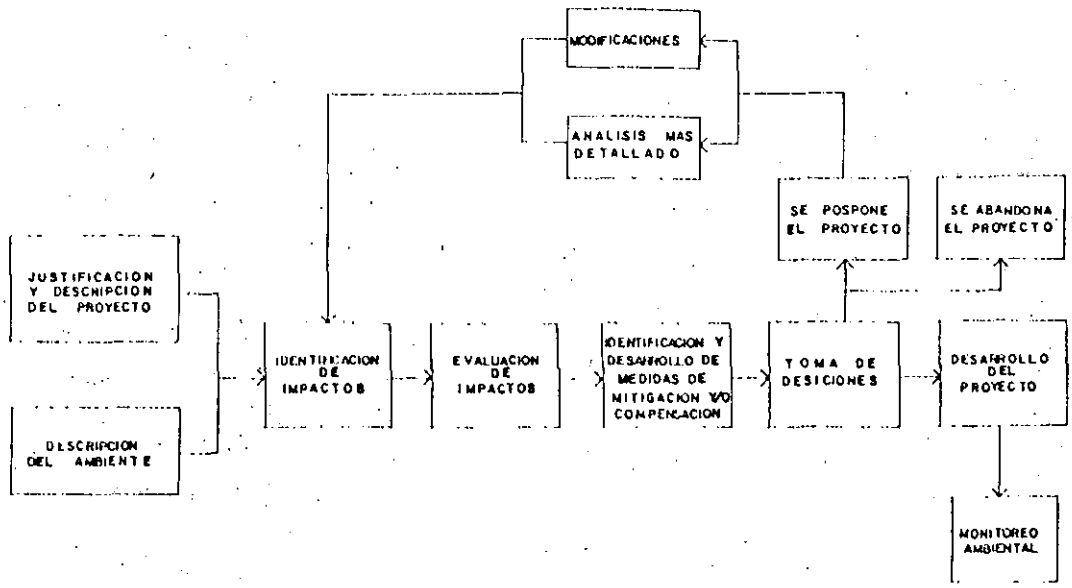
La experiencia nos ha mostrado que en la elaboración de E.I.A.'S aplicadas al campo de los residuos sólidos deben considerarse principalmente las etapas que se muestran en la Fig. 1. Así mismo se ha determinado que los aspectos de justificación y una parte importante de las descripciones del proyecto y del ambiente, no difieren sustancialmente de los conceptos tradicionales, por lo que el presente trabajo se enfoca a la identificación, evaluación y mitigación o magnificación de impactos.

IDENTIFICACION DE IMPACTOS

Para poder identificar adecuadamente los impactos derivados de estas actividades, se realizó un análisis de las interacciones que existen entre dichas actividades y los diferentes elementos del ambiente, que incluyen a los recursos naturales, históricos, estéticos, culturales, económicos, sociales y de salud pública, retomándolos de la descripción del medio circundante.

En la identificación de los impactos es necesario conside

FIG. I. ETAPAS QUE INTEGRAN LAS E.I.A.



rar a los residuos sólidos como el centro, alrededor del cual se realizan una serie de actividades, mediante las cuales se establecen las interacciones entre estos y los elementos que integran el ambiente circundante, con lo que podemos definir los impactantes y los impactos derivados directamente de los residuos sólidos como tales (Fig. 2). Sin embargo se ha observado que durante el desarrollo de las actividades de manejo, se presentan otros impactantes y sus correspondientes impactos, derivados principalmente de los equipos y maquinaria utilizados, los cuales podrían definirse de forma más adecuada como impactos secundarios, lo que no necesariamente implicará que sean pocos significativos (Fig. 3).

Con base en lo anteriormente descrito y en la experiencia obtenida de las E.I.A.'s realizadas en el Departamento del Distrito Federal para la infraestructura de la Ciudad de México se elaboró la Tabla 1, en la que se presentan las principales actividades involucradas en los proyectos relativos a las instalaciones para el manejo de la basura y sus correspondientes impactos potenciales hacia cada uno de los elementos del ambiente que le circundan.

EVALUACION DE IMPACTOS

Generalmente se ha dicho que la interpretación y evaluación de impactos es subjetiva, ya que en la mayoría de los casos, los valores asignados a cada impacto dependen en gran medida del criterio del evaluador. Sin embargo, para el caso de los residuos sólidos hemos tratado de reducir esta subjetividad utilizando para los impactantes que más preocupan a las autoridades, población, grupos ecologístas y académicos, algunos criterios o normas, tanto nacionales como internacionales, que establecen límites de aceptación o de seguridad con relación a los impactantes considerados, y que nos sirven para determinar cuál es el tipo y grado de afectación hacia las poblaciones circundantes, lo que podemos correlacionar con la importancia de los impactos. De esta manera, puede decirse que si al cuantificar un impactante encontramos niveles que esten por encima de la norma o criterio correspondiente, el impacto se considera significativo, si los niveles estan de bajo del límite recomendable o permisible, pero cercano a este el impacto se considera poco significativo, y si los niveles encontrados estan muy por debajo del límite permisible, entonces el impacto es no significativo.

La magnitud del impacto se mide en función del tamaño de las poblaciones que se verán afectadas, y más que un número nos representa el nivel de atención y el grado de desarrollo que debe contemplarse en el planteamiento de las medidas de mitigación.

En la Tabla 1, se enlistaron los factores ambientales que la experiencia nos ha mostrado pueden ser impactados y que se presentan comunmente durante el manejo de los residuos sólidos, sin otro objetivo que el de tratar de proporcionar una ayuda en la identificación de los impactos a considerarse, a los evaluadores de impacto ambiental que deseen incursionar en este campo.

Una vez identificados los posibles impactos ambientales originados por las actividades para el manejo de los residuos o bien para la construcción, operación, mantenimiento, ampliación o clausura de las instalaciones correspondientes, se requiere evaluar la importancia de los mismos.

También, con base en la experiencia obtenida en las E.I.A.'s realizadas para las instalaciones que opera el Departamento

FIG. 2. INTERACCION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS CON LOS DIFERENTES ELEMENTOS DEL AMBIENTE.

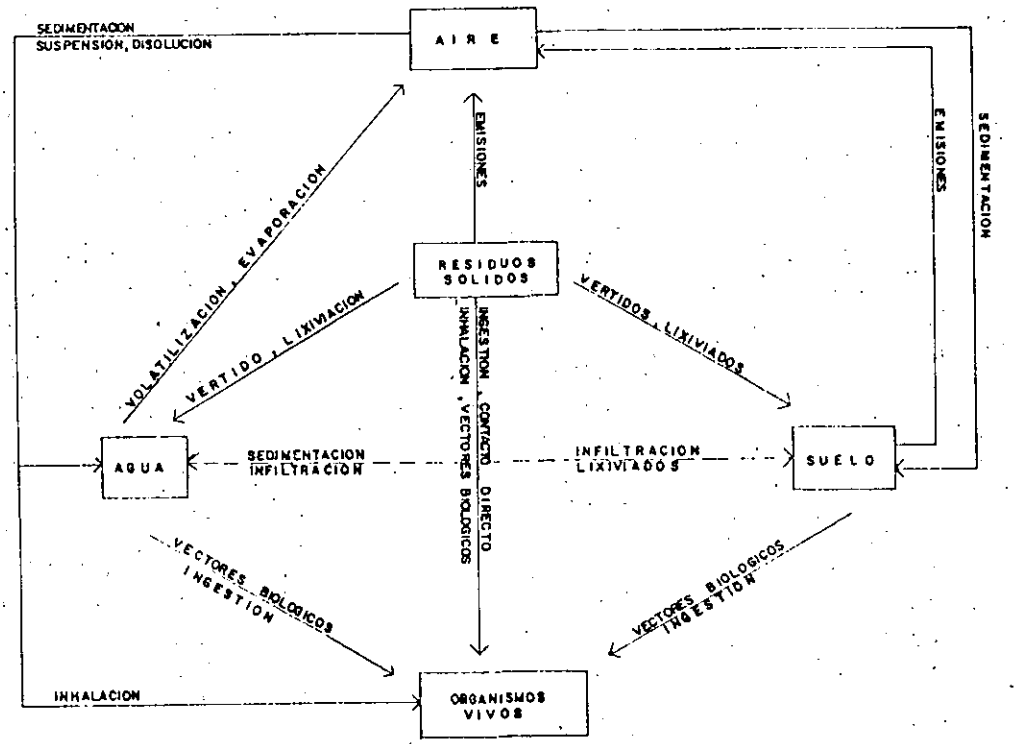


FIG. 3. INTERACCIONES AMBIENTALES DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO UTILIZADO PARA EL MANEJO Y DISPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

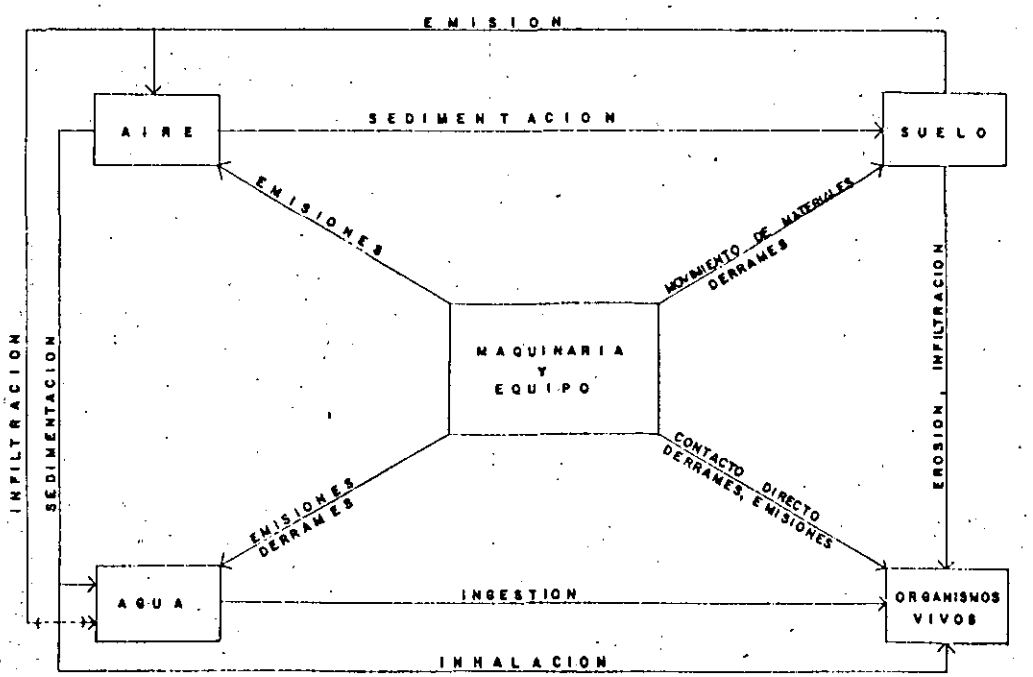


TABLA 1. FACTORES DEL AMBIENTE QUE PUEDEN SER IMPACTADOS POR LOS RESIDUOS SOLIDOS

Medio Físico	Agua	- Calidad agua - DBO - O_2 - Materia Orgánica - pH - Aceites - Derrames de combustibles - Compuestos químicos (lixiviados) - Geohidrología - Profundidad del acuífero - Dirección del acuífero - Calidad del acuífero - Hidrología superficial
	Aire	- Calidad del aire - Humos - Gases (biogás) - Polvos - Microorganismos - Ruido - Olores - Aforo Vehicular
	Suelo	- Drenaje natural - Características químicas del suelo - Compactación - Erosión - Composición del suelo - Topografía - Orografía - Uso del suelo
	Clima	- Variación en la precipitación pluvial - Variación en la temperatura atmosférica - Variación en la dirección y velocidad del viento
Medio Biológico	Flora	- Remosión de la vegetación - Alteración de habitats - Disminución de la diversidad de especies - Asentamiento de especies inducidas - Desplazamiento de especies nativas
	Fauna	- Desplazamiento de especies nativas - Disminución de la diversidad de especies - Introducción de especies plaga (fauna nociva) - Alternación de habitats
Medio Socioeconomico	Demografía	- Población - Evolución
	Economía	- Nivel de ingreso - P.E.A. - Depreciación de la tenencia del suelo
	Infraestructura	- Vías de comunicación - Infraestructura urbana - Aforo vehícular - Estético
	Nivel de vida	- Ingresos - Educación - Salud - Empleo

del Distrito Federal, se han identificado los impactantes que juegan un papel preponderante y que además pueden ser evaluados cuantitativamente. A continuación se presenta el listado de dichos impactantes y la metodología utilizada para cuantificarlos (Tabla 2).

Los valores obtenidos mediante estas metodologias, deben ser comparados con los límites establecidos por las normas o criterios correspondientes.

TABLA 2.

IMPACTANTE	METODOLOGIA
- Partículas Suspendidas Totales	- NTE-CCAM-002/88
- Microorganismos Aerotransportables	- Impactador Andersen
- Ruido	- NOM-AA-62-1978 Y 43-1977
- Transito Vehicular	- Aforo Vehícular
- Opinion Social	- Encuesta
- Fauna Nociva	- Trampeo
- Vegetación	- Censo

Para las instalaciones que se encuentran en proyecto, se evaluan todos estos impactantes en el predio donde se construirá dicho proyecto, así como en su área de influencia y posteriormente se hace una extrapolación a las condiciones modificadas que generarán cada una de las etapas del proyecto, con base en los valores promedio medidos para los mismos impactantes en instalaciones similares a la del proyecto y que actualmente se encuentren en operación.

Para el caso de la infraestructura que ya se encuentra en operación los valores medidos directamente, son los que se comparan con las normas o criterios, sin ninguna extrapolación. Cuando los datos obtenidos indican que el ambiente, en condiciones naturales ya está contaminado, deberán proponerse las medidas que impidan que se contamine aún más e inclusive proponer algunas medidas correctivas que contribuyan a mejorar su estado actual. Si el ambiente no se encuentra contaminado deberá evitarse o controlarse cualquier situación que pueda desencadenar el deterioro ambiental.

MEDIDAS DE MITIGACION

En este punto se describen las medidas, estratégias, obras o acciones que de acuerdo en nuestra experiencia, minimizan o eliminan los impactos adversos que pueden presentarse durante las diversas etapas de las actividades para el manejo de los residuos sólidos (Tabla 3).

Finalmente, una vez considerado el grado de mitigación a los impactos adversos, los beneficios que acarrean cada una de las actividades involucradas y la factibilidad técnico-económica de las medidas de mitigación recomendadas, se puede definir si el proyecto o en su caso la instalación en funcionamiento, es aceptable o debe modificarse o inclusive abandonarse.

En caso de realizarse el proyecto o de continuar operando la instalación evaluada se ha visto la necesidad de implementar un programa de monitoreo ambiental con la finalidad de obtener información que nos permita identificar fallas en los sistemas de control ambiental y tomar las medidas preventivas correspondientes.

TABLA 3. MEDIDAS DE MITIGACION.

IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
AIRE Partículas suspendidas Partículas viables Gases Olores C.O.V. Ruido	Equipos de aspersión, extracción, techados, barreras arboladas, control de emisiones, aspiradores eléctricos, manejo controlado de los residuos, desinfectantes, páneles con poliuretano de baja densidad, zona de amortiguamiento.
AGUA Partículas suspendidas Lixiviados	Equipos de aspersión, impermeabilización con membranas, sistemas de captación y tratabilidad de lixiviados, monitoreo de aguas superficiales y subterráneas.
SUELO Combustibles Lixiviados Residuos Erosión Uso del suelo	Sistema colector de desechos líquidos. impermeabilización con membranas, sistemas de captación y tratamiento de lixiviados, biogas, control y manejo de residuos sólidos, uso controlado del suelo.
BIOTICOS Fauna Vegetación Flora	Conservación de zonas de amortiguamiento natural, zona de amortiguamiento reglamentario, tala racional, control de la calidad del sistema abiótico.
SOCIOECONOMICO Valor estético Ruido Olores PST P. viables	Barreras visuales, barreras arboladas, zona de amortiguamiento, eficiencia operacional.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los estudios de Impacto Ambiental son parte fundamental para todo tipo de proyecto, ya que inherente a toda obra, existen algunas acciones que pueden causar diversas modificaciones ambientales y de salud. Es por esto que los estudios de Impacto Ambiental son una herramienta fundamental, para identificar, evaluar y eliminar los posibles impactos que se presenten durante todas las etapas del manejo de los residuos sólidos.

Dentro de estos estudios es importante destacar que existen impactos que no son originados directamente por los residuos sino por la utilización de maquinaria y equipo, principalmente en la etapa de construcción y durante la recolección, y que generalmente las interacciones de estas actividades repercuten en el medio físico, biológico y socioeconómico circundante, y no son considerados de manera específica para la evaluación, (Fig. 3).

Es importante mencionar el amplio grado de subjetividad con que actualmente se realizan las evaluaciones ambientales ya que generalmente la asignación de valores queda sujeta al criterio del evaluador, aunado a esto, existen impactantes para los que no se contemplan parámetros de comparación bien definidos, lo que hace su evaluación aún más subjetiva.

punto de interés es el referente a las medidas de mitigación, en donde se sugiere asegurar su factibilidad técnica y económica, antes de establecerlas como una recomendación definitiva.

Por otro lado se advierte que dados los actuales niveles de contaminación ambiental, es indispensable la planeación e implementación de sistemas de monitoreo, que permitan vigilar el funcionamiento adecuado de los sistemas de control ambiental y de las medidas de mitigación recomendadas, así como contar con información mediante la cual se puedan reconocer anticipadamente las posibles fallas o necesidades de mantenimiento en dichos sistemas para tomar las medidas correctivas o preventivas adecuadas. Por lo que se considera conveniente integrar la planeación y programación de actividades de monitoreo en los formatos para las Manifestaciones de Impacto Ambiental.

Se contempla la necesidad de elaborar normas específicas para el almacenamiento, recolección, transferencia, tratamiento, reciclaje o recuperación de recursos y disposición final de los residuos sólidos municipales, que permitan realizar adecuadamente todas las actividades que involucra cada una de las etapas mencionadas.

De la misma forma, es necesario contar con normas o criterios que establezcan los niveles ambientales y sanitarios recomendables, para los impactantes que continúan siendo evaluados de manera subjetiva. Consecuentemente, se requerirá el establecimiento de las metodologías más adecuadas para la medición de los impactantes correspondientes.

Considerando todo lo anterior, se hace evidente la importancia de los Estudios de Impacto Ambiental en torno a todas las actividades que involucran los residuos sólidos, de ahí la necesidad de elaborar las herramientas que aún se requieren para un mejor aprovechamiento de estos estudios.

REFERENCIAS

Dirección General de Normas. NOM-AA-43-1977.

Dirección General de Normas. NOM-AA-62-1978.

Lachance C. 1991. Seminario de Impacto Ambiental y Salud. Fac. de Ingeniería. División de Educación Continua. UNAM. México.

Norma Técnica Ecológica. NTE-CCAM-002-1988.

Rau J. 1985. Environmental Impact Analysis Handbook. McGraw-Hill. New York.

SEDUE. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Weitzenfeld H. 1990. Evaluación del Impacto Ambiental en el Ambiente y la Salud. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Metepec, Estado de México.

Wilson L. 1991. Seminario de Impacto Ambiental y Salud. Facultad de Ingeniería. División de Educación Contínua. UNAM México.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

T R A T A M I E N T O

M. EN I. GUSTAVO SOLORZANO

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

TRATAMIENTO.

1. GENERALIDADES.

El tratamiento de los residuos sólidos se presenta como una alternativa frente a la disposición final de éstos, ya sea en tiraderos a cielo abierto o bien en rellenos sanitarios. Lo interesante de esta alternativa puede deberse a varias razones. Primeramente, se tiene la elevación en los costos de disposición final de los residuos sólidos, dada la cada vez mayor dificultad para obtener terrenos aptos para ello cercanos a las ciudades, lo que ocasiona que se tengan que recorrer grandes distancias para transportar la basura a los sitios de disposición final. Se tiene también, la oposición de ciertos sectores de la población hacia esta práctica, ya que si bien un relleno sanitario considera en su diseño todas las medidas necesarias para prevenir los impactos en la salud y en el medio ambiente, el hecho de que la basura permanezca enterrada provoca una desconfianza ya que puede representar un riesgo con el paso de los años o en la eventualidad de una inundación, terremoto, etc.

Asimismo, debido a la degradación y escasez de los recursos naturales, así como a la elevación en los costos de ciertas materias primas y energéticos necesarios para la fabricación de productos diversos, se considerea a los residuos sólidos como una fuente alterna de materia para algunos procesos de fabricación, alternativa que se cancela cuando los subproductos factibles de ser reciclados son dispuestos y enterrados permanentemente en los rellenos sanitarios.

Como consecuencia de lo anterior, existe a nivel mundial una tendencia que se ha iniciado en los países industrializados hacia el reciclaje y tratamiento de los residuos sólidos municipales, buscando con ello la racionalización y protección de los recursos así como minimizar los posibles efectos negativos en el medio ambiente.

El tratamiento de los residuos sólidos municipales puede ser definido como el conjunto de técnicas o métodos de procesamiento, físicos, químicos o biológicos, que se aplican a los desechos sólidos con la finalidad de modificar sus características. Los objetivos últimos del tratamiento de los residuos sólidos pueden ser varios, contándose entre los más comunes a los siguientes:

- reciclaje y reuso de subproductos
- reducción de volumen
- recuperación de energía
- eliminación de agresividad de los residuos
- facilitar su manejo

2. REDUCCION DE VOLUMEN.

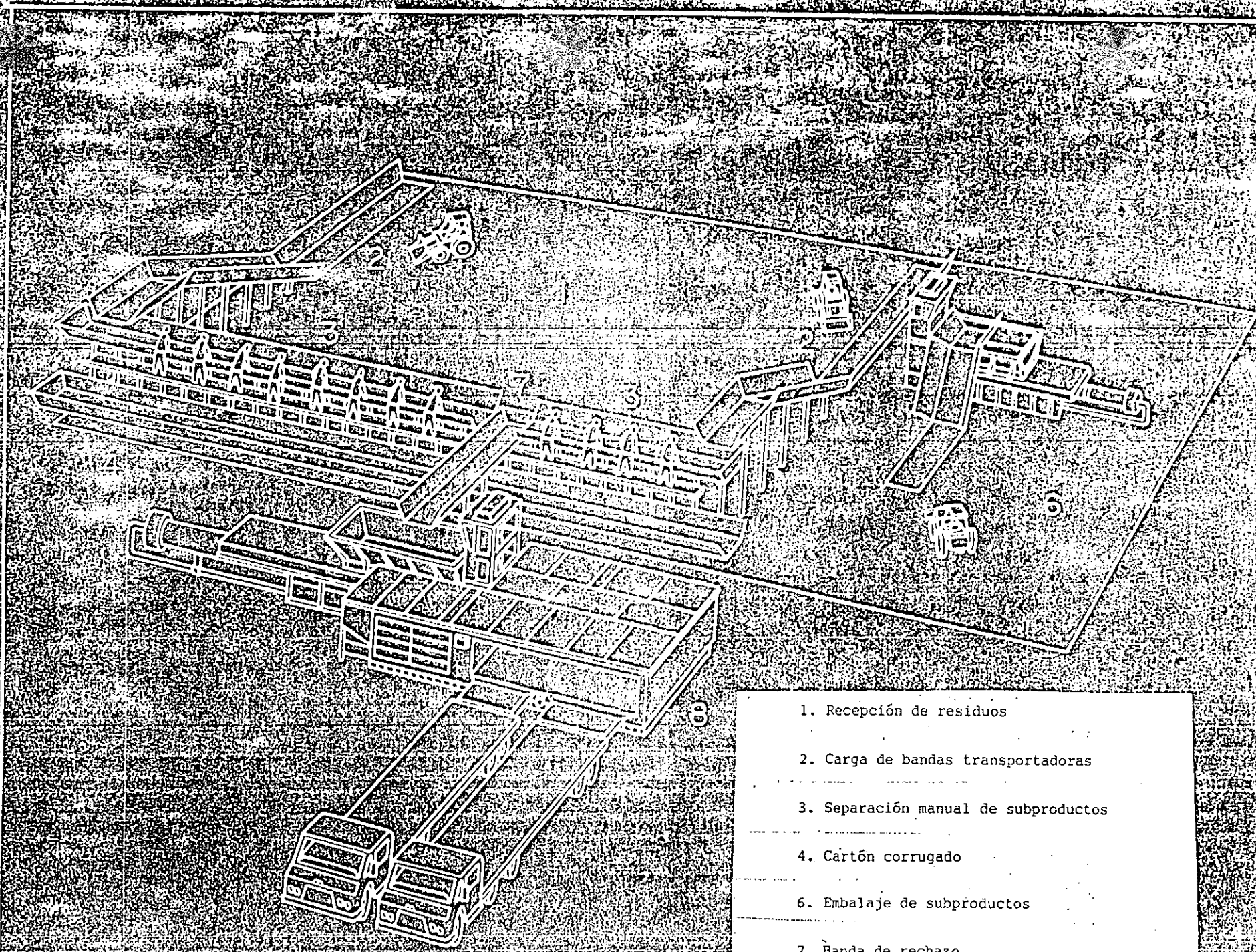
La reducción de volumen de los residuos sólidos se lleva a cabo con objeto de facilitar su manejo y, fundamentalmente, para alargar al máximo la vida útil de los sitios de disposición final. La incineración constituye una manera particular de lograr este objetivo; en este apartado se revisarán otros métodos disponibles para lograr la reducción de volumen, dejando la incineración para un capítulo posterior.

2.1. Compactación.

Por lo general, en nuestro país este proceso se lleva a cabo principalmente en las etapas de recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos, sin embargo, es posible efectuarlo también en otras etapas del manejo de los residuos sólidos, como pueden ser las estaciones de transferencia. En el caso de los sitios de disposición final, el equipo empleado para la compactación de los residuos consiste en tractores de oruga, o bien en compactadores diseñados específicamente para ese fin, los cuales dan varias "pasadas" sobre los residuos hasta lograr su objetivo. De estos equipos y el procedimiento a seguir para la compactación de los residuos en rellenos sanitarios se hablará más adelante, en el capítulo correspondiente a disposición final. De la misma manera, no se revisarán aquí los equipos de compactación integrados en los vehículos de recolección y transferencia, que se encuentran considerados por separado.

Los equipos normalmente utilizados en las estaciones de transferencia para reducir el volumen de los residuos sólidos constan básicamente de una estructura robusta donde se compactan los residuos en base a un sistema hidráulico. Después de conseguir la compactación, existen dos alternativas dependiendo del equipo con que cuente la estación. La primera, consiste en cargar los residuos compactados en una caja de transferencia, dejando que sea la estructura de ésta el único control para mantener el peso volumétrico conseguido por el equipo de compactación. Por consiguiente, al descargar los residuos en el sitio de disposición final, éstos recuperan parcialmente su peso volumétrico anterior a la compactación.

La segunda alternativa considera, como paso adicional a la compactación, el flejado con alambre de acero para evitar que los residuos se re-expandan y mantengan la densidad conseguida aún después de ser dispuestos en un relleno sanitario. De hecho, lo que se consigue es conformar una "paca" de basura de dimensiones relativamente considerables.



1. Recepción de residuos
2. Carga de bandas transportadoras
3. Separación manual de subproductos
4. Cartón corrugado
6. Embalaje de subproductos
7. Banda de rechazo
8. Embalaje de rechazo y carga de camiones

Fig. 1 Estación de transferencia con embalado

Este método se ha utilizado con éxito sobre todo en Estados Unidos y Japón; en este último país se utiliza además una malla de alambre adicional al flejado. La figura No. 1 muestra el esquema de una estación de transferencia con embalaje de subproductos y de rechazo para ser enviado a disposición final u otro tratamiento.

Las ventajas obtenidas con este método son las siguientes:

- el peso volumétrico obtenido es de 1.5 a 2 veces superior al que se obtiene en un relleno sanitario bien consolidado.
- se disminuyen los asentamientos en rellenos sanitarios.
- se disminuye la emisión de olores y el riesgo de proliferación de vectores.
- en ciertos casos, es posible disponer hasta un 60% más de residuos sólidos en un relleno sanitario.
- los requerimientos en material de cubierta pueden verse reducidos hasta en un 75%.
- incremento considerable en la vida útil de un relleno sanitario.
- mayor eficiencia de los vehículos en el transporte de residuos.

Entre las desventajas de este método se pueden mencionar las siguientes:

- altos costos de inversión en el equipo e instalaciones.
- el lixiviado generado puede presentar una mayor agresividad.
- el método no es aplicable cuando los residuos presentan altos contenidos de humedad.

2.2. Fragmentación.

Dentro del término fragmentación se comprende a todas aquellas técnicas que tienen por objeto la reducción y homogenización del tamaño de las partículas que conforman los residuos sólidos municipales (molido, pulverizado, trituración, desmenuzado, etc.). Normalmente la fragmentación se considera como una actividad de pre-tratamiento, y se lleva a cabo generalmente con el objeto de dar a los residuos una preparación para un tratamiento o destino posterior, mediante la modificación de ciertas características físicas. Esta modificación se traduce en una reducción en el volumen global de los residuos, así como en una homogenización de sus características físicas (tamaño de partícula, peso volumétrico, composición, etc.).

Los efectos conseguidos mediante la fragmentación de los residuos sólidos adquieren mayor o menor importancia dependiendo del tratamiento posterior al que éstos serán destinados. Para el caso de un relleno sanitario, las ventajas se encuentran representados por:

- un mayor grado de compactación
- menores asentamientos locales posteriores a la clausura
- mayor vida útil del sitio
- menores riesgos de incendio, incidencia de vectores y olores
- menor daño a los equipos de trabajo utilizados en el sitio

Para el caso de la incineración, al tener un combustible más homogéneo se puede lograr un mayor control sobre el proceso correspondiente, y con ello una mayor eficiencia en la combustión de los residuos. Asimismo, se evitan riesgos de daño a las partes que conforman el equipo de combustión. En el caso de utilizar hornos de lecho fluidizado, el molido de los residuos es un requisito indispensable (lo mismo que en la fabricación de composta).

En el transporte de los residuos sólidos, se logra una mayor eficiencia al permitir un mejor "acomodo" de éstos en los vehículos de transporte.

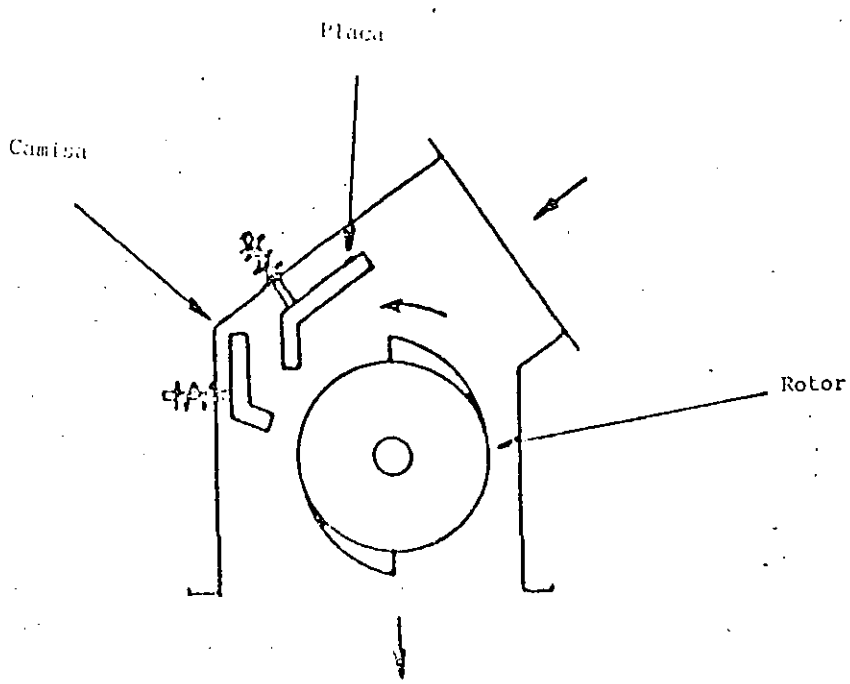
Finalmente, y de manera general, el manejo de los residuos se facilita considerablemente cuando son sometidos al proceso de fragmentación.

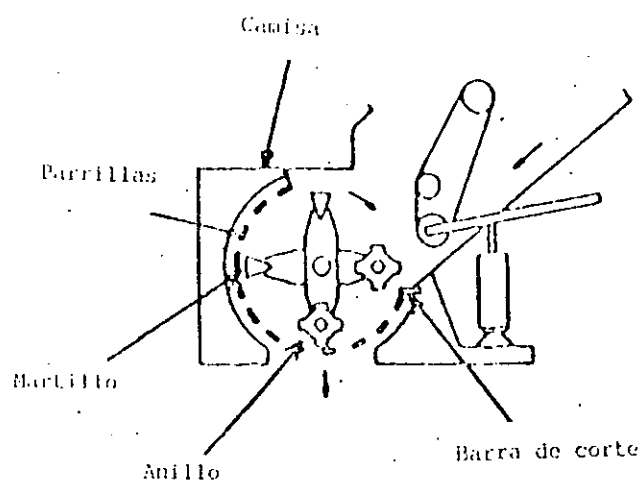
Los equipos actualmente disponibles para lograr la fragmentación de los residuos sólidos son muy diversos y se basan en distintos principios de operación. Las figuras 2 y 3 muestran algunos de los equipos más comunmente usados con este propósito.

De los equipos mostrados, el más utilizado es el denominado molino de martillos, el cual se compone de una estructura fija en acero o camisa al interior de la cual pueden girar uno, dos o tres rotores sobre un eje vertical u horizontal; dentro de la estructura se encuentran fijas una o más parrillas cuya posición puede ser regulada. Los rotores son accionados por un motor eléctrico a través de una correa o bien otro mecanismo de transmisión. Sobre los ejes de los rotores se encuentran fijados discos de acero espaciados por lo general a cada diez centímetros; sobre estos discos se encuentran a su vez fijados los martillos formados por barras rectangulares en acero, los cuales pueden girar libremente sobre su eje. Cuando el rotor gira a alta velocidad, los martillos adoptan una posición radial por el efecto de la fuerza centrífuga y golpean todo lo que se encuentra en su radio de influencia, girando sobre su eje después del impacto o cuando se introduzca un objeto sumamente duro o voluminoso evitando así que se dañe u obstruya el equipo.

La granulometría deseada se obtiene regulando diferentes parámetros de operación: número y colocación de los martillos, velocidad de rotación, velocidad tangencial, espaciamiento de las barras de la parrilla, etc.

La velocidad tangencial del martillo en el punto de impacto tiene un efecto determinante en el resultado obtenido. Para la





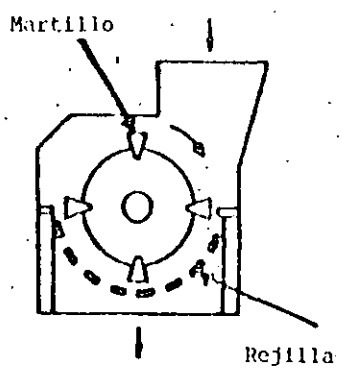
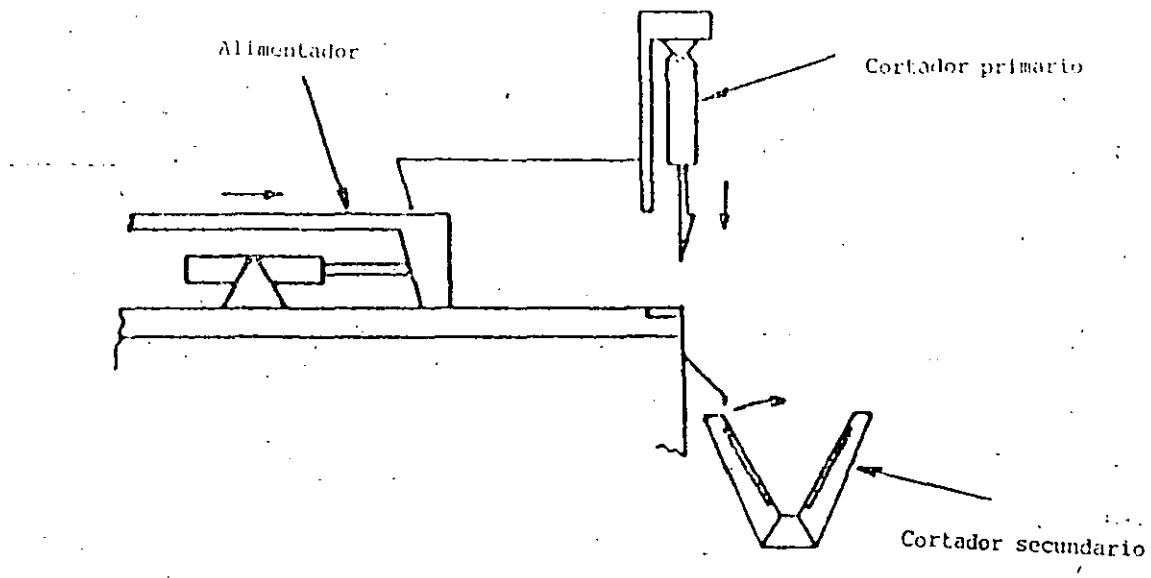


Fig. 2 Molinos



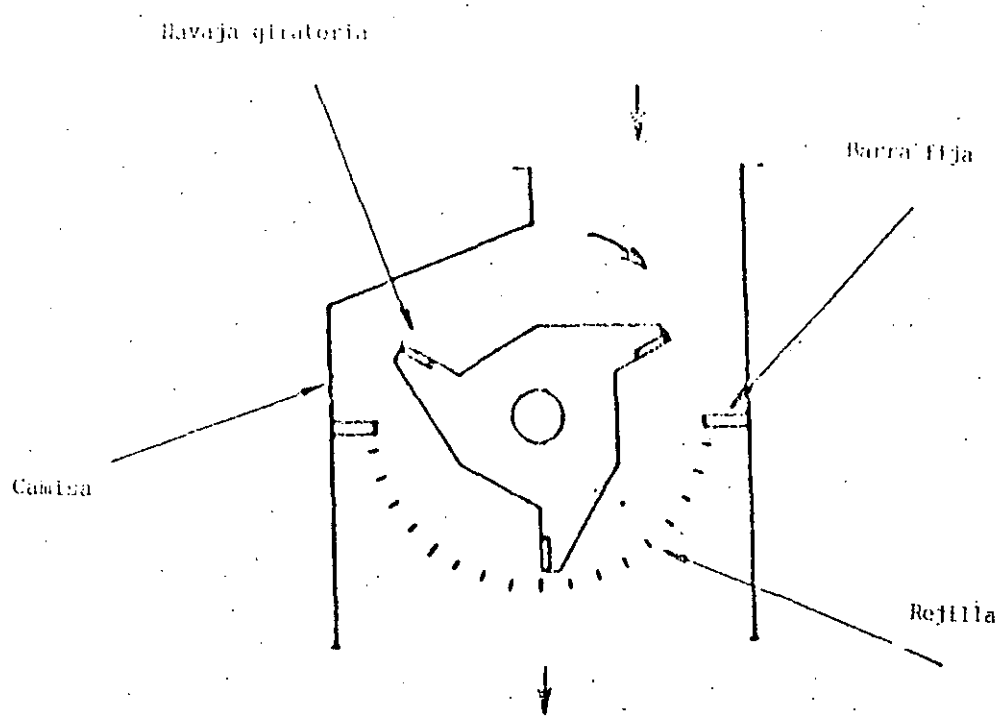


FIG. 3 Cortadores

eliminación completa del vidrio, esta velocidad deberá encontrarse entre 80 y 100 m/s, con lo cual el 80% del vidrio es pulverizado, y el resto es reducido a partículas muy pequeñas sin bordes cortantes. Conociendo el diámetro de los rotores, es posible obtener la velocidad de rotación necesaria que puede variar de 500 a 2,300 rpm dependiendo del equipo.

El molino de martillos consume una gran cantidad de energía, que es variable según el gasto de alimentación y la granulometría deseada. En razón de las características dimensionales de los residuos crudos, la potencia instalada generalmente es superior a 150 CV, ya que los residuos no han sufrido una pre-selección. El gasto horario y el rendimiento granulométrico son función de la potencia. Para una granulometría final de 80 mm, en promedio, la potencia requerida es de 15 CV por ton/hora de alimentación.

Por lo general, los residuos sólidos presentan características de abrasividad elevada, por lo que las piezas sometidas a un desgaste excesivo (martillos, parrillas, placas de protección, etc.) deben ser susceptibles de desmontarse fácilmente y ser reemplazadas rápidamente. El desgaste de estas piezas depende de factores tales como: alimentación horaria de residuos, granulometría deseada, y el tipo de residuos tratados. En ocasiones, la vida de estas piezas se puede prolongar utilizando aleaciones de metales o aceros especiales, lo cual resulta sumamente costoso. Por lo general, los martillos de los molinos son invertidos en su posición cuando presentan medio uso, excepto en los equipos en que es posible invertir el sentido en el giro del rotor. A continuación se anota, de manera indicativa, la vida útil expresada en toneladas molidas por un juego de martillos en acero ordinario, en función de la granulometría deseada:

- 600 toneladas para 35 mm.
- 800 toneladas para 55 mm.
- 1,000 toneladas para 75 mm.
- 1,200 toneladas para 100 mm.

3. SEPARACION.

Los residuos sólidos que se desechan en los hogares, comercios, parques, etc., se convierten en basura propiamente dicha al ser mezclados con otro tipo de residuos. Este mezclado se lleva a cabo en los recipientes domésticos, contenedores, en los vehículos recolectores o de transferencia, así como en los sitios de disposición final. Desde este punto de vista, la separación de subproductos puede darse desde el inicio del ciclo de los residuos sólidos, es decir, en la fuente generadora, con lo cual se evita el mezclado de residuos de diferentes tipos, tal como se ha descrito en el capítulo correspondiente. La alternativa a este tipo de separación es la que se da de manera posterior a la

recolección y transporte de los residuos, que es la más común en nuestro medio y que se describe a continuación.

La separación de subproductos a partir de los residuos sólidos, fuera de la fuente generadora, es una práctica que comunmente se da desde la etapa de recolección de dichos residuos y hasta su disposición final. En efecto, la separación de subproductos es efectuada por los barrenderos, la tripulación de los vehículos, y los "pepenadores" que operan en los sitios de disposición final. Sin embargo, dicha separación se lleva a cabo de manera informal, y frecuentemente en condiciones de insalubridad y de alto riesgo para las personas que llevan a cabo esta tarea, así como con muchas molestias para la población expuesta a este tipo de actividades.

Por otro lado, en la actualidad existen disponibles en el mercado tecnologías y equipos cuyo objetivo es la separación mecánica de los subproductos contenidos en los residuos sólidos. Esta separación puede ser completamente mecanizada o bien una combinación de equipo mecánico y separación manual.

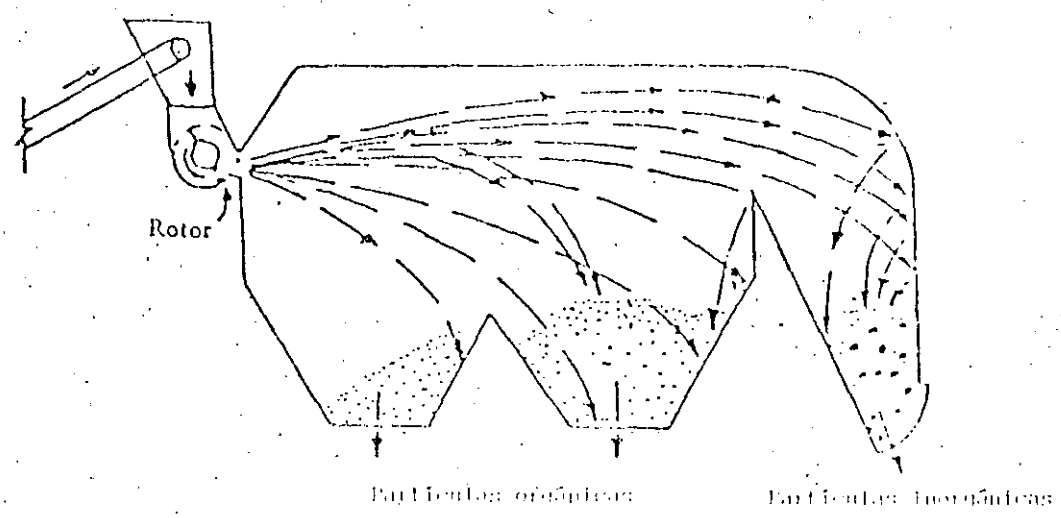
El método de separación combinado utiliza fundamentalmente bandas transportadoras de rodillos accionadas por motores y sobre las cuales los residuos se desplazan a cierta velocidad y con un espesor determinado. A ambos lados de las bandas se colocan operadores que se dedican a separar manualmente un tipo preestablecido de material, el cual van depositando en contenedores o tolvas que se encuentran ubicadas próximas a los operadores. Sobre la banda permanece el material de rechazo que se envía a algún tipo de tratamiento o bien a disposición final.

La separación mecanizada utiliza principios de tipo balístico, neumático, magnético y otros para separar los subproductos contenidos en la basura, aprovechando sus características físicas. Las figuras 4, 5 y 6 muestran algunos de los equipos comunmente utilizados en la separación mecánica de subproductos.

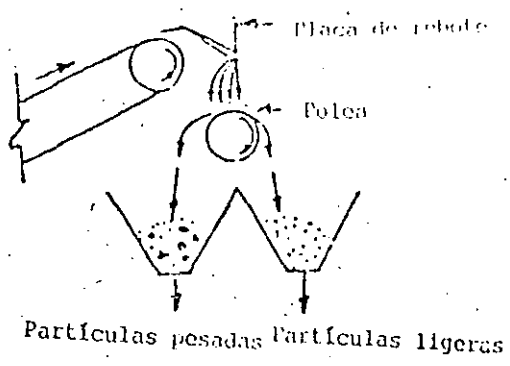
4. PRODUCCION DE COMPOSTA.

La producción de composta o compostaje, consiste fundamentalmente en la degradación biológica de la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos municipales, la cual puede ser conseguida siguiendo métodos diversos; de hecho, se trata de un proceso presente normalmente en la naturaleza, solo que bajo condiciones controladas. El resultado obtenido mediante este proceso es un producto que, si bien no posee las características de un fertilizante completo, sí es susceptible de ser utilizado como un mejorador de suelos para uso agrícola y en jardines, ya que su aplicación permite reintegrar a aquéllos ciertos nutrientes agotados por la siembra extensiva de cultivos y otras actividades. En la práctica, es posible utilizar como insumos, otros productos

Separador balístico



Separador de rebote



Transportador inclinado

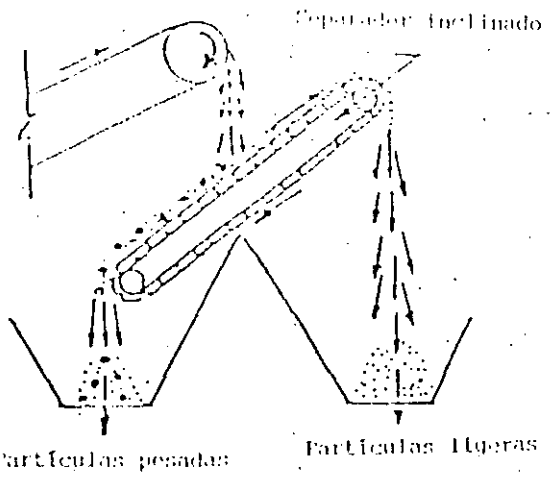


Fig.4 Separadores inerciales

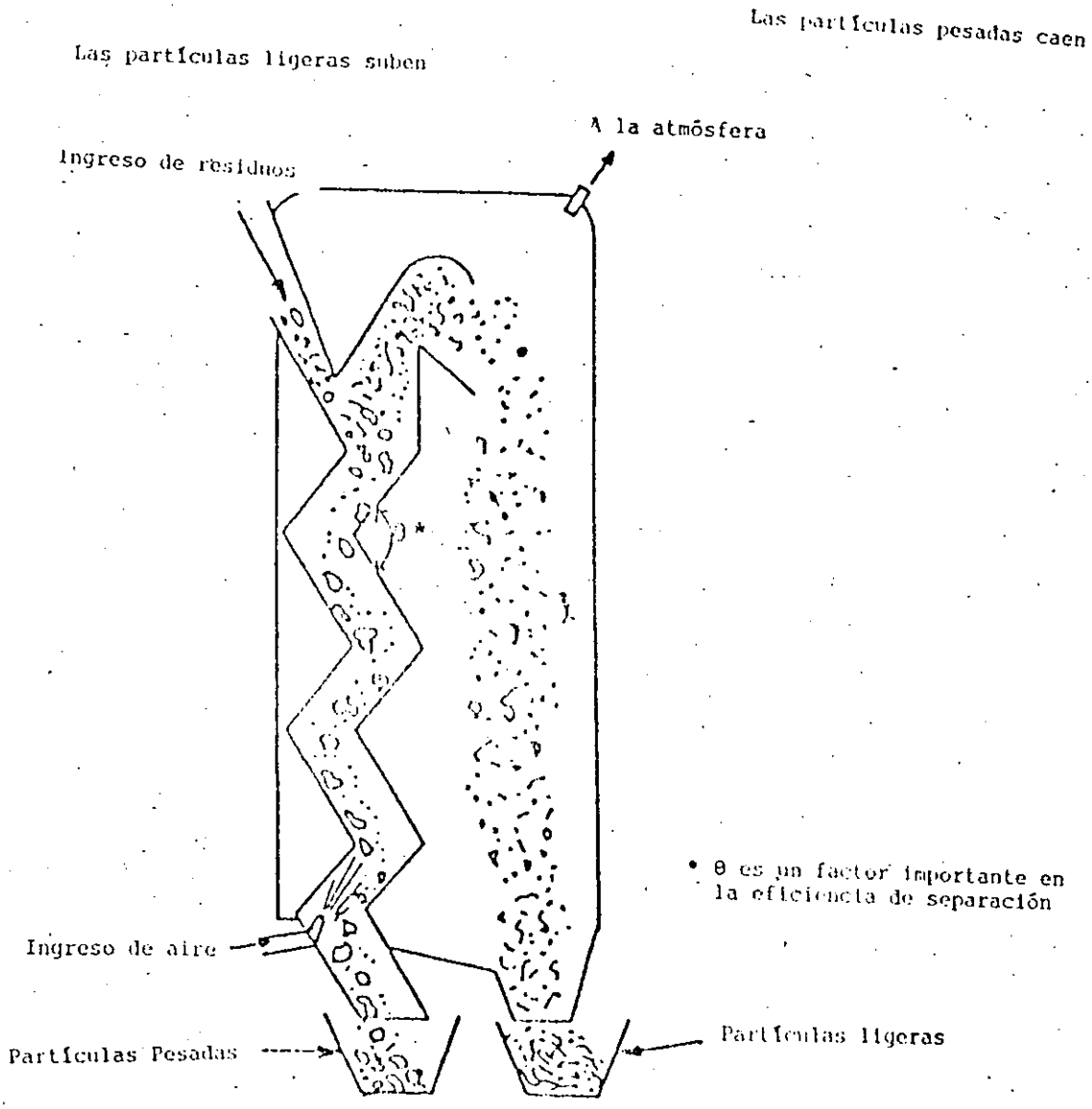
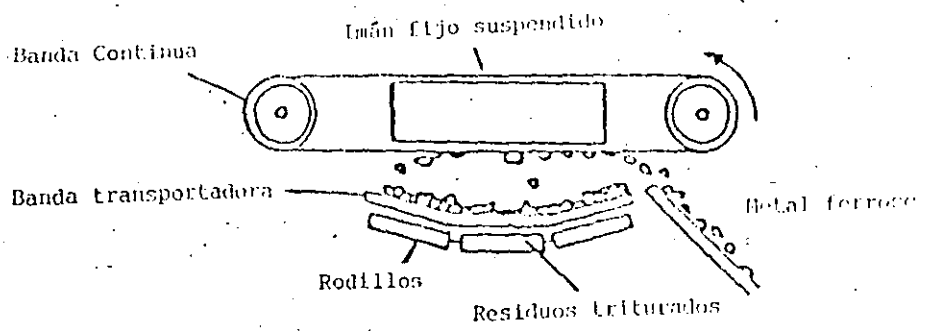


Fig.. 5 Separador zig-zag



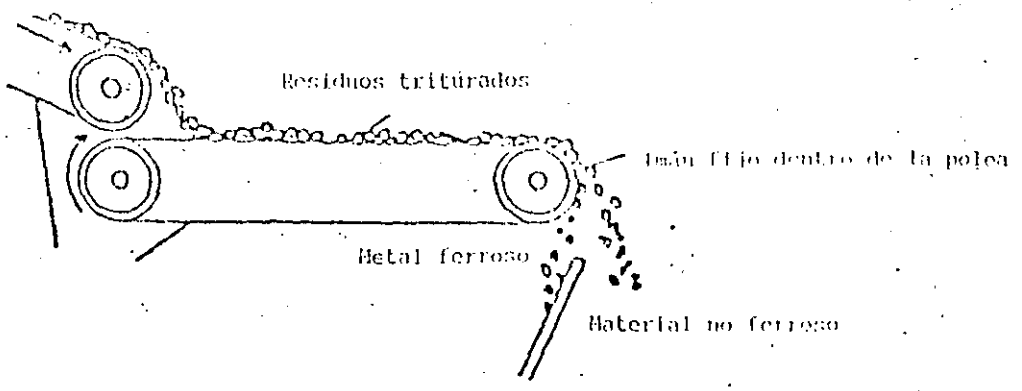


Fig. 6 Separadores magnéticos típicos

tales como lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales.

El proceso de compostaje requiere que los componentes no biodegradables de los residuos sólidos sean separados de antemano con objeto de obtener un producto de buena calidad, por lo que, además de la ventaja conseguida al producir un mejorador de suelos a partir de la basura, se tiene la posibilidad de recuperar subproductos reciclables, con lo cual se reducen significativamente los volúmenes de residuos que es necesario destinar a la disposición final en rellenos sanitarios y por consiguiente se incrementa la vida útil de éstos.

En cualquier caso, la decisión para implantar o no este tipo de tratamiento depende en gran medida de la posibilidad de comercializar o de aplicar de manera adecuada el producto obtenido. Por consiguiente, la existencia de un mercado potencial local suficientemente atractivo es una condicionante para optar favorablemente por esta alternativa.

4.1. Descripción del proceso de compostaje.

El proceso establecido para la generación de composta se caracteriza por dos etapas básicas: primeramente, se requiere separar de los residuos sólidos aquellos componmentes no biodegradables. La segunda etapa consiste propiamente en la degradación biológica de la materia orgánica bajo condiciones controladas.

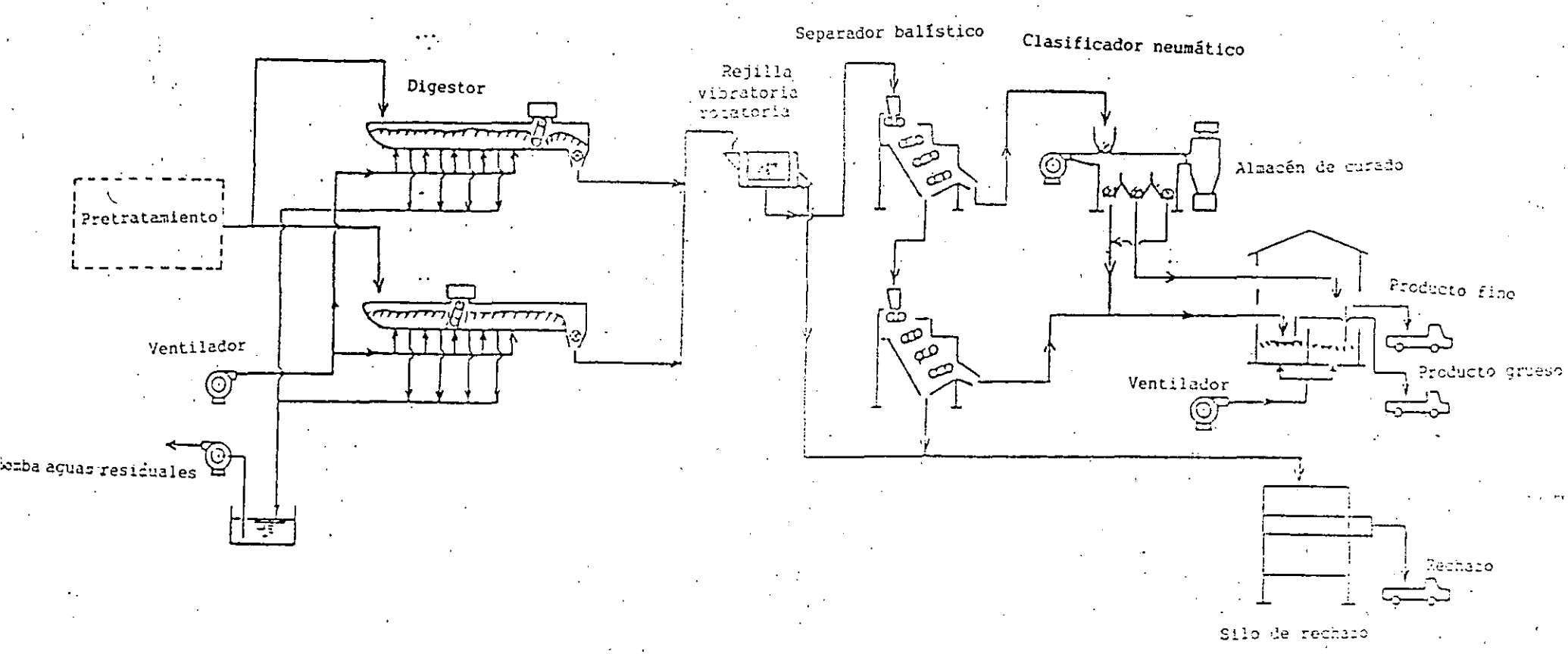
A continuación se efectúa una breve descripción de los principales pasos que conforman el proceso de compostaje dentro de una planta de tratamiento de este tipo (figura 7).

En primer término, los residuos sólidos recibidos en la planta son pesados con objeto de llevar un control sobre los volúmenes que ingresan a las instalaciones.

Posteriormente, los residuos son depositados por los vehículos en una fosa de recepción, donde son temporalmente almacenados para luego ser alimentados a unas tolvas, generalmente mediante el uso de grúas de almeja.

Las tolvas a su vez alimentan a unas bandas transportadoras de rodillos sobre las que se depositan los residuos. A lo largo y a ambos lados de estas bandas se encuentran colocados los operarios que llevan a cabo la separación en forma manual, de subproductos reciclables tales como vidrio blanco y de color, papel, plástico, etc; estos productos son depositados por los operarios en tolvas que a su vez alimentan otras bandas transportadoras para cada tipo de material separado.

La porción de residuos que no es recuperada, constituida en gran medida por materia orgánica, continúa en la banda



(Source : GOTCH, 1981)

Fig. 7. Proceso de composta alta tasa

transportadora, la cual alimenta a través de una tolva a un molino desmenuzador, donde la fracción remanente es triturada en fragmentos de tamaño más o menos homogéneo, con la finalidad de lograr una mayor eficiencia durante el proceso de fermentación.

Después que los residuos son triturados, éstos son sometidos a la acción de un electroimán, con objeto de separar automáticamente los desechos constituidos por metal ferroso y enviarlos a un área específica; el resto es enviado a una criba vibratoria con objeto de uniformar el tamaño de las partículas y separar aquellos subproductos que escaparon a la separación manual y no deben continuar a la siguiente etapa del proceso.

De esta manera, se logra obtener un material constituido básicamente por elementos orgánicos, el cual conforma la materia prima inmediata para la producción de composta.

A continuación se tiene la etapa de fermentación, la cual puede estar basada en un proceso de alta tasa o bien de fermentación lenta.

a) Proceso de alta tasa.
Este proceso requiere de instalaciones y equipo especiales, por lo que lleva implícita una alta inversión de capital. Se lleva a cabo en instalaciones cerradas donde es relativamente fácil controlar los parámetros involucrados en el proceso, ya que en este caso el proceso no se ve afectado por las condiciones climatológicas locales.

Dentro de las instalaciones se cuenta con equipos de agitación mecánica, con objeto de efectuar una aereación eficiente manteniendo una separación casi permanente de las partículas de materia orgánica.

Actualmente existen en el mercado varios diseños de cámaras fermentadoras o digestores de alta tasa: verticales de piso múltiple, verticales de paletas, horizontales tipo horno rotatorio, horizontales de paletas, etc. Dependiendo del diseño utilizado y las características de los residuos, el tiempo requerido para lograr la fermentación siguiendo el proceso de alta tasa, puede variar entre tres y quince días.

b) Proceso de fermentación lenta.
Este tipo de proceso se lleva a cabo generalmente a la intemperie, formando pilas de longitud variable sobre el suelo, y comprende una etapa preliminar de fermentación y una posterior de maduración o estabilización, lo cual requiere de extensiones considerables de terreno. En este caso, es necesario revolver o agitar los residuos periódicamente utilizando un cargador frontal o algún otro medio, con objeto de asegurar la degradación aerobia efectuada por los microorganismos.

A diferencia del proceso de alta tasa, éste requiere de uno a tres meses para llevarse a cabo, y se ve afectado directamente por las condiciones climatológicas del sitio cuando se efectúa a la intemperie, que es la práctica más común en estos casos.

Para los dos procesos de fermentación descritos, existe una etapa posterior de molido fino y envasado, cuando las condiciones de comercialización y distribución del producto final así lo requieran.

4.2. Consideraciones particulares del proceso de fermentación.

Existen ciertos parámetros que es necesario considerar y controlar durante el proceso de degradación de la materia orgánica, con objeto de lograr una fermentación adecuada y un producto final de buena calidad. A continuación se enlistan estos parámetros, mencionando rangos de valores en algunos casos; cabe señalar que estos valores son indicativos y los valores idóneos deberán ser establecidos para cada localidad en particular.

a) Contenido de humedad.
Se recomienda que éste permanezca dentro de un rango del 50 al 60% durante el proceso de fermentación.

b) Relación carbono-nitrógeno (C/N).
Se recomienda una relación C/N inicial de 30 a 50 para lograr una fermentación adecuada, pasando a un rango de 25 a 35 en la etapa de estabilización.

c) Temperatura.
Es conveniente mantener la temperatura entre 50 y 55°C durante los primeros días de fermentación, y entre 55 y 60°C para el resto del proceso. Si la temperatura rebasa los 65°C, la actividad biológica puede verse drásticamente reducida, sin embargo, es recomendable elevar la temperatura hasta 70°C durante un máximo de 24 horas, con objeto de eliminar gérmenes patógenos, semillas de maleza y otros.

d) Inoculación o siembra.
Con objeto de acelerar el proceso de fermentación, es conveniente inocular la materia orgánica con residuos sólidos en descomposición, lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales, estiércol, etc.

e) Tamaño de las partículas.
Conviene que éste se encuentre en un rango de 2.5 a 7.5 cms., con objeto de lograr una eficiencia adecuada en la aereación.

f) pH.
El pH no deberá ser mayor a 8.5, con objeto de evitar las pérdidas de nitrógeno en forma de gas amoníaco.

5. Mineralización.

La mineralización es un proceso de tratamiento relativamente reciente, que consiste en la conversión de los residuos sólidos municipales en un agregado mineralizado, a partir del cual es posible fabricar materiales para su uso en la construcción de edificios o bien en la pavimentación de caminos.

5.1 Descripción del Proceso

Actualmente el proceso de mineralización, se ha desarrollado en mayor escala en países como Japón y Suiza, existiendo algunas diferencias entre los métodos que se siguen en ambos países. Aquí se describirá de manera general el proceso de tratamiento desarrollado en Suiza.

El proceso de mineralización da inicio con la recepción de los residuos en una fosa de almacenamiento temporal.

Posteriormente, los residuos son alimentados a un molino, con objeto de uniformar el tamaño de éstos a una dimensión aproximada de 5-6 cm. El producto es enviado después a una criba para separar los fragmentos de mayor tamaño, realimentándolos al molino para ser triturados nuevamente. En este punto, posterior a la operación de cribado, se lleva a cabo la separación de materiales ferrosos mediante la utilización de un electroimán.

En seguida, existe una segunda molienda, mediante la cual el tamaño de las partículas es reducido aún más, esta vez a un tamaño máximo de 3 cm. Después de esta segunda molienda, los desechos son alimentados hacia un mezclador, donde se adiciona el material aglutinante, obteniendo así una mezcla homogénea consistente en un polvo seco. Este polvo pasa a un formador rotatorio de gránulos cilíndricos mediante la aplicación de una presión elevada.

Posteriormente, se adiciona una mezcla de cal viva y carbonato de calcio a los gránulos, antes de ser enviados a un horno rotatorio donde existen tres zonas de diferentes temperaturas que van descendiendo gradualmente, de 260 a 60ºC.

Una vez enfriados los gránulos obtenidos, están listos para ser usados en la fabricación de materiales de construcción (tabiques), o como agregado para la pavimentación de carreteras.

El proceso japonés difiere del anterior básicamente en la utilización de un horno rotatorio adicional para la precalcinación de los residuos, como primer paso en el proceso de tratamiento. Además, la temperatura de calcinación alcanza los 1000ºC, lo cual hace suponer que este proceso implica costos de capital y de operación más elevados que el aquí descrito.

5.2 Aplicación del Proceso de Mineralización

El proceso de mineralización es, como ya se ha mencionado, un proceso de tratamiento con un desarrollo relativamente reciente, por lo que no existen referencias suficientes sobre éste. En el campo de los residuos sólidos peligrosos, se lleva a cabo con éxito un proceso similar para la solidificación e inmovilización de éstos, obteniendo tabiques que, dada su naturaleza, no se utilizan como materiales para construcción, sino que son dispuestos en confinamientos controlados, aún cuando se considera que su peligrosidad original ha sido casi eliminada.

La mineralización a partir de residuos sólidos municipales, se recomienda para localidades con un mínimo de 300,000 habitantes; sus principales ventajas se describen a continuación.

- Reducción en un 80% del volumen original de los residuos
- El contenido de humedad de los residuos no afecta el proceso
- El proceso permite la incorporación de escombros
- Requiere relativamente de poco espacio y puede ubicarse en un área urbana, donde se ubica el mercado para el producto generado
- El tratamiento térmico asegura que el producto obtenido sea inerte
- Las condiciones climatológicas no afectan el proceso
- Requiere de una plantilla de personal reducido

Por otro lado, el proceso de mineralización presenta ciertas desventajas que se anotan en seguida :

- Los residuos a procesar deben ajustarse a ciertas característcas físico-químicas predeterminadas
- El proceso requiere de insumos adicionales a los residuos sólidos (materias primas; gas, electricidad)
- Requiere de personal calificado
- Excepto el metal ferroso, no hay recuperación de subproductos para reciclaje

BIBLIOGRAFIA.

1. Japan Institute for Infrastructure. GUIDELINES FOR CONSTRUCTION OF HIGH RATE COMPOSTING SYSTEM. Tokio, Japón. 1983.

2. Japan International Cooperation Agency. SOLID WASTE MANAGEMENT AND NIGHT SOIL TREATMENT COURSE. Manual del curso, Volumen II. Tokio, Japón. 1987.

3. Association Genérale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux. LES RESIDUS URBAINS. Volumen II. Technique et Documentation-Lavoisier. París, Francia. 1985

4. Dirección General de Servicios Urbanos, DDF. COMPLEMENTO DEL

4. Dirección General de Servicios Urbanos, DDF. COMPLEMENTO DEL INSTRUCTIVO DE OPERACION DEL AREA DE CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE COMPOSTEO PARA LA PLANTA INDUSTRIALIZADORA DE DESECHOS SOLIDOS DE SAN JUAN DE ARAGON. México, D.F. 1987.

5. David Gordon Wilson, editor. THE TREATMENT AND MANAGEMENT OF URBAN SOLID WASTE. Connecticut, USA. 1972.

6. Vidales Albarrán, Humberto. SISTEMAS DE MANEJO Y DISPOSICION FINAL DE DESECHOS SOLIDOS. SAHOP, México, D.F. 1979.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

TEMAS: III, IV, V

III- SISTEMAS DE RECICLO Y ACOPIO EN LAS FUENTES DE GENERACION

IV- TRATAMIENTO RECICLO Y COMPOSTA

V- INCENERACION Y OTROS SISTEMAS

PALACIO DE MINERIA
Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

SISTEMAS DE TRATAMIENTO

1. INTRODUCCION

Se ha publicado un número verdaderamente sorprendente de documentos que tocan el tratamiento de los residuos sólidos tanto de manera superficial como también en forma de tema central.

También es muy común que en eventos académicos de todo tipo, relacionados con el ambiente y su conservación, los expertos hablen sobre este tema, sin embargo ya sea en forma escrito o hablada casi siempre se aborda el tema enumerando los diferentes procesos de tratamiento que han sido desarrollados a lo largo de la historia pasando posteriormente a describir cada uno de ellos. Con algunas variantes, como incluir únicamente los procedimientos más desarrollados o mejor conocidos a niv el internacional o bién en el otro extremo elaborar verdaderos tratados sobre algún sistema de tratamiento en específico, el cual depende de la especialidad del autor, la gran mayoría de definir lo que es un tratamiento.

Existen varias formas para definir lo que es un tratamiento, sin embargo al consultar las fuentes bibliográficas nos encontramos con que cada una de esas definiciones tiene un enfoque específico y diferente que depende del área específica en la que esté inmenso el tratamiento en cuestión, y por consiguiente nos es dificil encontrar alguna definición que se adapte al campo de los resíduos sólidos, dado el todavía reciente nacimiento de este campo.

Bajo este contexto se hace necesario proponer una definición que pueda ser útil en nuestro trabajo como especialistas en residuos sólidos, independientemente de los fines que se persigan con cada uno de los diversos tratamientos aplicables a la basura y sus derivados.

Tratamiento: Es cualquier procedimiento al que se someten los residuos sólidos, mediante el cual se modifican las características físicas, quimicas y/o biológicas de dichos residuos.

2.- GENERALIDADES.

Como consecuencia del constante desarrollo industrial con el que diariamente se ven afectados los modos de producción, se viene hablando ya desde hace algunas décadas del agotamiento de los recursos energéticos disponibles en nuestro planeta y más drásticamente en los últimos años muchos especialistas hablan de una escases de energía y una creciente y para muchos ya preocupante contaminación ambiental derivada de la explotación de esos mismos recursos.

Para tratar de dar solución a estas preocupaciones, se han planteado varias opciones, entre las que principalmente se puede mencionar el uso de energias no convencionales y el tratamiento de los residuos generados en los procesos de producción y consumo.

En el caso del tratamiento se tienen tres condicionantes pricipales para su desarrollo e implementación y estas son las características fisico-quimicas y microbiológicas del residuo a ser tratado, la disponibilidad de la tecnología para los tratamientos seleccionados y finalmente el uso o la forma de dispósición final a la que serán destinados dichos residuos.

La primera y la última de estas condicionantes constituyen el objeto principal de este análisis, mientras que la referente a la disponibilidad de tecnología deberá ser evaluada en cada caso específico.

3.- Clasificación de los Sistemas de Tratamiento.

Los sistemas de tratamiento pueden clasificarse principalmente de tres formas, la primera de acuerdo al tipo de proceso que nvolucren, es decir físico, químico, biológico y cualquier combinación de estos, la segunda conforme a los propósitos del tratamiento, estos es recuperación y/o preparación de materiales para su reuso o reciclaje, así como para la recuperación de energía, para la disminución y/o el control de riegos ambientales y de salud o bién con la finalidad de prepararlos para una disposición final adecuada, y la tercera conforme a la amplitud de su uso en el mundo en convencionales y no convencionales.

3.1 CLASIFICACION POR TIPO DE PROCESO

3.1.1 Procesos Físicos de Tratamiento.

Los procesos que aquí se incluyen son aquellos que utilizan las características físicas de los residuos para llevar a cabo una separación o bien una concentración de sus constituyentes.

Estos procesos se pueden clasificar en tres grupos principales de acuerdo a las propiedades que resulten afectadas.

Separación por Gravedad

* Sedimentación
* Centrifugación
* Floculación
* Separación manual y Mecánica

Filtración

Adsorción

Disolución:

* Lavado de suelos
* Duelación
* Extracción líquido/líquido

Reducción de tamaño:

* Compactación
* Trituración

3.1.2 Procesos Quimicos de Tratamiento

Estos procesos de tratamiento abarcan a los que aprovechan o afectan las caracteristicas quimicas de los desechos.

* Hidrólisis y Fotólisis
* Oxidación
* Hidrogenación
* Cementado
* Vitrificación
* Polimerización

3.1.3 Procesos Biológicos

La degradación biológica de los órganos se ha dado de forma natural en nuestro planeta, desde tiempos inmemorables y se basan en la actividad de bacterias que pueden ser aerobias o anaerobis. Los cultivos utilizados en los procesos de degradación biológica pueden ser de microorganismos nativos, o bien selectivamente adaptados.

* Compostaje
* Digestión Anaerobia
* Biorecuperación
* Producción de Proteínas para Consumo Animal

3.1.4 Procesos de Destrucción Térmica.

La degradación térmica de los residuos presentan algunas limitaciones de tipo ambiental que pueden resolverse con un costo adicional .que tiene posibilidades de ser recuperado mediante el aprovechamiento de la energía residual del proceso.

* Incineración
* Pirólisis

3.2 Clasificación por Propósitos del tratamiento.

3.2.1 Recuperación de Materiales y Reciclaje

* Separación manual y mecánica
* Trituración
* Compactación
* Cementado
* Compostaje
* Digestión anaerobia
* Pirólisis
* Hidrólisis
* Producción de Proteína para Consumo Animal

3.2.2 Recuperación de Energía.

* Digestión anaerobia
* Incineración

3.2.3 Control de Riesgos Ambientales (Estabilización).

* Incineración
* Porólisis
* Quelación
* Lavado de suelos
* Floculación
* Sedimentación
* Filtración
* Adsorción
* Cementado
* Vitrificación
* Polimerización
* Biorrecuperación

3.3 Clasificación Conforme a la Prosperidad de su Uso.

3.3.1 Convencionales.

* Composteo
* Incineración
* Separación manual y mecánica
* Compactación
* Trituración
* Pirólisis
* Digestión anaerobia

Por otra parte las responsabilidades para la instalación de sistemas de tratamiento para los residuos sólidos no han sido formalmente definidas en la mayoría de los países, sin embargo en algunos ya se está intentando estimular la inversión privada para su implementación mediante modificaciones a las leyes y reglamentos que establecen los lineamientos para el manejo de los residuos sólidos.

A pesar de esta indefinición oficial, actualmente se pueden identificar las principales formas de propiedad que se han desarrollado en el mundo, agrupándolas como sigue:

1) Sistemas de tratamiento privados.

En casi todos los casos propiedad del mismo generador de residuos, comunmente del tipo industrial, y que en su mayoría han sido el resultado de presiones por parte de las comunidades aledañas.

2) Sistemas de tratamiento conjunto en forma de cooperativa.

Las cooperativas se han venido desarrollando recientemente como resultado de la concientización de algunas comunidades que desean participar más activamente en el ahorro de energía y recursos naturales, por lo que comunmente tienen como principal objetivo el reciclaje. También se han desarrollado algunas otras, como una alternativa de trabajo, sanitaria y económicamente más adecuada, para comunidades expepenadores.

3) Sistemas de tratamiento concesionados.

Este tipo de empresas se han creado como resultado de los incentivos que diversos gobiernos promueven, con la finalidad de mejorar la calidad de los servicios de aseo urbano o bien por iniciativa propia de algunos inversionistas que están convencidos de que la basura es un recurso económicamente explotable.

4) Sistema central de tratamiento, administrado por el gobierno local.

Esta es la forma más común que ha dado orígen a la mayoría de las plantas de tratamiento actualmente instaladas en el mundo y sin excepción se han proyectado y construído buscando una alternativa que redusca las cantidades de resíduos sólidos que se destinan a relleno sanitario.

5. Criterios de Selección para Sistemas de Tratamiento.

Cuando se analiza la posibilidad de introducir algún proceso de tratamiento en el sistema de aseo urbano, es necesario considerar entre otros factores los siguientes:

a) Las características de los residuos sólidos.
b) La generación de los mismos.
c) El destino de los productos resultantes.
d) Disponibilidad de mercado cuando el punto anterior se refiere a comercialización.
e) Costos de inversión requeridos y presupuesto disponible.
f) Controles ambientales exigidos por la legislación vigente.
g) Disponibilidad de personal calificado para operación y mantenimiento o posibilidades de capacitación.
h) Accesibilidad de partes y refacciones.

6. Sistemas no Convencionales de Tratamiento.

Se trata de sistemas que aún se encuentran en etapas de operación a nivel piloto y por lo mismo unicamente aceptan cantidades relativamente pequeñas de residuos, o bien de sistemas altamente tecnificados cuyos costos de inversión resultan excesivamente altos, imposibilitando así su implementación en forma masiva para muchos países y que además encuentran una escases de personal calificado para su operación y mantenimiento, también como consecuencia de su carácter sofisticado.

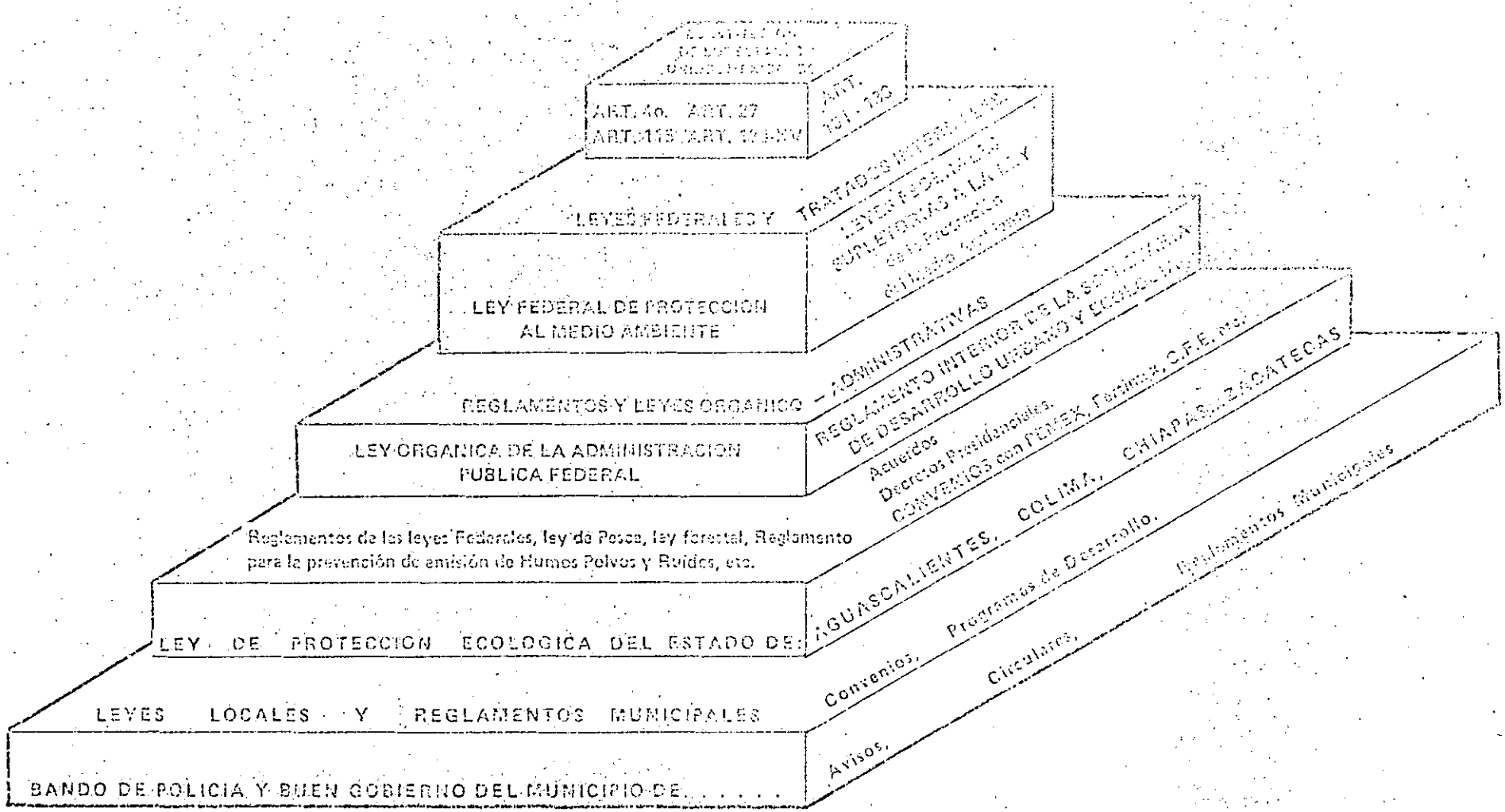
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRAMINETO Y DISPOSION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

MEDIO AMBIENTAL

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285



JERARQUIA DE LEYES Y REGLAMENTOS SOBRE LA PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE

- E.I.A's requeridas para toda obra que afecte ambiente o sociedad humana.

- En el ciclo de los residuos sólidos se emplea infraestructura basada en obras de ingeniería, por lo tanto es necesario conocer los impactos para definir e implementar medidas de mitigación, compensación o magnificación.

- Las medidas de mitigación o compensación fueron correctivas hasta los 80's.

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

- 60's, comienza formalmente el desarrollo de las Evaluaciones de Impacto Ambiental.

- A mediados de los 70's ya se consideran los efectos a agua, aire, suelo, flora y fauna.

- 80's, primeros lineamientos para las E.I.A's.

- 1985, se comienzan a incluir impactos sociales, evaluaciones de riesgo y participación pública.

- 1988, Promulgación de la Ley Federal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

DESARROLLO DEL TEMA

1.- Etapas de las Evaluaciones de Impacto Ambiental.

2.- Identificación de Impactos basada en :

- Se debe considerar a los residuos el centro, alrededor del que se realizan diversas actividades, mediante las cuales se interactúa con los elementos del ambiente circundante.

Impactos Principales

- De la Interacción de los Residuos Sólidos con los Diferentes Elementos del Ambiente.

Impactos "Secundarios"

- De Interacciones Ambientales de la Maquinaria y Equipo Utilizado para el Manejo y Disposición de los Residuos Sólidos.

FIG. I. ETAPAS QUE INTEGRAN LAS E.I.A.

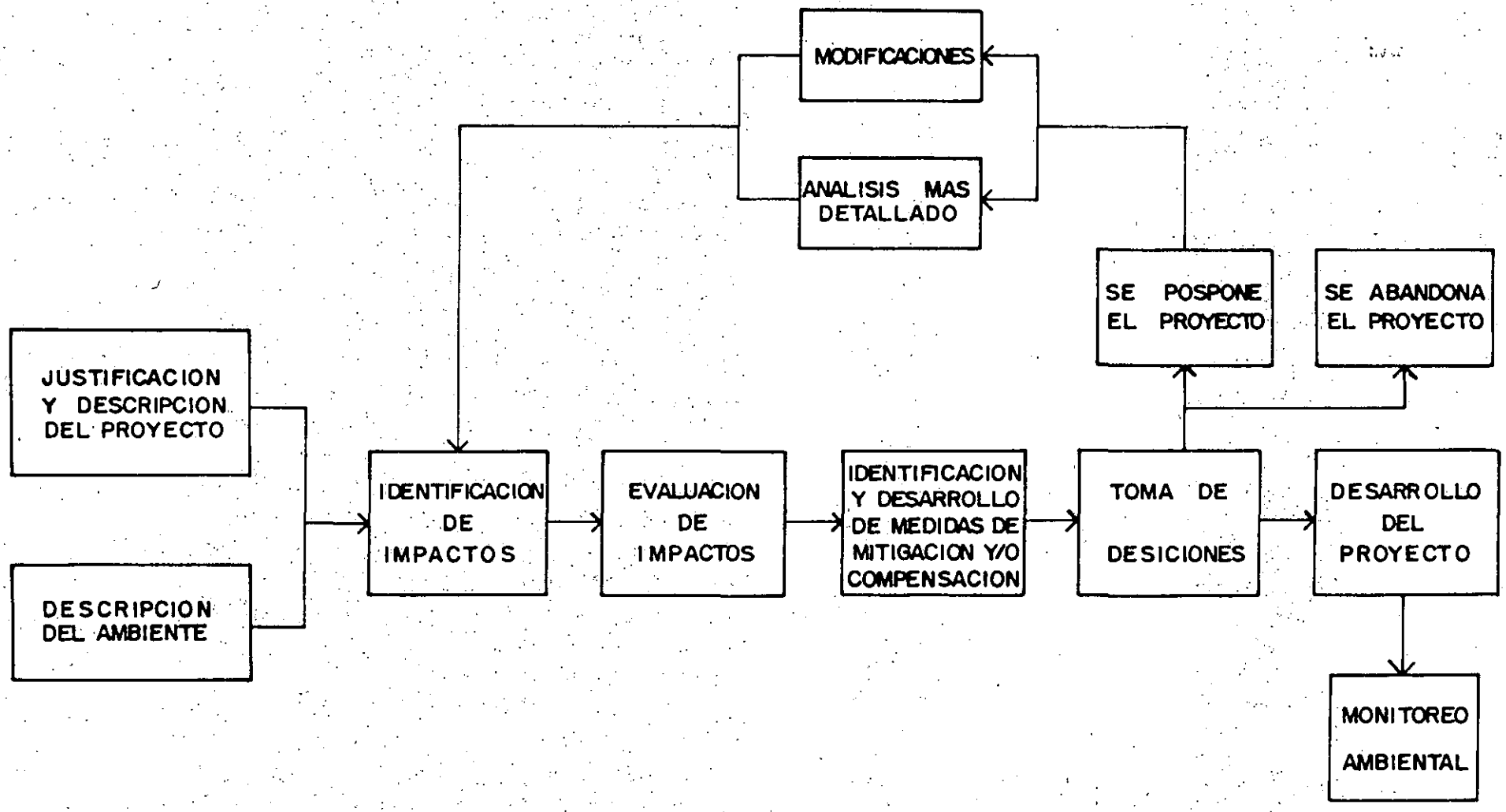


FIG. 2. INTERACCION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS CON LOS DIFERENTES ELEMENTOS DEL AMBIENTE

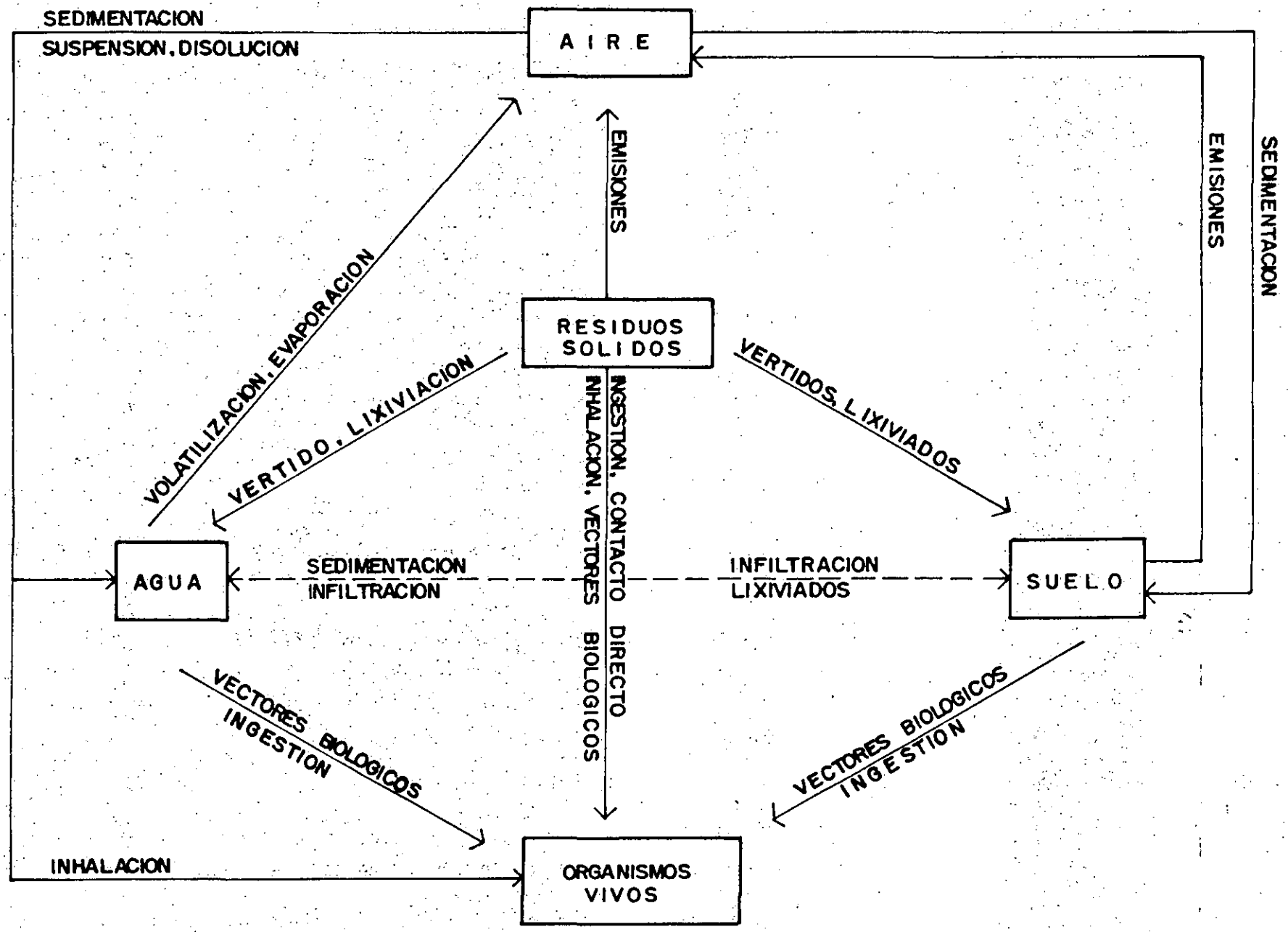
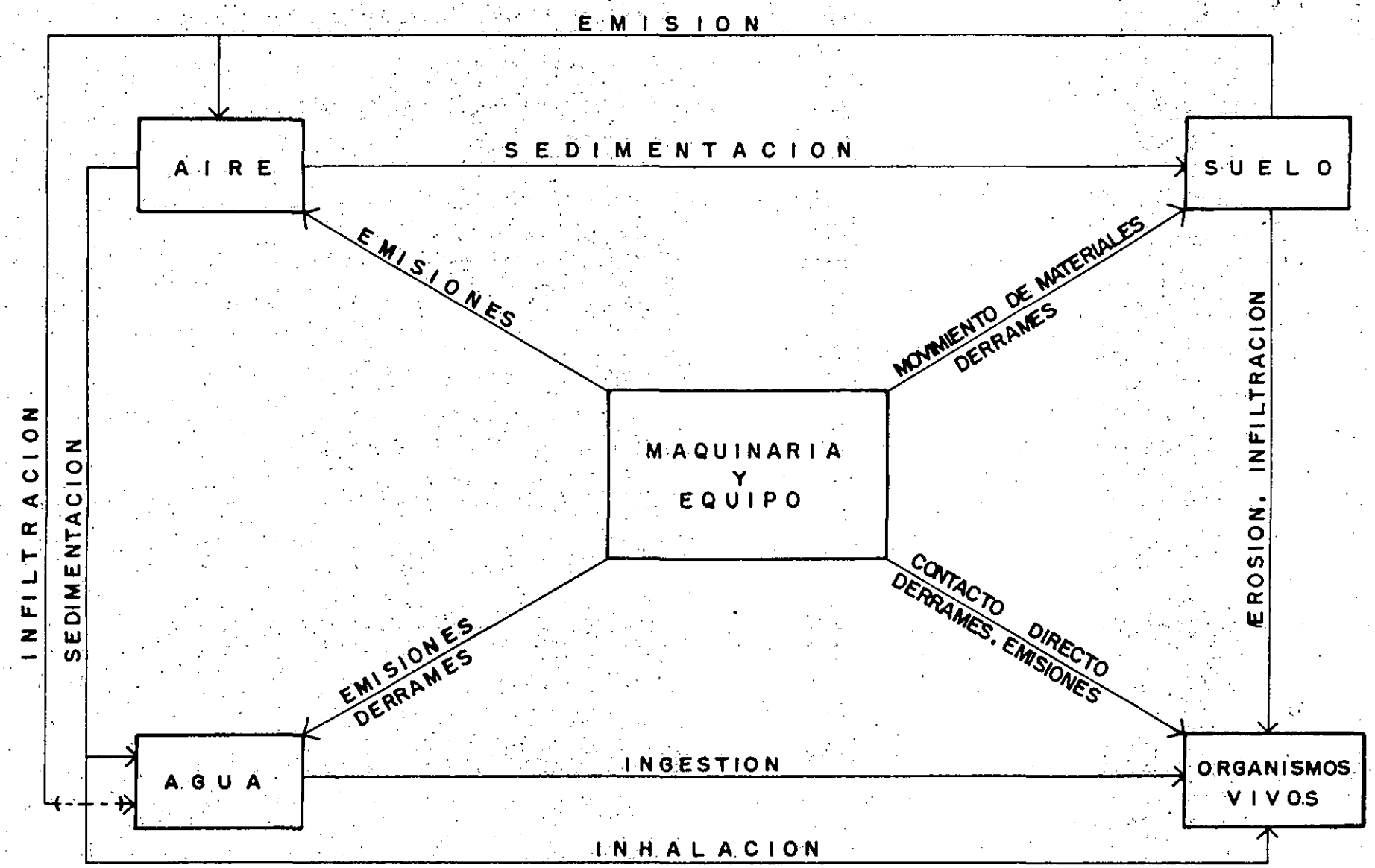
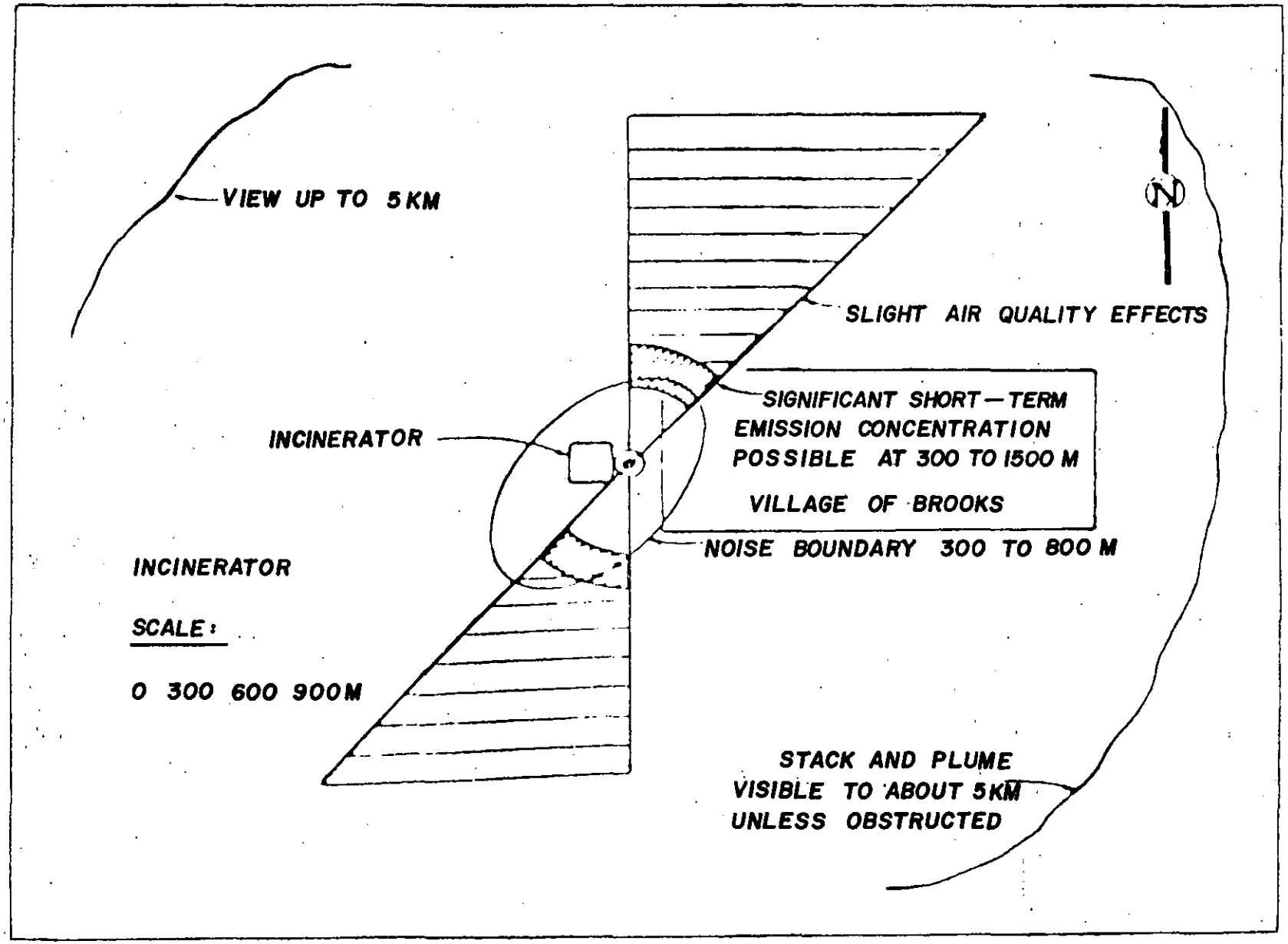


FIG. 3. INTERACCIONES AMBIENTALES DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO UTILIZADO PARA EL MANEJO Y DISPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.





INCINERATOR IMPACT FOOTPRINT

TABLA 1. FACTORES DEL AMBIENTE QUE PUEDEN SER IMPACTADOS POR LOS RESIDUOS SOLIDOS

Medio Físico	Agua	- Calidad agua - DBO - O_2 - Materia Orgánica - pH - Aceites - Derrames de combustibles - Compuestos químicos (lixiviados) - Geohidrología - Profundidad del acuífero - Dirección del acuífero - Calidad del acuífero - Hidrología superficial
	Aire	- Calidad del aire - Humos - Gases (biogás) - Polvos - Microorganismos - Ruido - Olores - Aforo Vehícular
	Suelo	- Drenaje natural - Características químicas del suelo - Compactación - Erosión - Composición del suelo - Topografía - Orografía - Uso del suelo
	Clima	- Variación en la precipitación pluvial - Variación en la temperatura atmosférica - Variación en la dirección y velocidad del viento
Medio Biológico	Flora	- Remosión de la vegetación - Alteración de habitats - Disminución de la diversidad de especies - Asentamiento de especies inducidas
	Fauna	- Desplazamiento de especies nativas - Disminución de la diversidad de especies - Introducción de especies plaga (fauna nociva) - Alteración de habitats
Medio Socioeconomico	Demografía	- Población - Evolución
	Economía	- Nivel de ingreso - P.E.A. - Depreciación de la tenencia del suelo
	Infraestructura	- Vías de comunicación - Infraestructura urbana - Aforo vehícular - Estético
	Nivel de vida	- Ingresos - Educación - Salud - Empleo

MEDIDAS DE MITIGACION

FACTORES DEL AMBIENTE	IMPACTANTE	MEDIDAS DE MITIGACION
ABIOTICOS		
AIRE Atmósfera	P.S.T. P.Viables Gases Olores C.O.V. Ruido	Equipo de aspersión, extracción, techado, barreras arboladas, control de emisiones, aspiradores eléctricos, manejo controlado de los residuos, desinfectantes, páneles con poliuretano de baja densidad, zona de amortiguamiento.
AGUA Aguas superficiales Mantos Fréaticos	P.S.T Lixiviados	Equipos de aspersión, impermeabilización con membranas, sistemas de captación y tratabilidad de lixiviados, monitoreo de aguas superficiales y subterráneas.
SUELO Uso del suelo	Combustibles Lixiviados Residuos Erosión del suelo	Sistema colector de desechos líquidos, impermeabilización con membranas, sistemas de captación y tratamiento de lixiviados, biogas, control y manejo de residuos sólidos, uso controlado del suelo.
BIOTICOS Fauna Flora	Solo en caso de tratarse de fauna nociva Vegetación invasora	Conservación de zonas de amortiguamiento natural, zona de amortiguamiento reglamentario, tala racional, control de calidad del sistema abiótico.
SOCIOECONOMICO Valor estético	Ruídos Olores P.S.T. P. Viables	Barreras visuales, barreras arboladas, zona de amortiguamiento, eficiencia operacional.

3.- Evaluación de Impactos

- Reducción de la subjetividad utilizando criterios o Normas Nacionales e Internacionales.

- Determinación del tipo y grado de afectación hacia la población (Significancia).

- Establecimiento de la magnitud del impacto en función del tamaño de las poblaciones afectadas.

- Listado de factores ambientales presentes comunmente durante el manejo de residuos (tabla 1).

- Consideración de las etapas de construcción, operación, mantenimiento, ampliación o clausura de instalaciones.

- Cuantificación mediante diversas metodologías, para impactos preponderantes (tabla 2).

- Extrapolación a las condiciones que generarán las etapas del proyecto.

- Valores directos para infraestructura en operación, se comparan con las normas o criterios.

4.- Medidas de Mitigación.

- Descripción de estratègias, medidas, obras o acciones que minimizan o eliminan los impactos adversos.

- Considerar beneficios de las actividades involucradas.

- Factibilidad técnico-económica de las medidas recomendadas.

- Determinar la implementación del proyecto o instalación o si se debe modificar o abandonar.

- Implementar un programa de monitoreo ambiental si el proyecto se opera.

criteria and the natural settings of the area.
* Water pollution: groundwater and surface water pollution;
* Aesthetics: aesthetic insult, dust and litter, vermin and flies and psychological effects;
* Noise and odour: odour, air and noise pollution;
* Modification of regime: land use, traffic and drainage alteration, soil erosion, ecological impacts and the hazards to the nature.

3.1. Water pollution

Few sites are naturally ideal for landfill and many can, with careful planning, be engineered to be suitable.

3.2. Aesthetics

Plans should be approved to avoid adverse visual impacts so that the landfill will not intrude on the surroundings.

3.3. Noise and odour

An effect on the local community is nuisance from noise, vibration, exhaust emissions, dust, dirt and visual intrusion and odour.

3.4. Modification of regime

The change in the land use is the most direct from all impacts. It depends on the existing land use and the ecology of the area.

4. SCORING SYSTEM

The matrix is an array consisting of the environmental criteria and the environmental impacts. The boxes in the array can be checked, so **that the interactions - criteria vs impacts - can be identified.**

Hydrogeology	vs	Water pollution
Distance	vs	Noise and odour
Visual amenity	vs	Aesthetics
Land use	vs	Modification of regime

The Grand Index summarizes the estimated environmental impacts.
"Magnitude" is the impact degree, extensiveness or scale.
"Importance" is the impact significance in the specific site.
For quantifying the impacts, the system uses each site criteria and connects them with the impacts so that according to the natural features of the site, a deterioration of the environment might occur.

4.1. Scoring of magnitude

The magnitude of each impact (mi) is scored in proportion to its severeness, expressed as a percentage of the total environmental impact (mi/M). These marks exist as a basis in all landfill sites.

m1	- Water pollution	: 45%
m2	- Aesthetics	: 20%
m3	- Noise & Odour	: 10%
m4	- Modification of regime	: 25%
	TOTAL IMPACT / M	100%

4.2. Scoring of importance

The importance of each site specific impact (Ii) is scored according to the criteria/characteristics of it. Each criterion will be scored in a scale 0-1, with 0 representing no impact and 1 the worst.

4.2.1. Hydrogeology (i1)

The parameters inserted in this secondary grand index, are:
* the aquifer that might be affected;
* the use of this aquifer, if affected (aq.af/ed).

	Impermeable	Semipermeable	Permeable
Aq.af/ed potable water	0 -.2	.3-.7	.8- 1
Aq.af/ed irrigation	0	.1-.3	.4-.5
Aq.af/ed industrial use	0	0 -.1	.2-.3
No aquifer to be affected	0	0	0 -.1

4.2.2. Distance (i2)

A minimum distance of 200m is accepted.
* 200m - 500m : 1 - 0.6
* 1000m - 3000m : 0.5 - 0.3
* 3000m - 5000m : 0.2 - 0.1
* above 5000m : 0

4.2.3. Visual amenity (i3)

The factor to be considered is the visibility of the site.
* Visible site : 1 - 0.7
* Partially isolated site : 0.6 - 0.2
* Completely isolated site : 0.1 - 0

4.2.4. Land use (i4)

The considered factor is the use of this site.
* Natural environment
  - natural resources & parks : 1 - 0.7
  - of no importance : 0.6 - 0.3
* Agricultural area : 0.5 - 0.4
* Industrial area : 0.3 - 0.2
* Derelict land : 0.1 - 0

5. IMPACTS QUANTIFICATIONS

The scores thus given are inserted in the basic Grand Index, where mi represents the impact magnitude and Ii the importance of each site characteristics. In each box the interaction is represented by the product of "magnitude * importance", which is the specific impact.

	Water pollution	Aesthetics	Noise Odour	Regime Mod	
Hydrogeology	i1/m1				
Distance			i2/m2		
Visual amenity		i3/m3			
Land use				i4/m4	
TOTAL SCORE					S

If a site's natural feature is the worst (i=1) magnitude will be (m) and if it is environmentally sound (i>1) magnitude will be reduced. S (represents the sum of products) = m1*i1 + m2*i2 + m3*i3 + m4*i4. Setting m1=45, m2=10, m3=20 and m4=25

$$S = 45*i1 + 10*i2 + 20*i3 + 25*i4.$$

The higher the value of S the less environmentally acceptable the site is and the lower the value of S the milder the environmental impacts due to this site, respectively. Each site is represented by

* the environmental impacts;
* the cost per tonne disposed of;
* the social acceptance of each site.

6. REFERENCES

BATSTOSE, R. et al (1989) "The safe disposal of hazardous waste". World Bank Technical Paper No 93, pp.451-462, Washington.

CAFFREY, P. et al (1975) "Evaluation of environmental impacts of landfills". Journal of Environmental Eng. Division, pp. 55-69, USA.

FRANTZIS, I. (1990) "Selection of landfill sites". Thesis for the M.Sc. in Environmental Engineering, Newcastle, U.K.

NOBLE, P.E. (1976) "Sanitary landfill design handbook. The science and art of site selection, investigation and design", pp. 23-42, Technomic Publishing Co Inc.

WESTMAN, W. (1984) "Ecology, Impact assessment and environmental planning", pp. 131-163, John Willey & Sons.

MODELO GAUSSIANO DE DISPERSION

$$\chi(x,y,z;H) = \frac{Q}{2\pi\,\sigma_y\,\sigma_z\,u}\,\exp^{*}\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right]\cdot\left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right]+\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right]\right\}$$

*Note: $\exp -a/b = e^{-a/b}$ where e is the base of natural logarithms and is approximately equal to 2.7183.

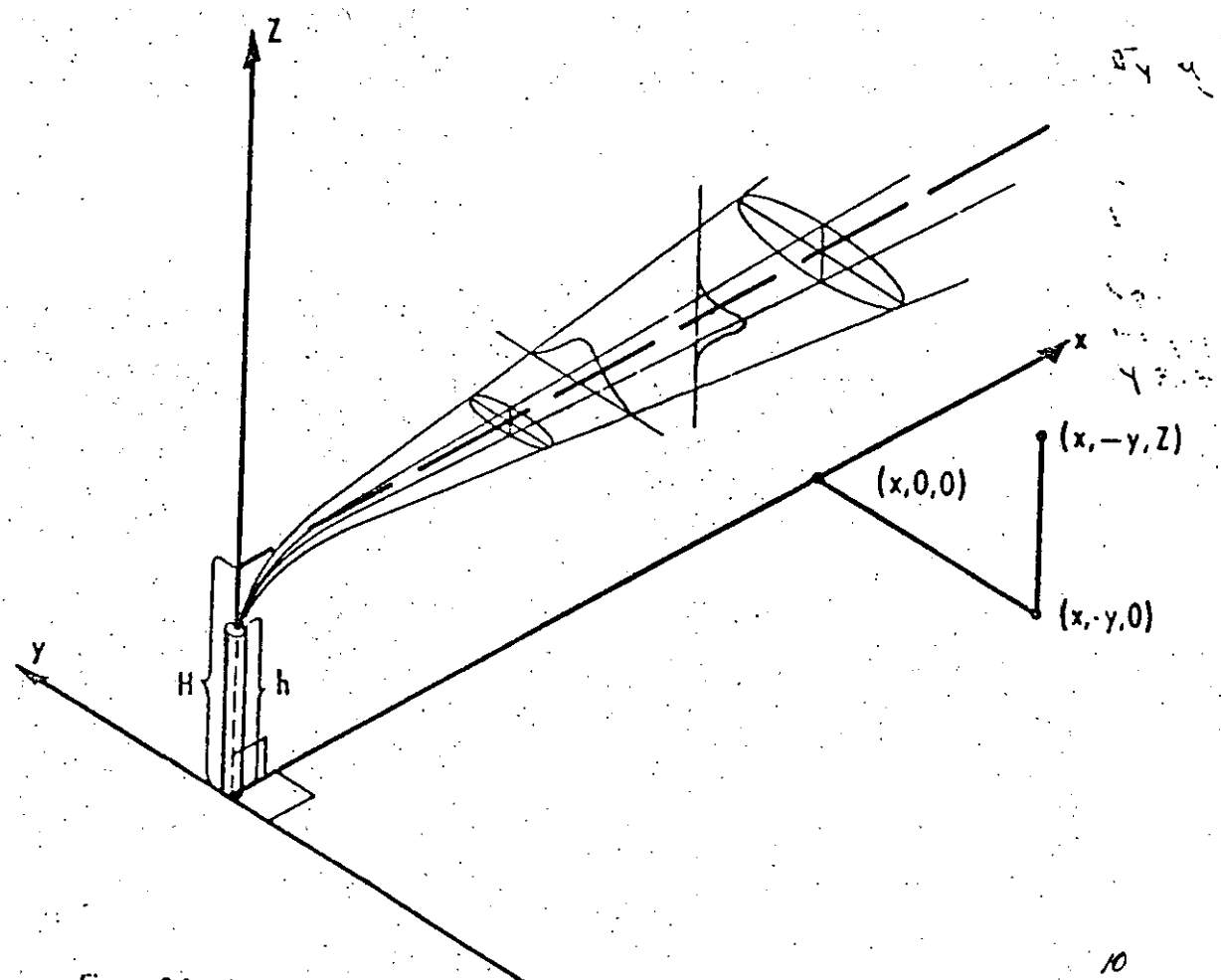
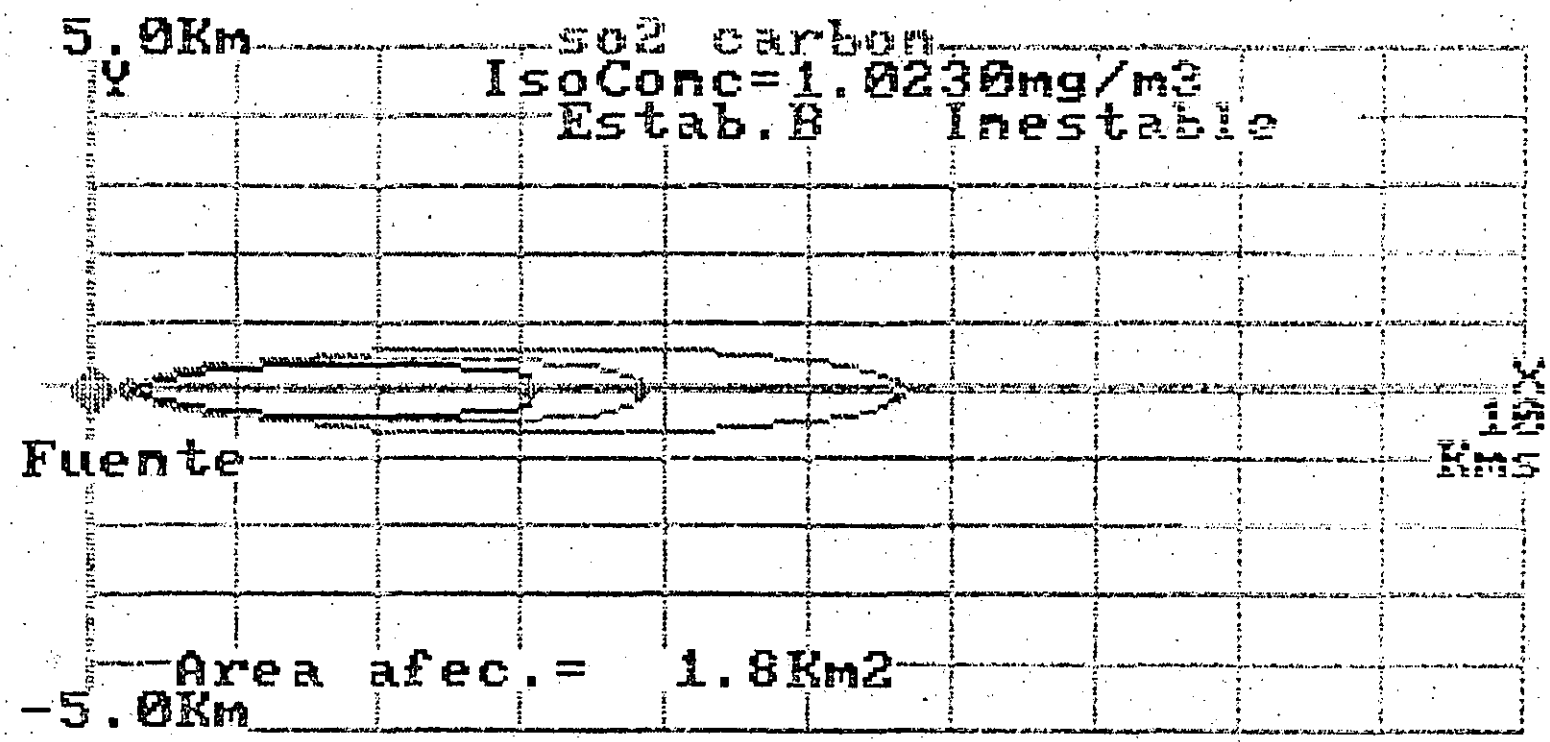


Figure 3-1. Coordinate system showing Gaussian distributions in the horizontal and vertical.

Tomado de: Workbook of atmospheric Dispersion Estimates.
D.B. Turner. Environmental Protection Agency.



CURVA DE ISOCONCENTRACION

Q=2192.40 g/s
U=4.00 m/s
H=71.25 m

ESTAB= B
YMax=393.28 m

Dist.Ini=0.255Kms Dist.Fin.=3.2422Kms

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

EVALUACION Y SELECCION DE SITIOS PARA EL EMPLANZAMIENTO DE RELLENOS SANITARIOS

M. en I. JORGE SANCHEZ GOMEZ

PALACIO DE MINERIA

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

EVALUACION Y SELECCION DE SITIOS PARA EL EMPLAZAMIENTO DE RELLENOS SANITARIOS

SEPTIEMBRE, 1992

M. en I. JORGE SANCHEZ GOMEZ

C O N T E N I D O

1. INTRODUCCION

En la actualidad, a nivel mundial, el tema referente a la disposición final de los residuos sólidos generados en las congregaciones urbanas, ha cobrado una gran importancia tanto para la población en general, como para los responsables de los servicios de aseo urbano; debido principalmente a los problemas de contaminación ambiental y de afectación a la salud pública que pueden generar, los cuales en ocasiones cuando no se ha hecho una correcta selección del sitio, pueden tener implicaciones ambientales sumamente graves. Además de lo anterior, un sitio de disposición final mal ubicado y operado inadecuadamente, puede dar pie a que se presente un impacto visual a la estética y al paisaje, que se traduzca en problemas de inquietud social que generen una inadecuada percepción ciudadana y una pésima imagen, sobre lo que representa un relleno sanitario.

Asi mismo, no debe olvidarse que aún cuando un sitio de disposición final de residuos sólidos haya sido clausurado, los problemas antes mencionados pueden continuar por mucho tiempo, cuando se ubican en zonas geológicamente inadecuadas, situación que se presenta en la actualidad con mucha frecuencia.

Por todo lo antes comentado, es vital tratar de lograr una correcta y adecuada selección del sitio para el emplazamiento de un relleno sanitario, ya que la mayoría de los problemas antes señalados, pueden ser en gran parte atenuados con una locali-

zación correcta y una gestión adecuada de este tipo de obras de ingeniería; por lo que es de suma importancia realizar una serie de estudios y proyectos dentro del marco de una metodología específica, que fundamente la selección de un determinado sitio.

2. IMPLICACIONES AMBIENTALES POTENCIALES DE LOS SITIOS DE DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

En términos generales, los problemas que un sitio de disposición final de residuos sólidos puede generar sobre los elementos del entorno que son más susceptibles de verse afectados por dicha infraestructura, se describen a continuación:

- Aguas Superficiales y Subterraneas. La principal afectación que un depósito de residuos sólidos puede generar en las aguas superficiales y subterraneas, son por los lixiviados producto del paso del agua de lluvia a través de los paquetes de basura, cuya carga orgánica medida como DBO, puede alcanzar valores de hasta 40,000 p.p.m. Estos lixiviados no sólo poseen una elevada carga de DBO, sino que además pueden tener un alto contenido de metales pesados, bacterias coliformes y en ocasiones, hasta sustancias carcinogénicas.

  Estos lixiviados pueden llegar a contaminar los cuerpos superficiales de aguas por escurrimientos no-controlados, ó bien infiltrarse a través de formaciones permeables y contaminar los mantos acuíferos, con las consecuencias secundarias que esta contaminación provoca, como es la inutilización de estos recursos para su aprovechamiento futuro. En especial, cabe señalar que la contaminación de acuíferos elimina su aprovechamiento para diferentes usos, durante un plazo muy largo, puesto que cuando se detecta, la regeneración de estos siste-

mas es muy tardada pudiendo quedar afectados de por vida.

- Aire. Las afectaciones que un sitio de disposición final de basura pueden provocar hacia la atmosfera, dependen en gran medida de la buena o mala operación del relleno sanitario. Normalmente los principales impactantes que puede generar, son: polvos, olores y en ocasiones humos. Estos impactantes, pueden afectar a la población asentada en las inmediaciones del sitio. Los polvos, se deben básicamente al manejo del material de cobertura de los residuos sólidos. Los olores se producen debido a los procesos de fermentación por bacterias anaeróbias en la degradación de la materia orgánica presente en los residuos sólidos.

- Suelo. La ubicación de un depósito de basura, implica la ocupación de un determinado sitio con una serie de características en cuanto a calidad de suelo, vegetación y fauna, que en ocasiones son difíciles de proteger. Por lo anterior, el impacto puede ser mayor si el sitio se localiza en una zona de interés ecológico, ya que puede ocasionar daños irreparables en los ecosistemas; por lo que para estos casos, habrá que considerar en la elección del sitio, ciertas variables que se refieran a las características de los ecosistemas colindantes con el sitio, con el fin de evitar cualquier alteración por la obra del relleno sanitario.

Además de lo anterior, la contaminación de los suelos y la

disminución de su productividad, debido al contacto que pueden tener con lixiviados que se generan en cualquier sitio de disposición final de basura, son alteraciones que dañan a la agricultura, o bien llegan a inutilizar terrenos altamente cotizados para un determinado uso.

- Bienestar. Para medir la afectación al Bienestar, concepto tan subjetivo y tan difícil de valorar; en ocasiones es conveniente tomar como referencia al paisaje, ya que es indudable que no es otra cosa, que la suma de una serie de componentes que crean una cierta imagen de percepción en el ser humano. Estos componentes incluyen sobremanera, a la vegetación predominante, a la litología y también a la geomorfología. La ubicación de un relleno sanitario, supone una cierta alteración del paisaje, tanto en el propio sitio como en su zona de influencia, puesto que el arrastre de sólidos fuera del sitio afectan al paisaje en una superficie territorial, en ocasiones muy extensa. En zonas donde este paisaje tiene un valor elevado, la afectación en el valor del paisaje puede suponer una pérdida económica importante, aunque difícilmente cuantificable y por ende, una afectación al bienestar de la población circundante.

- Salud Pública. La afectación de la salud pública, normalmente se asocia a los problemas generados por bacterias patógenas y por vectores como ratas y perros, que pueden desarrollarse y/o alimentarse en los sitios de disposición final de residuos

sólidos. El problema es en muchos casos importante, viéndose agravado cuando existen pepenadores. Sin embargo, este problema no es tanto de localización sino de operación del sitio de disposición final, por lo que esta variable no es de consideración para la elección del sitio, aunque cuando existen nucleos urbanos cercanos, pueden generarse problemas no sólo de salud pública, sino de afectación al bienestar.

Considerando todo lo antes expuesto, es vital y sumamente importante, realizar una elección correcta del sitio donde se pretenda emplazar un relleno sanitario. En términos generales, se puede decir que las condiciones idóneas de mayor importancia que debe reunir un determinado sitio para dar alojamiento a un relleno sanitario, se anotan a continuación:

- Ser accesible al tipo de vehículos que se utilicen para la recolección y transporte de los residuos sólidos.

- Contar con una vida útil de por lo menos 5 años.

- Presentar características topográficas, geológicas y geohidrológicas que aseguren la no-afectación de los recursos naturales y del ambiente.

- Reunir ciertas condiciones de ubicación y estética, que elimine totalmente los problemas que por queja pública, pueden suscitarse entre los habitantes de la localidad por servir.

- Contar dentro del sitio o en sus inmediaciones más próximas, con suficiente material que cubra los requerimientos diarios para la cobertura de los residuos.

- No tener problema alguno, relacionado con el uso y tenencia de la tierra.

3. ESQUEMA METODOLOGICO REFERENTE AL PROCESO DE GESTION REQUERIDO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO

Con base en todo lo comentado en el capítulo anterior, fue posible formular el cuadro No. 3.1, el cual relaciona a los diferentes elementos del entorno que pueden verse afectados por el emplazamiento de un relleno sanitario, con las características relativas a cada elemento, que se deben considerar en la evaluación de sitios que se pretendan utilizar para alojar una obra de ingeniería de tales características.

CUADRO No. 3.1: RELACION ENTRE LOS ELEMENTOS DEL ENTORNO QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS POR EL EMPLAZAMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO, CON LAS CARACTERISTICAS QUE DEBEN CONSIDERARSE PARA LA EVALUACION DE SITIOS.

ELEMENTOS DEL ENTORNO	CARACTERISTICAS A CONSIDERAR EN LA EVALUACION DE LOS SITIOS
AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRANEAS	• Geología y Geohidrología de la zona donde se ubica el sitio propuesto. • Ubicación respecto a embalses, presas y cuerpos de agua superficiales. • Ubicación dentro de la cuenca aportante. • Climatología de la zona donde se ubica el sitio propuesto.
AIRE	• Climatología de la zona donde se ubica el sitio propuesto. • Incidencia de vientos. • Distancia de amortiguamiento a zonas habitadas.
SUELO	• Características de los suelos. • Flora y fauna típicos del sitio propuesto. • Geología y Geohidrología de la zona donde se ubica el sitio propuesto.
BIENESTAR	• Afectación del paisaje de la zona donde se ubica el sitio propuesto. • Afectación estética del sitio propuesto.
SALUD	• Distancia de amortiguamiento a zonas habitadas. • Incidencia de vientos. • Geología y Geohidrología de la zona donde se ubica el sitio propuesto.

Como se puede observar en el cuadro No. 3.1, la principal caracteristica a tomar el cuenta para definir el mejor sitio donde

deba ubicarse un relleno sanitario, lo constituye la geología y la geohidrología de la región donde se localiza el sitio o los sitios propuestos; ya que este parámetro o característica de la zona de interés, aportará la información suficiente para saber si puede haber alguna posibilidad de contaminar los mantos acuíferos, o bien, el sitio es lo suficientemente seguro para proteger implícitamente este recurso hídrico de tanta importancia. De lo anterior, se puede concluir que por la importancia que tienen los mantos acuíferos como fuentes de abastecimiento de agua para el consumo humano, su protección debe ser un objetivo fundamental a considerar en cualquier metodología encaminada a la evaluación y selección de sitios para el emplazamiento de un relleno sanitario. Es por esto, que la Geología y la Geohidrología, debe ser la disciplina toral, que deba considerarse en el proceso metodológico que requiere la implementación de un relleno sanitario.

Con base en estas últimas reflexiones y considerando que la selección del mejor sitio para un relleno sanitario, es determinante para disminuir o atenuar las implicaciones ambientales que pueden generar los impactantes que se generarán en dicha instalación; es necesario llevar a cabo el proceso de selección de sitios, con base en estudios y proyectos relacionados con diferentes disciplinas de la ingienería civil, que le den soporte a este proceso selectivo.

Partiendo de todo lo comentado anteriormente, a continuación en

la Fig. No.3.1, se presenta el Esquema Metodológico de proceso que se requiere para lograr el emplazamiento de un relleno sanitario.

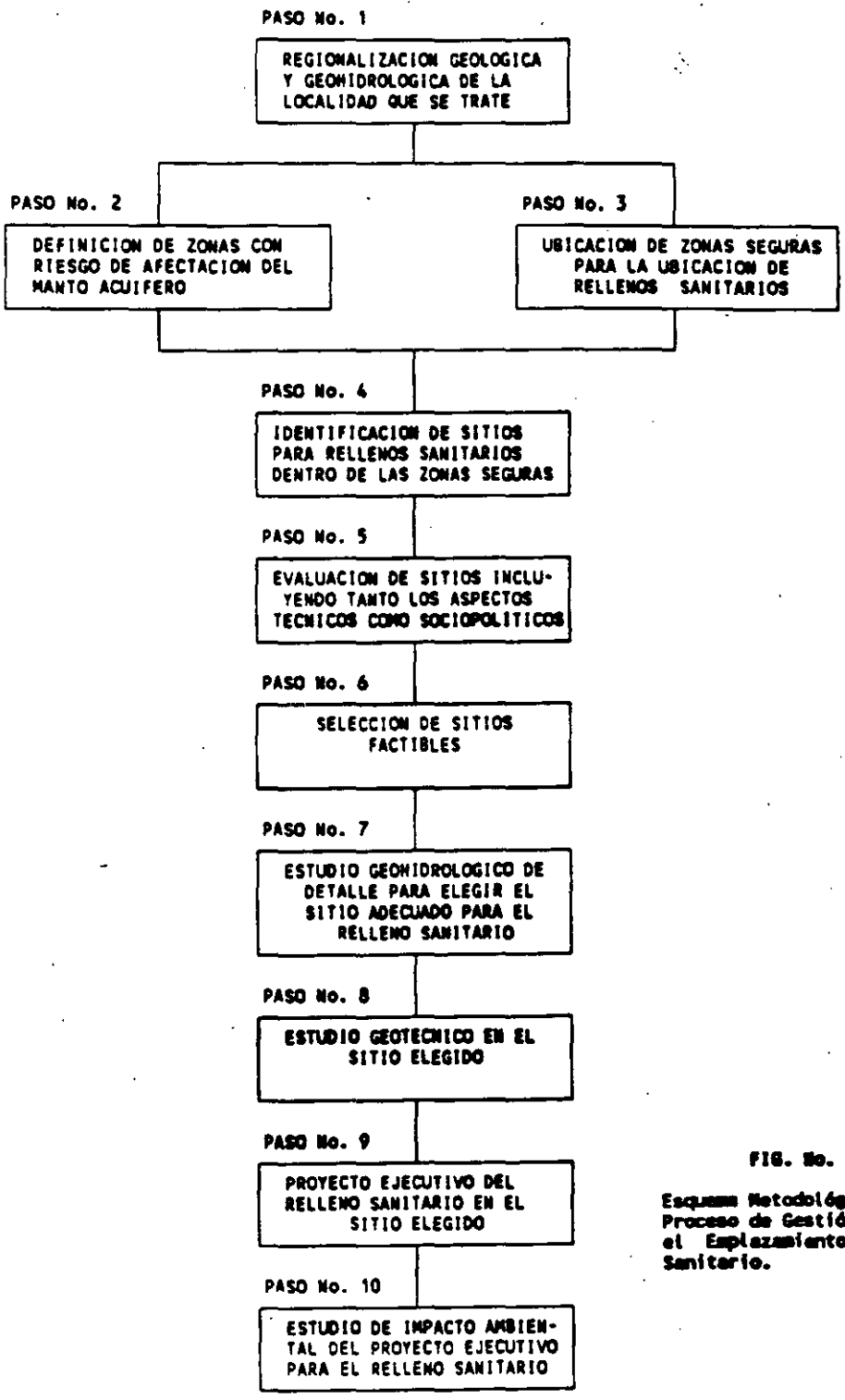


FIG. No. 3.1

Esquema Metodológico referente al Proceso de Gestión Requerido para el Emplazamiento de un Relleno Sanitario.

Del esquema genérico que se presenta en la fig. No. 3.1, se puede ver claramente que excepto los pasos Nos. 4, 5 y 6, el resto de ellos se refieren a estudios bien definidos, relativos a disciplinas de la ingeniería como son: Geología y Geohidrología, Geotécnia, Ing. Sanitaria e Impacto Ambiental. Los alcances y objetivos de tales estudios no tienen mayores problemas e implicaciones para ser efectuados. Ahora bien, los pasos Nos. 4, 5 y 6 requieren de la aplicación de una metodología bien definida, para poder ser desarrollados adecuadamente. A continuación, en el capítulo siguiente, se presenta la descripción de una metodología cuyo objetivo es la identificación, evaluación y selección de sitios para rellenos sanitarios.

4. METODOLOGIA ESPECIFICA DE EVALUACION Y SELECCION DE SITIOS PROPUESTOS PARA LA IMPLEMENTACION DE UN RELLENO SANITARIO

4.1 Consideraciones Generales de la Metodología Propuesta.

La selección de un determinado sitio de entre un conjunto de posibilidades, para la ubicación de un relleno sanitario; plantea una serie de aspectos económicos, políticos, sociales, técnicos y ecológicos que siempre resultan difíciles de evaluar cuando no se cuenta con una metodología clara, precisa y racional; sobre todo aquellos donde no es posible establecer con claridad las relaciones existentes entre el hombre y su entorno, a partir de las características intrínsecas que identifican a cada uno de los sitios por evaluar. De acuerdo con esto, puede decirse entonces que para la evaluación de los sitios propuestos, es necesario establecer una especie de enfrentamientos entre el "HOMBRE Y SU ENTORNO", como si fueran dos adversarios que buscan definir aquellas estrategias, que les permitan maximizar y minimizar sus ganancias y pérdidas respectivamente.

La metodología para conocer las estrategias anteriores se conoce como "TEORIA DE JUEGOS", donde "JUEGO" se refiere al grupo de reglas y convenciones para instrumentar el enfrentamiento; requiriéndose establecerlo para cada uno de los sitios en conflicto, con el fin de conocer la afectación potencial ambiental de cada uno de ellos, cuidando de aplicar adecuadamente las reglas de juego previamente establecidas, con el fin de jerarquizarlos

ambientalmente.

De acuerdo con lo anterior, las acciones del hombre que necesariamente influirán en los "ELEMENTOS DEL ENTORNO", pueden evaluarse a partir de la definición y medición de ciertos indicadores de la afectación ambiental, definidos como "FACTORES DE CAMPO".

Asi mismo, cabe aclarar que con esta metodología, no se pretenden conocer las acciones alteradoras del hombre para instrumentarlas en la realidad; sino más bien, la idea es resolver el juego numéricamente, con objeto de conocer cuales de sus acciones serán más impactantes, así como los elementos del entorno que serán afectados en mayor proporción, para de esta forma, estar en condiciones de formular los controles más adecuados que permitan minimizar el efecto ambiental.

Para poder establecer el juego entre el hombre y su entorno, se tomaron en cuenta los siguientes "FACTORES DE CAMPO": Existencia de Material para la Cobertura de los Residuos, Necesidad de Acondicionamiento del Sitio, Cercanía a Zonas Urbanas, Incidencia de Vientos, Visibilidad del Sitio, Ubicación Respecto a Cuerpos de Aguas Superficiales y Pozos de Abastecimiento de Agua Potable, Características del Suelo (Permeabilidad y Cap. de Intercambio Catiónico), Profundidad del Manto Freático, Existencia de Caminos de Acceso y Ubicación del Sitio Dentro de su Cuenca Aportante. Cabe aclarar que la descripción de los conceptos empleados en la

definición de los factores de campo, a partir de los cuales se eligieron los señalados en el parrafo anterior, se presentan en la sección de anexos de este documento. Los conceptos elegidos para este método, involucran a la mayor parte de los eventos que intervienen en el emplazamiento de cualquier relleno sanitario, amén de estar íntimamente relacionados con los elementos que integran el entorno de cualquier sitio, donde se pretenda instrumentar un relleno sanitario.

Por otro lado, como "ELEMENTOS DEL ENTORNO" se consideraron al Agua, al Aire, al Suelo, al Bienestar y a la Salud; por ser los que principalmente se ven afectados con la implantación de un relleno sanitario.

Las "MATRICES DE PAGOS" para cada uno de los sitios en conflicto, se construirán con los resultados del producto de la "MATRIZ DE CONTRIBUCIONES PROPORCIONALES" de los Factores de Campo a los Elementos del Entorno (cuadro 4.1.1), por las "MATRICES DE CALIFICACION" de los factores de campo de cada uno de los sitios. La Matríz de Contribuciones Proporcionales, se estructuró evaluando el efecto de cada uno de los Factores de Campo, sobre cada uno de los Elementos del Entorno considerados. Para evaluar numéricamente estos efectos se hace necesario dividir proporcionalmente el impacto de cada Factor de Campo sobre cada uno de los Elementos del Entorno. Por ejemplo, para el caso del material de cubierta, se consideró que puede haber una afectación de 10 % al aire, de 40 % al agua, del 30 % al suelo y del 20 % a la salud.

CUADRO 4.1.1 MATRIZ DE CONTRIBUCION PROPORCIONAL DE LOS FACTORES DE CAMPO A LOS ELEMENTOS DEL ENTORNO

FACTOR DE CAMPO	ELEMENTOS DEL AMBIENTE					TOTAL
	AIRE	AGUA	SUELO	BIENESTAR	SALUD	
MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS	0.10	0.35	0.35		0.20	1.00
ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO	0.25	0.15	0.20	0.25	0.15	1.00
CERCANIA A ZONAS URBANAS	0.20	0.15	0.15	0.25	0.25	1.00
INCIDENCIA DE VIENTOS	0.30	0.15	0.05	0.25	0.25	1.00
VISIBILIDAD DEL SITIO				1.00		1.00
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		0.50		0.20	0.30	1.00
UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE		0.45	0.25	0.10	0.20	1.00
PERMEABILIDAD (K)		0.50	0.20		0.30	1.00
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)		0.40	0.25		0.35	1.00
PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO		0.50	0.15	0.10	0.25	1.00
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	0.20		0.15	0.40	0.25	1.00
T O T A L E S	1.05	3.15	1.75	2.55	2.50	11.00

Al respecto, cabe aclarar que únicamente se consideraron las condiciones más adversas y los efectos más directos, ya que de otra manera hubieran intervenido todos los elementos ambientales.

Ahora bien, para formular las matrices de "Calificación" de los Factores de Campo, correspondientes a cada uno de los sitios por evaluar; se debe hacer uso de ciertas funciones de sensibilidad cuyos tipos y límites se fijaron tomando como base, las normas y recomendaciones existentes en la bibliografía del tema, así como la importancia del Factor de Campo que se trate y la experiencia que hasta la fecha se ha alcanzado en el medio mexicano, respecto a la disposición de los residuos sólidos empleando el método del relleno sanitario. Los tipos de función, fundamentos de sus límites y expresiones que las engloban, aparecen en el cuadro 4.1.2. Así mismo, en las figuras de la 4.1.1 a la 4.1.12, se presentan las gráficas de dichas funciones, así como los valores numéricos. El objetivo de utilizar las funciones de sensibilidad, es eliminar al máximo la subjetividad al calificar cada Factor de Campo.

Los criterios que se emplearon para asignar los valores límites fijados para las funciones de sensibilidad correspondientes a los factores de campo considerados, se describen a continuación:

Material para Cobertura de los Residuos. El rango varía de 0 a 3 donde el valor mínimo de 0 corresponde a sitios con autosuficiencia de material de cubierta, el valor de 1 para cuando los

CUADRO No. 4.1.2 FUNDAMENTOS Y EXPRESIONES ALGEBRAICAS DE LAS FUNCIONES DE SENSIBILIDAD

FACTOR DE CAMPO	TIPO DE FUNCION	FUNDAMENTE DE LIMITES	EXPRESION Y LIMITES
MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS	LINEAL	IMPORTANCIA DEL FACTOR - DE CAMPO	$f(x) = x/3 \; ; \; 0 \leq x \leq 3$
ACONDICIONAMIENTO AL SITIO	LINEAL	IMPORTANCIA DEL FACTOR - DE CAMPO	$f(x) = x/4 \; ; \; 0 \leq x \leq 4$
CERCANIA A ZONAS URBANAS	PARABOLICA	RECOMENDACION SEDESO	$f(x) = 1 - (a^2 - (x-a)^2)/a^2 ;$ $0 \leq x$ (Kms.) ≤ 12 $f(x) = 1 \; ; \; x > 12$ Kms.
INCIDENCIA DE VIENTOS	LINEAL	EXPERIENCIAS EN EL MEDIO MEXICANO	$f(x) = x/4 \; ; \; 0 \leq x \leq 4$ (CRITERIO No. 1) $f(x) = x/365 \; ; \; 0 \leq x \leq 365$ (CRITERIO No. 2)
VISIBILIDAD DEL SITIO	LINEAL	EXPERIENCIAS EN EL MEDIO MEXICANO	$f(x) = x/2 \; ; \; 0 \leq X \leq 2$
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	LINEAL	EXPERIENCIAS EN EL MEDIO MEXICANO	$f(x) = 1-(x/3) \; ;$ $0 \leq x \leq 3$
UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE	LINEAL	RECOMENDACION SEDESO	$f(x) = 1-(x/3) \; ;$ $0 \leq x \leq 3$
PERMEABILIDAD (K)	EXPONENCIAL	RECOMENDACION SEDESO	$f(x) = 1 - e^{-227.26\,x}$ $10^{-7} \leq x(cm/s) \leq 10^{-2}$
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)	EXPONENCIAL	RECOMENDACION SEDESO	$f(x) = 1 - e^{-0.1577\,x}$ $0 \leq x(meq/100\ gr) \leq 28$
PROFUNDIDAD DEL MANTO ACUIFERO	EXPONENCIAL	IMPORTANCIA DEL FACTOR DE CAMPO	$f(x) = e^{-0.138\,x}$ $0 \leq x(m) \leq 50$
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	LINEAL	EXPERIENCIAS EN EL MEDIO MEXICANO	$f(x) = 1-(x/4)$ $0 \leq x \leq 4$

acarreos sean menores de 5 Kms, el valor de 2 para cuando los acarreos sean entre 5 y 10 Kms y el valor de 3 para cuando los acarreos sean mayores a 10 Kms (Ver Fig. No. 4.1.1).

Acondicionamiento del Sitio. Se establece el rango de 0 a 4, tomando 0 cuando no se requiera un acondicionamiento adicional ligado a la operación en sí del relleno; y de 4 cuando el acondicionamiento sea previo a la iniciación de la operación del relleno y con un alto grado de dificultad (Ver Fig. No. 4.1.2).

Cercanía a Zonas Urbanas. El rango establecido varía de 0 a 12 Kms.; siguiendo un comportamiento paraboloide, con valores máximos para la función iguales a 1, para cuando la distancia es de 0 Kms. o mayor de 12 Kms. El valor de 0 para la función, será para cuando la distancia sea de 6 Kms. (Ver Fig. No. 4.1.3).

Incidencia de Vientos. Se considera un rango de 0 a 4, correspondiendo el 0 a aquella situación en que el viento incide en ángulo de 180° de la población hacia el sitio; y de 4 cuando incide también en un ángulo de 180° pero de manera inversa, es decir del sitio a la población, o bien, cuando no hay incidencia sobre la población. El valor intermedio de 2.0, es para cuando la incidencia se presenta a partir del sitio y en dirección a la población, con un ángulo que de 90° a 190°, medido sobre un eje lineal que lige al sitio con la población (Ver Fig. No. 4.1.4). Cuando no haya posibilidad de utilizar esta función, se aplicará el criterio de considerar el No. de días al año con vientos

incidiendo del sitio a la población (Ver Fig. No. 4.1.5).

Visibilidad del Sitio. Se establece un rango de 0 a 2, donde el mínimo valor corresponde a un sitio completamente oculto mientras que el máximo corresponde a uno totalmente visible (Ver Fig. No. 4.1.6).

Ubicación Respecto a Cuerpos de Agua Superficiales y Pozos de Abastecimiento de Agua Potable. El rango establecido varia de 0 a 3, donde el valor de 0 corresponde a la ubicación del sitio dentro del área de aportación de un embalse, presa o lago. El valor de 1.5, corresponderá a la ubicación de un sitio fuera del área de aportación de un embalse, presa o lago, pero descargando directamente a un escurrimiento natural de tipo perene. El valor de 3.0, corresponderá a una situación semejante a la del valor de 1.5, pero descargando a un cauce natural con escurrimiento intermitente (sólo en época de lluvia). (Ver Fig. No. 4.1.7)

Ubicación del Sitio dentro de la Cuenca Aportante. El rango varía de 0 a 3, y se considera que el máximo valor corresponde a aquella condición en que el sitio se halla al inicio del escurrimiento de manera tal que las aguas escurren del sitio hacia aguas abajo; mientras que el mínimo valor será para aquella condición en que el escurrimiento sea de aguas arriba hacia el sitio. (Ver Fig. No. 4.1.8)

Permeabilidad (K). La relación de este parámetro es de tipo exponencial, tomando un valor mínimo de 0 para una permeabilidad

de 1 X 10^{-7} cm/seg., un valor intermedio de 0.5 para una permeabilidad de 2.5 X 10^{-2} cm/seg; y un valor máximo de 1 para una permeabilidad de 1 X 10^{-2} cm/seg. (Ver Fig No. 4.1.9).

Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C). El rango de variación es de 0 a 28 meq/100 gr de suelo siguiendo un comportamiento exponencial donde el valor de 0 corresponde a un C.I.C. de 28 meq/100 gr de suelo, mientras que el valor intermedio de 0.5 se refiere a un C.I.C. de 4.4 meq/100 gr de suelo. (Ver Fig. No. 4.1.10)

Profundidad del Manto Freático. También para este parámetro se tendrá una variación de tipo exponencial, con un valor máximo de 1 para una profundidad de 0 mts., un valor intermedio de 0.5 para una profundidad de 5 mts. y un valor mínimo de 0 para una profundidad de 50 mts. o más. (Ver Fig. No. 4.1.11)

Existencia de Caminos de Acceso. El rango de variación es de 0 a 4, donde el valor máximo de la función corresponde al 0 (inexistencia de camino); el valor intermedio de 0.5 de la función corresponde a 2 (camino de terracería); y el valor mínimo de la función siempre se relacionará con el 4 (camino asfaltado). (Ver Fig. No. 4.1.12).

FUNCION DE SENSIBILIDAD MATERIAL DE CUBIERTA (Adimensional)

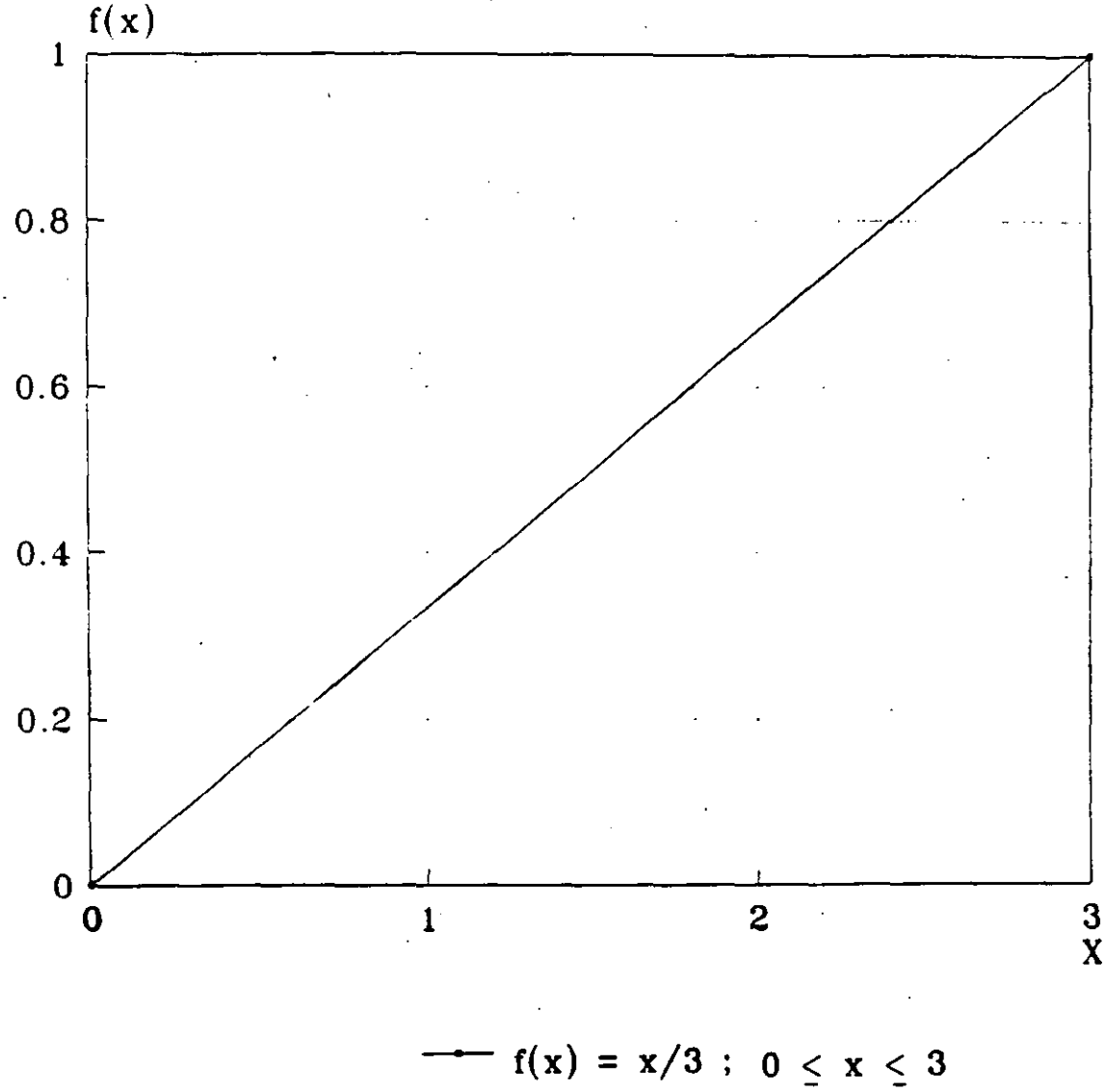
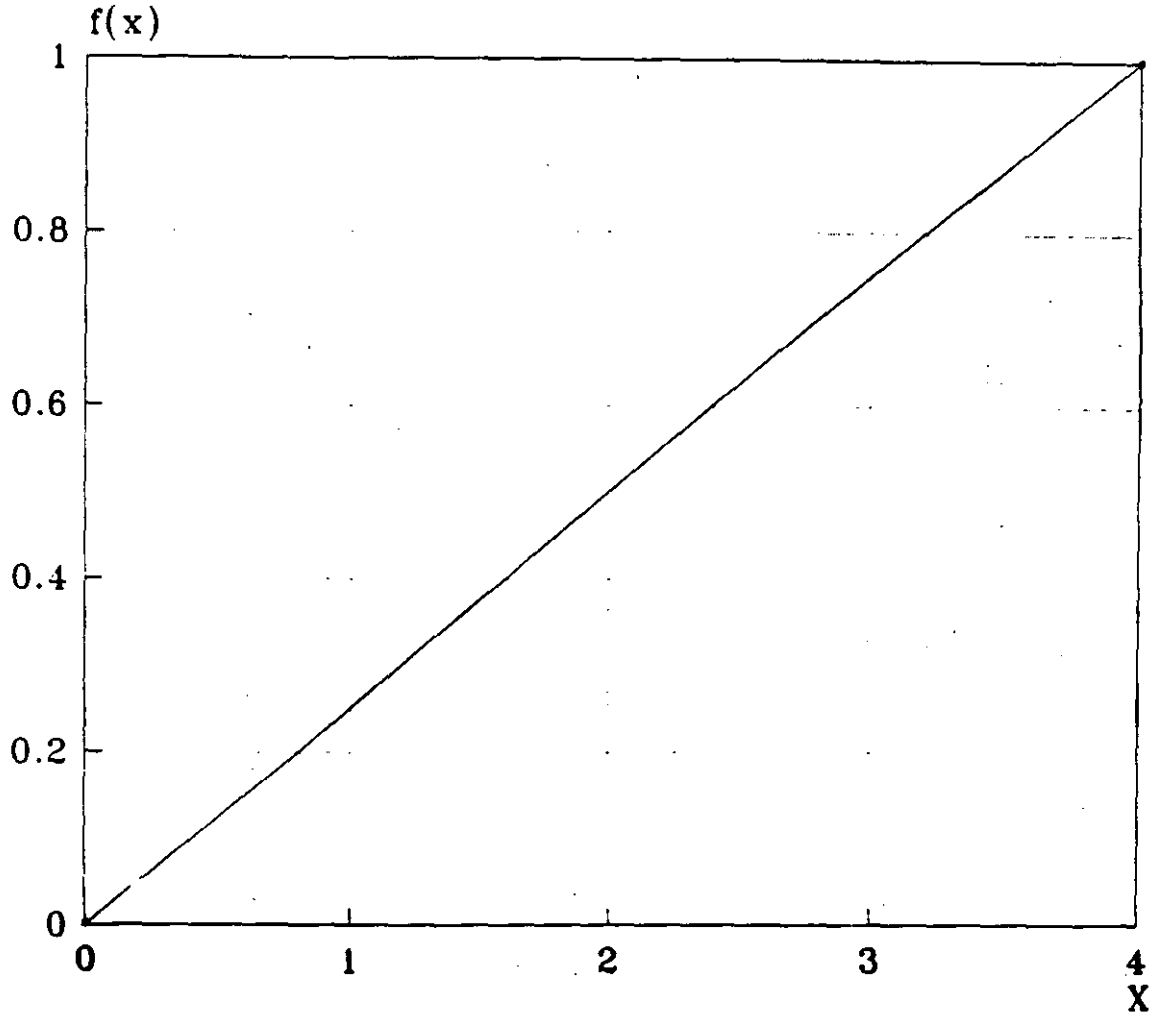


Fig. 4.1.1

FUNCION DE SENSIBILIDAD ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO (Adimensional)



—•— f(x)=x/4 ; 0 ≤ x ≤ 4

Fig. 4.1.2

FUNCION DE SENSIBILIDAD
CERCANIA A ZONAS URBANAS

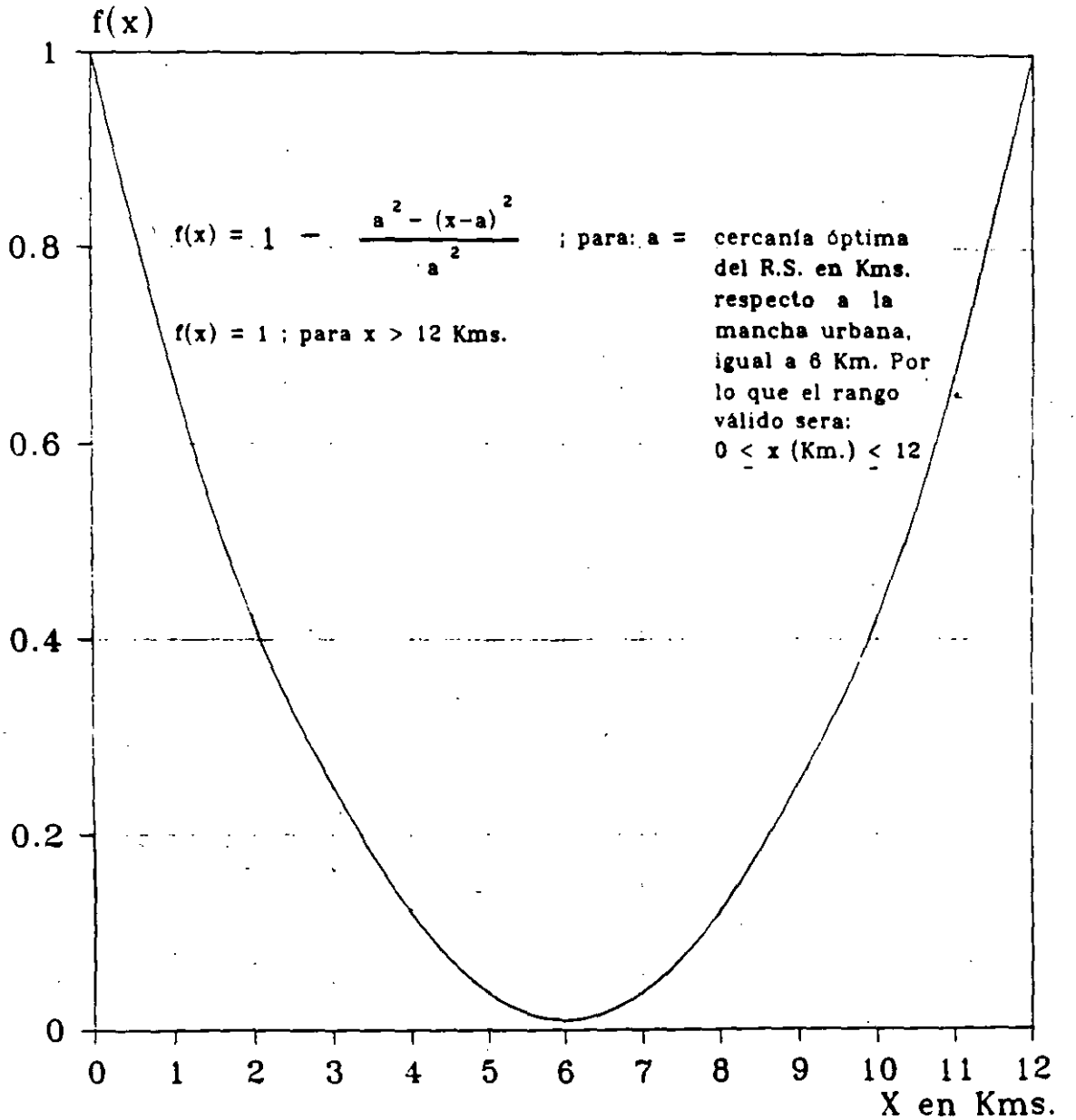
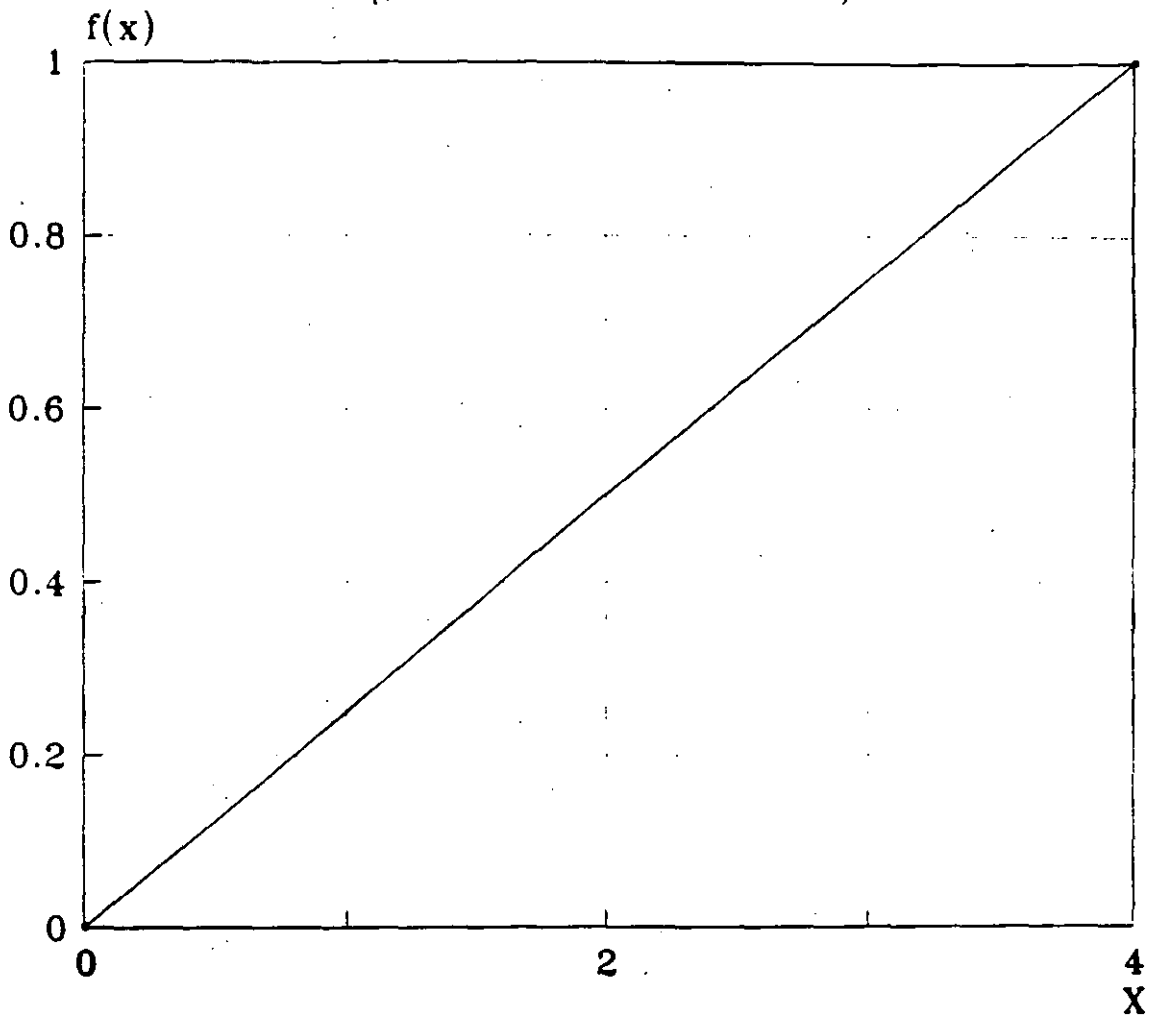


Fig. 4.1.3

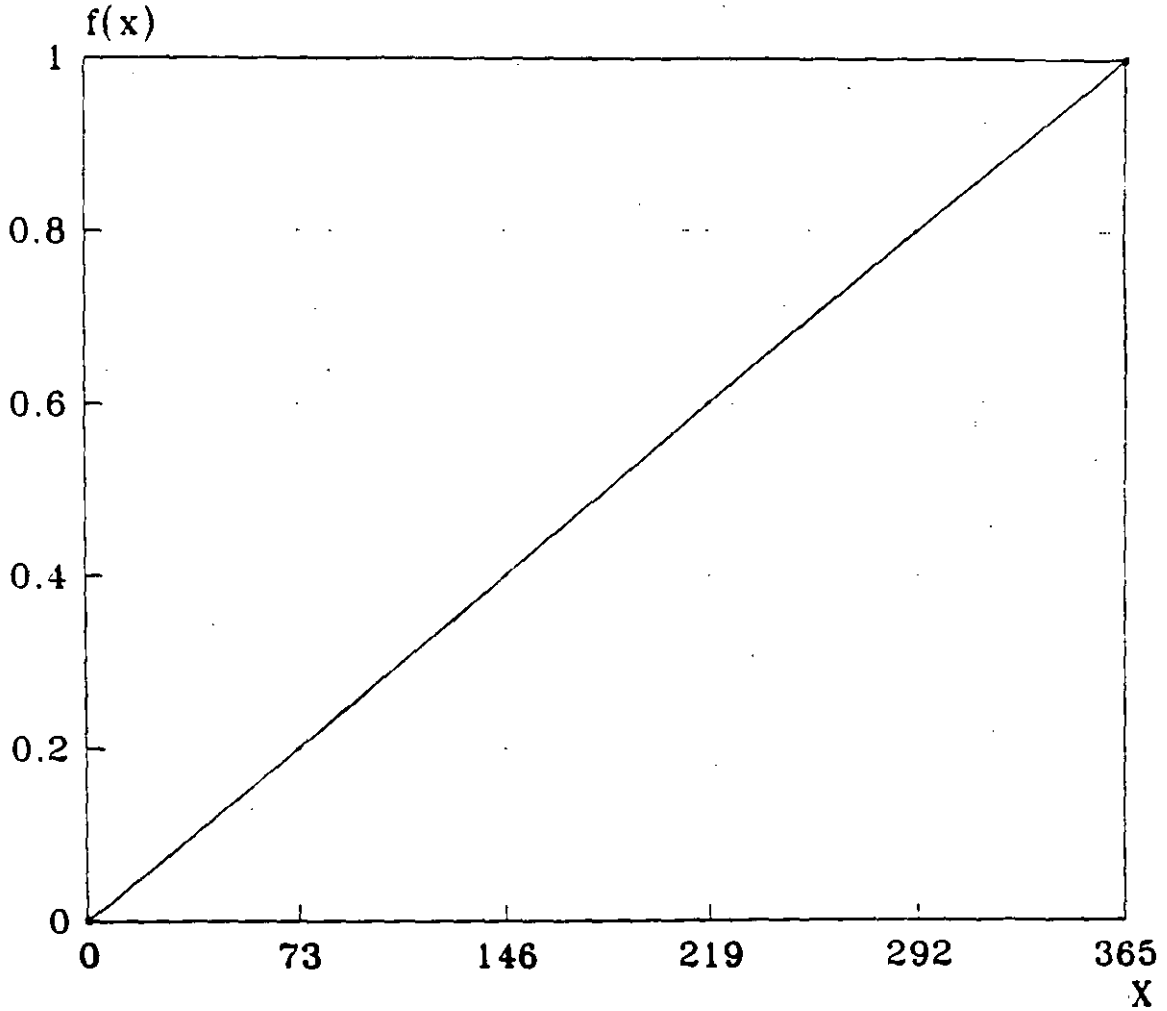
FUNCION DE SENSIBILIDAD
INCIDENCIA DE VIENTOS
CRITERIO No. 1
(Adimensional)



$f(x) = (x/4)\ ;\ 0 \leq x \leq 4$

FIG. 4.1.4

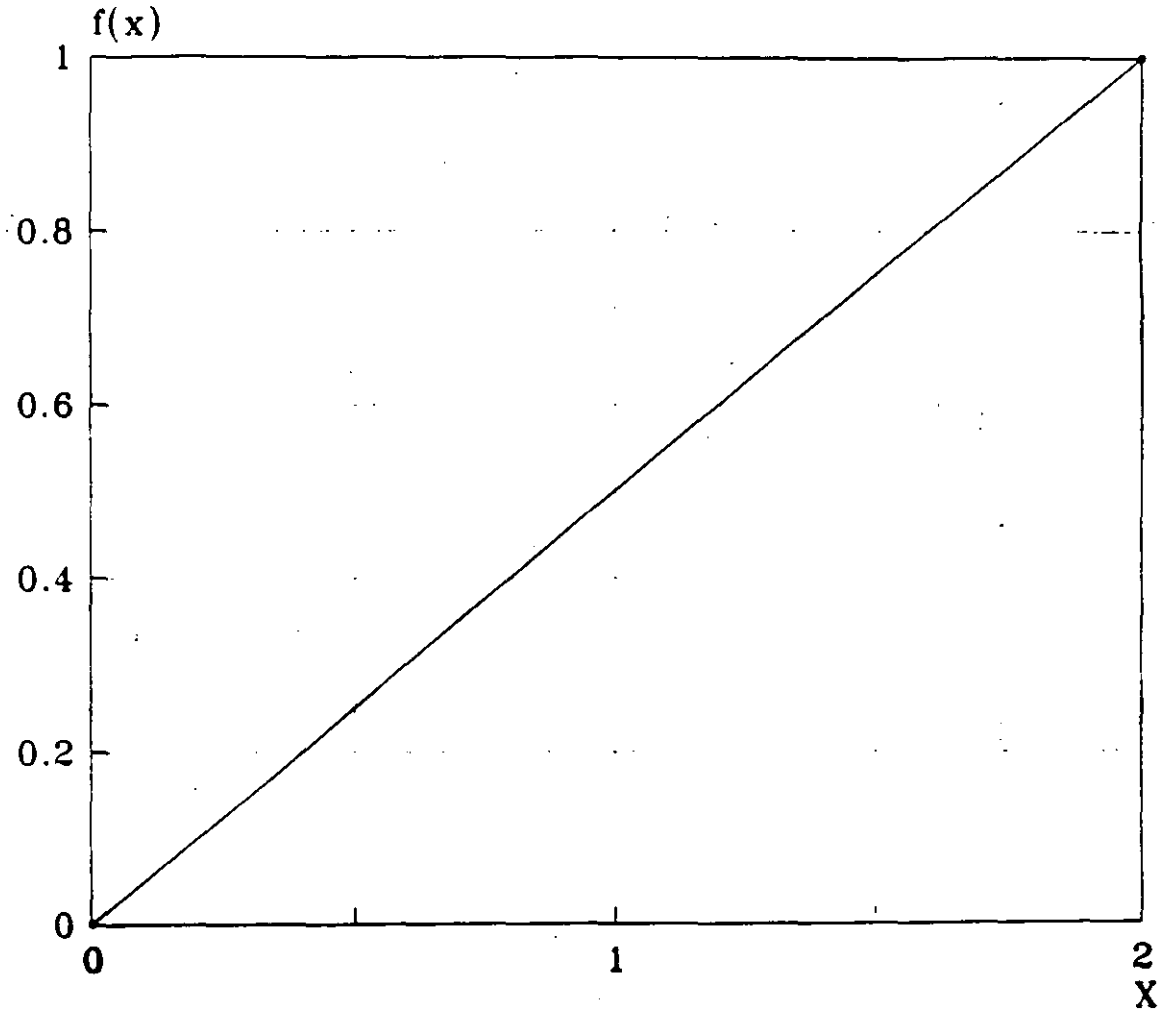
FUNCION DE SENSIBILIDAD
INCIDENCIA DE VIENTOS
CRITERIO No. 2
(Adimensional)



$f(x) = x / 365 \quad 0 \leq x \leq 365$

Fig. 4.1.5

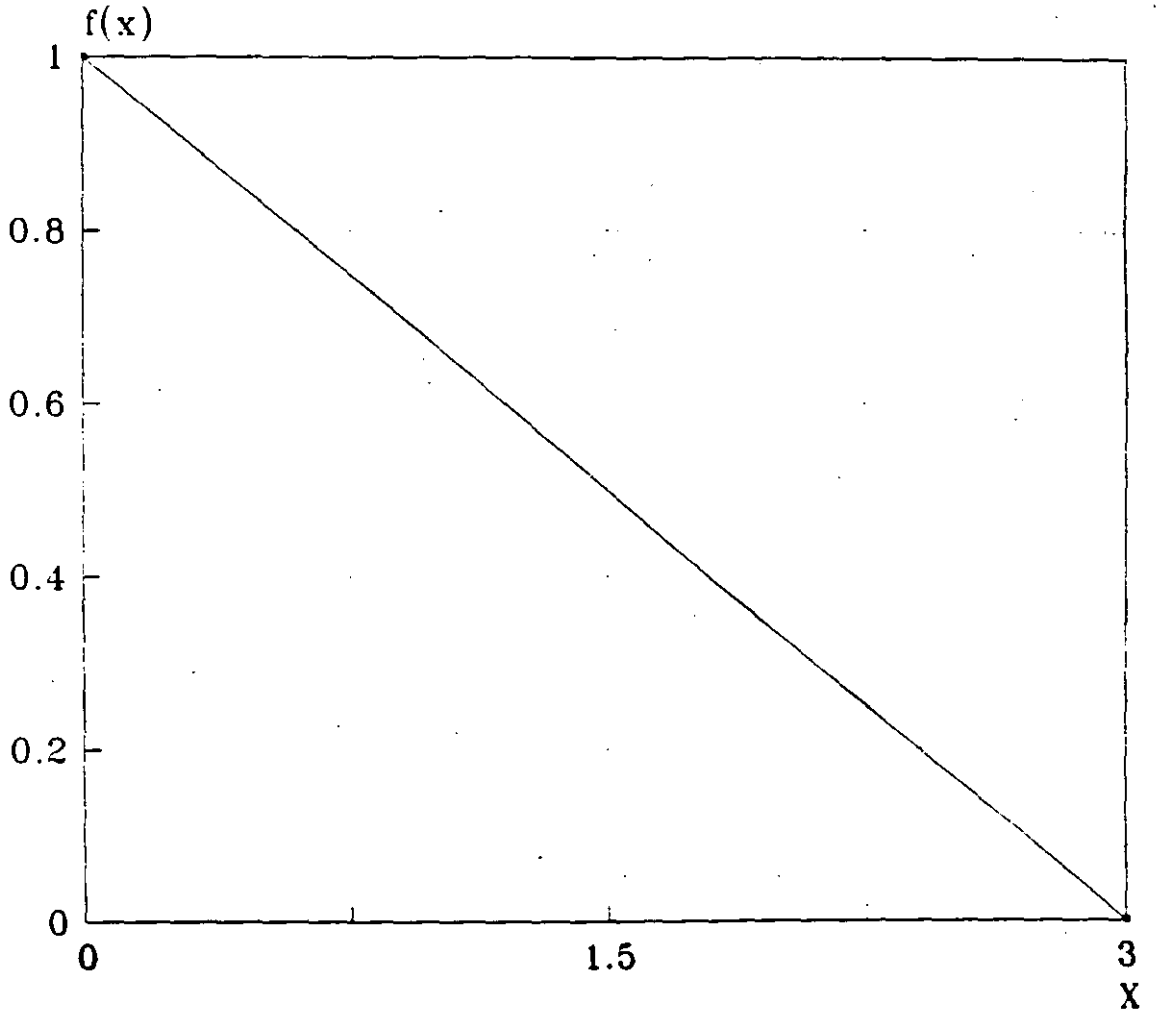
FUNCION DE SENSIBILIDAD
VISIBILIDAD DEL SITIO
(Adimensional)



$f(x) = (x/2)$; $0 \leq x \leq 2$

Fig. 4.1.6

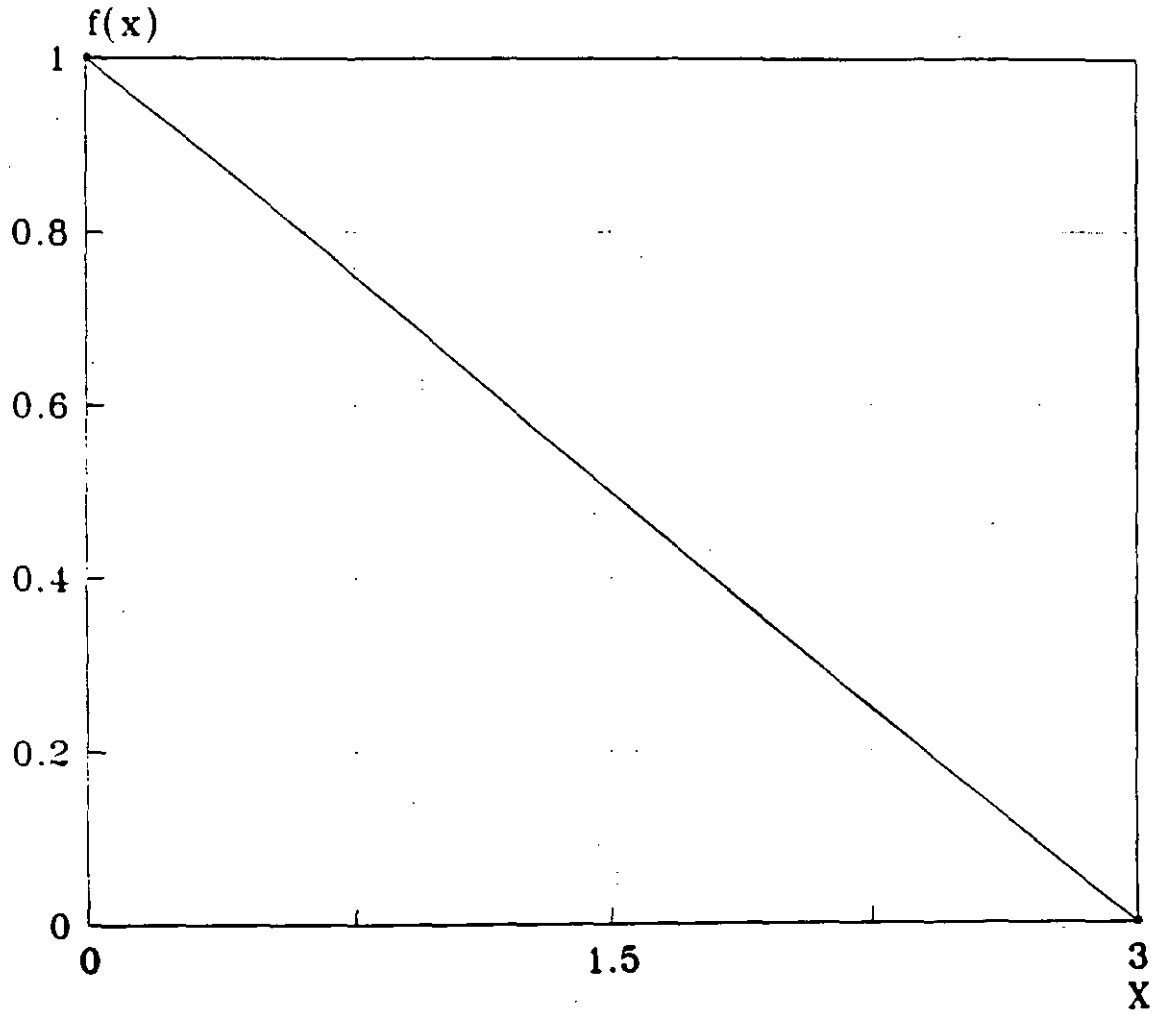
FUNCION DE SENSIBILIDAD UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES (Adimensional)



$f(x) = (1-(x/3))$; $0 \leq x \leq 3$

Fig. 4.1.7

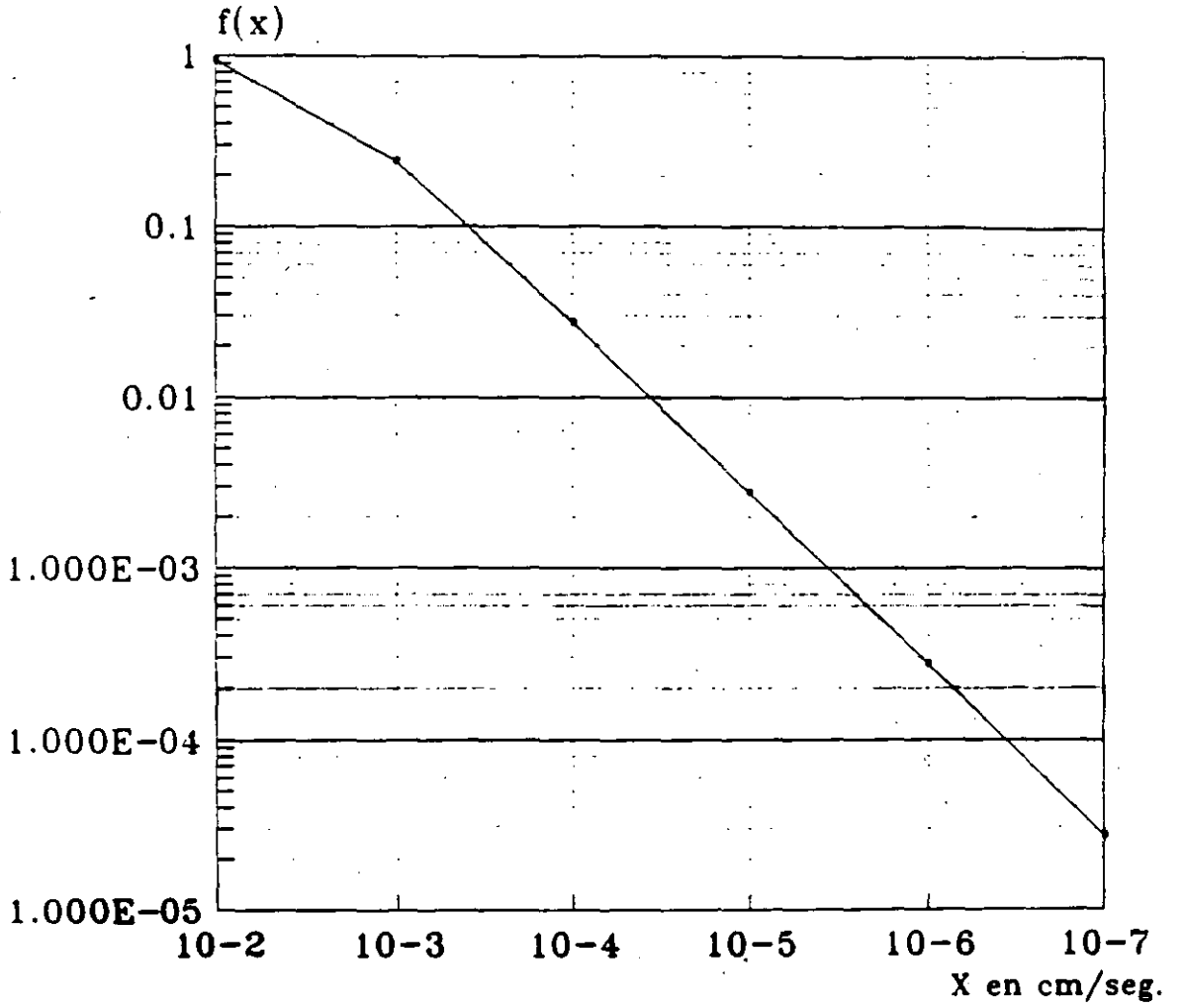
FUNCION DE SENSIBILIDAD UBICACION DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE (Adimensional)



$f(x) = (1-(x/3))$; $0 \leq x \leq 3$

Fig. 4.1.8

FUNCION DE SENSIBILIDAD
CARACTERISTICAS DEL SUELO
PERMEABILIDAD

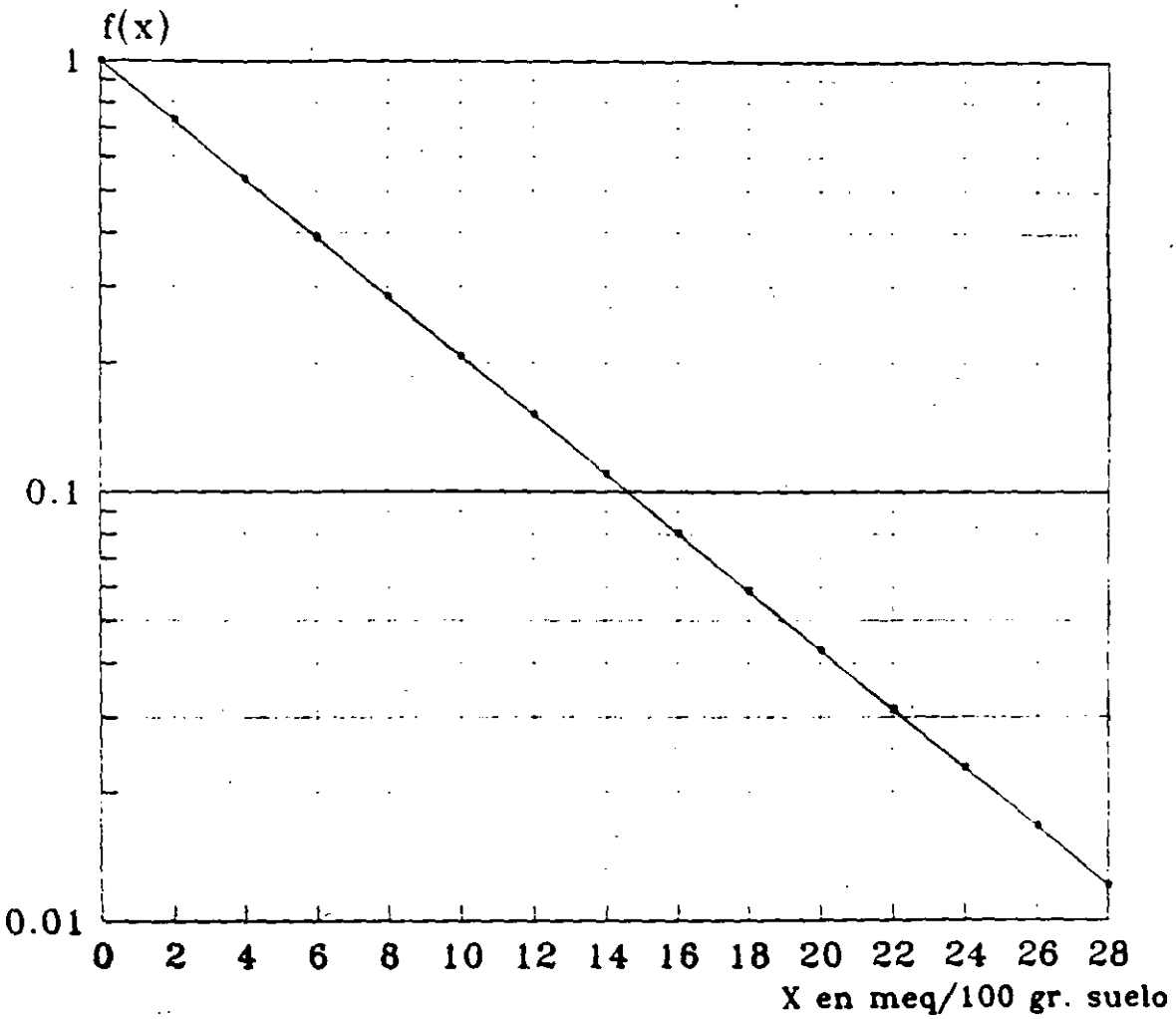


$$f(x) = 1 - e^{-277.26\,x}$$

$$10^{-7} \leq x \leq 10^{-2}$$

Fig. 4.1.9

FUNCION DE SENSIBILIDAD
CARACTERISTICAS DEL SUELO
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

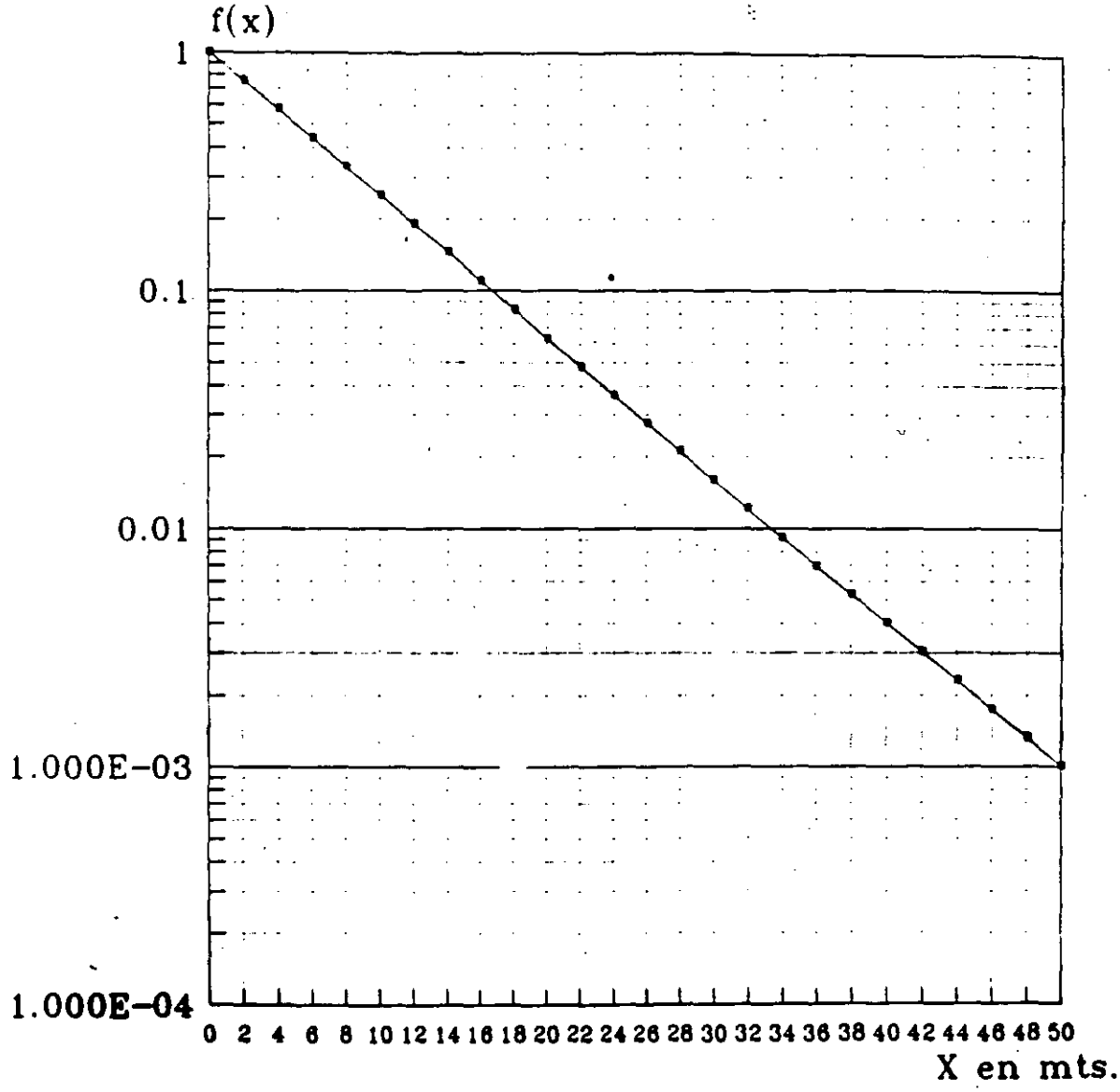


$$f(x) = 1 - e^{-.1577\,(x)}$$

$$0 \leq x \leq 28$$

Fig. 4.1.10

FUNCION DE SENSIBILIDAD
PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO

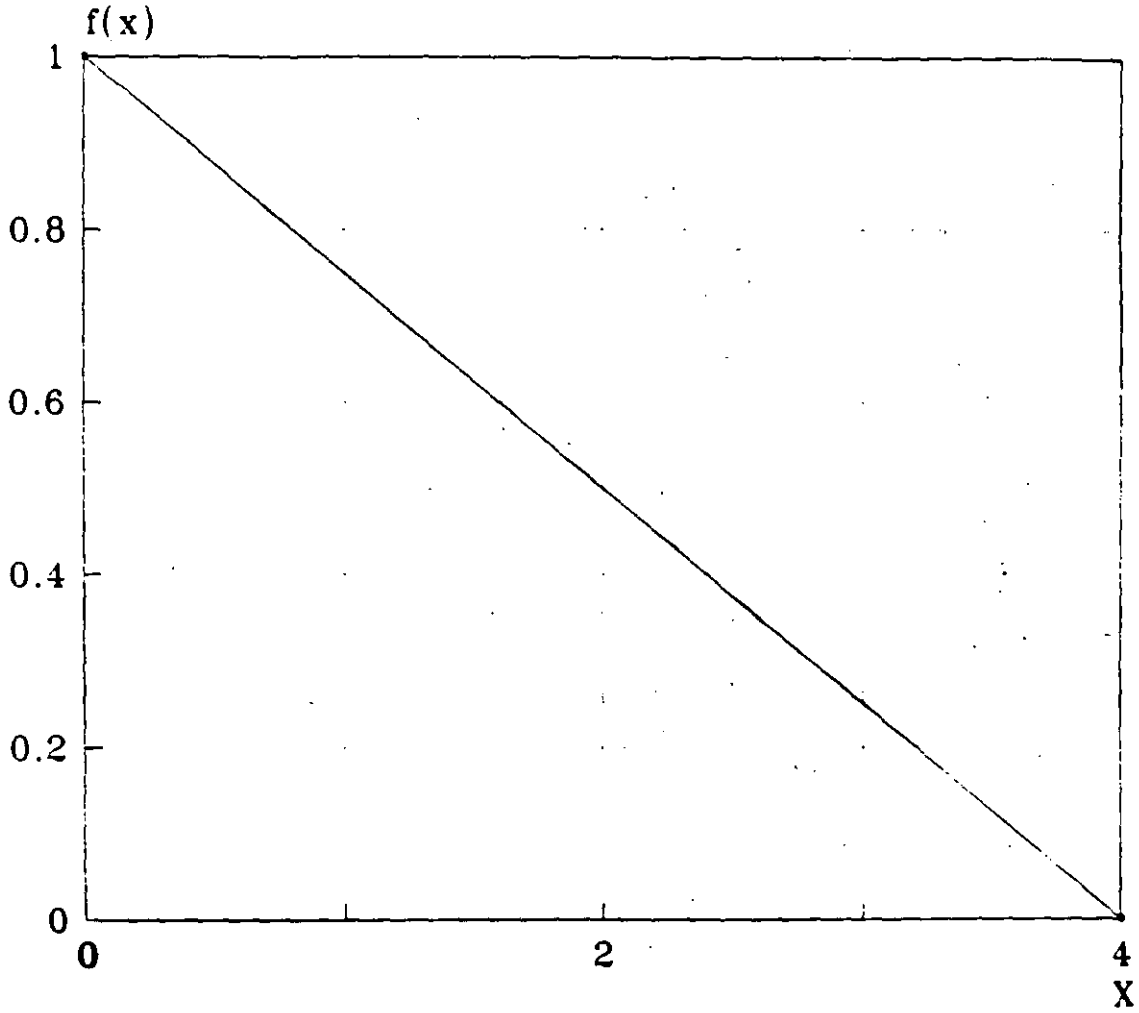


$f(x) = e^{-0.138\,x}$

$0 \leq X \leq 50$

Fig. 4.1.11

FUNCION DE SENSIBILIDAD
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO
(Adimensional)



$f(x) = (1-(x/4))\ ;\ 0 \leq x \leq 4$

Fig. 4.1.12

Una vez establecidas las matrices de pagos para cada uno de los sitios en conflicto, se estará en condiciones de calificarlos y jerarquizarlos, mediante la solución al juego planteado entre el "Hombre y su Entorno".

Aunque existen varios métodos para resolver un determinado juego, para dar solución al formulado anteriormente, se propone la utilización del Método de Newman-Dantzig, el cual con las adecuaciones del caso, resuelve el juego mediante programación Lineal. Para ello, el juego para cada sitio, se debe plantear a través de la propia matriz de pagos, la cual como ya se comentó anteriormente, re laciona dos conjutos; el de las acciones del hombre que causan impacto a su entorno y el de los elementos del entorno que pueden verse impactados. Ambos conjuntos representan las diferentes estrategias que pueden ser consideradas por los antagonistas, mientras que el pago es una regla que indica cuanto recibirá un jugador del otro, cuando ambos eligen una estrategia particular de sus respectivos conjuntos de estrategias.

4.2 Aplicación del Método Propuesto.

Con el objeto de ejemplificar la aplicación del método antes descrito, se consideraron dos sitios hipotéticos para ubicar un relleno sanitario, cuyas características se presentan en el Cuadro 4.2.1. El desarrollo del método incluye el establecimiento de las "Matrices de calificación" de factores de campo (Cuadro 4.2.2) y de las de "Matrices de pagos" (Cuadro 4.2.3), estas

CUADRO No. 4.2.1

CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS HIPOTETICOS

FACTOR DE CAMPO	SITIO 1	SITIO 2
MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS	AUTOSUFICIENTE	ACARREOS MENORES A 5 Kms.
ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO	SIMULTANEO	PREVIO CON POCA DIFICULTAD
CERCANIA A ZONAS URBANAS	3 Km.	10 Km.
INCIDENCIA DE VIENTOS	NO INCIDEN SOBRE LA POBLACION	INCIDEN DIRECTAMENTE SOBRE LA POBLACION
VISIBILIDAD DEL SITIO	VISIBLE	SEMIOCULTO
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	FUERA DE AREAS APORTADORAS DE CUERPOS DE AGUA, PERO DESCARGANDO A UN ESCURRIMIENTO NATURAL - PERMANENTE	UBICADO EN AREA DE APORTACION DE UNA PRESA
UBICACION DEL SITIO DENTRO DE - LA CUENCA APORTANTE	EN INICIO DE CUENCA O ESCURRIMIENTO	EN INICIO DE CUENCA O ESCURRIMIENTO
PERMEABILIDAD (K)	1×10^{-5} cm/s	1×10^{-6} cm/s
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)	5 meq/100 gr	8 meq/100 gr
PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO	25 m	40 m
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	DE TERRACERIA	DE TERRACERIA

CUADRO No. 4.2.2

MATRICES "DE CALIFICACION" DE FACTORES DE CAMPO

FACTOR DE CAMPO	CALIFICACION	
	SITIO 1	SITIO 2
MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS	0	0.35
ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO	0	0.50
CERCANIA A ZONAS URBANAS	0.26	0.43
INCIDENCIA DE VIENTOS	0	1.0
VISIBILIDAD DEL SITIO	1.0	0.50
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	0.50	1.0
UBICACION DEL SITIO DENTRO DE - LA CUENCA APORTANTE	0	0
PERMEABILIDAD (K)	0.08	0.025
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)	0.45	0.33
PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO	0.063	0.004
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	0.5	0.5

CUADRO No. 4.2.3

MATRICES DE PAGOS PARA EL JUEGO "ACCIONES DEL HOMBRE" (FACTOR DE CAMPO) CONTRA SU "ENTORNO" (ELEMENTOS DEL ENTORNO) CORRESPONDIENTES A LOS SITIOS HIPOTETICOS CONSIDERADOS EN EL ANALISIS

ELEMENTOS DE SU ENTORNO (NATURALEZA) / FACTORES DE CAMPO (HOMBRE)		MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIUDOS	ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO	CERCANIA A ZONAS URBANAS	INCIDENCIA DE VIENTOS	VISIBILIDAD DEL SITIO	UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE	PERMEABILIDAD (K)	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)	PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO	EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO
SITIO No. 1	AIRE	0	0	0.052	0	0	0	0	0	0	0	0.100
	AGUA	0	0	0.039	0	0	0.25	0	0.040	0.180	0.0315	0
	SUELO	0	0	0.039	0	0	0	0	0.016	0.112	0.0095	0.075
	BIENESTAR	0	0	0.065	0	1.0	0.10	0	0	0	0.0063	0.200
	SALUD	0	0	0.065	0	0	0.15	0	0.024	0.158	0.0158	0.125
SITIO No. 2	AIRE	0.035	0.125	0.086	0.30	0	0	0	0	0	0	0.100
	AGUA	0.122	0.075	0.0645	0.15	0	0.50	0	0.125	0.132	0.496	0
	SUELO	0.122	0.100	0.0645	0.05	0	0	0	0.050	0.082	0.150	0.075
	BIENESTAR	0	0.125	0.1075	0.25	0.50	0.20	0	0	0	0.099	0.200
	SALUD	0.070	0.075	0.1075	0.25	0	0.30	0	0.075	0.116	0.249	0.125

últimas a partir de la aplicación de las funciones de sensibilidad y de la utilización de la "Matriz de contribuciones proporcionales" .

Las matrices del Cuadro No. 4.2.3, deben leerse de este modo:

> "La calidad ambiental de un determinado sitio donde se pretende implantar un relleno sanitario, puede sufrir un cierto deterioro en los diferentes elementos ambientales de su entorno que lo caracterízan. Este deterioro está valuado en la matriz de pagos correspondiente, debiéndose a las acciones del hombre representadas en este caso, por los factores de campo."

La transformación de una matriz de pagos en un problema de programación lineal, sólo se ejemplifica para el sitio No. 1, con fines meramente ilustrativos. El problema formulado, siempre será de maximización, ya que tratan de identificar las acciones del hombre que más afectan a la naturaleza; con el fin de seleccionar aquel sitio que involucre un menor daño al ambiente, por la implantación de un relleno sanitario.

El procedimiento para la trasformación de las matrices de pagos en un problema típico de programación lineal, para ser resuelto mediante el método simplex, se describe a continuación:

a) Se obtiene un sistema de restricciones original, a partir de la matriz de pagos.

b) Se convierten las restricciones en igualdades, restando variables de holgura no-negativas a cada una de las restricciones.

c) Se toma una de las igualdades como función objetivo, la cual se resta a las demás igualdades para relacionarlas entre si, y de esta manera formular el problema lineal.

d) Se resuelve el problema lineal, con cualquiera de los métodos que la programación lineal ofrece en la actualidad; con lo cual se estará resolviendo el juego en cuestión.

La transformación en un problema de programación lineal, del juego: "Acciones del Hombre contra su Entorno" para el sitio No. 1 hipotético, se describe a continuación:

SISTEMA INICIAL DE RESTRICCIONES

$$
\begin{aligned}
0X_1 + 0X_2 + 0.052X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0.10X_{11} &\geq \tau \\
0X_1 + 0X_2 + 0.039X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0.25X_6 + 0X_7 + 0.04X_8 + 0.18X_9 + 0.0315X_{10} + 0X_{11} &\geq \tau \\
0X_1 + 0X_2 + 0.039X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0.016X_8 + 0.112X_9 + 0.0095X_{10} + 0.075X_{11} &\geq \tau \\
0X_1 + 0X_2 + 0.065X_3 + 0X_4 + X_5 + 0.10X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0.0063X_{10} + 0.20X_{11} &\geq \tau \\
0X_1 + 0X_2 + 0.065X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0.15X_6 + 0X_7 + 0.024X_8 + 0.158X_9 + 0.0158X_{10} + 0.125X_{11} &\geq \tau \\
X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + 0X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} &= 1
\end{aligned}
$$

$$\forall\ X_i \geq 0$$

RESTANDO VARIABLES DE HOLGURA NO NEGATIVAS TENEMOS:

$$
\begin{aligned}
0X_1 + 0X_2 + 0.052X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0.10X_{11} - X_{12} &= \tau \\
0X_1 + 0X_2 + 0.039X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0.25X_6 + 0X_7 + 0.04X_8 + 0.18X_9 + 0.0315X_{10} + 0X_{11} - X_{13} &= \tau \\
0X_1 + 0X_2 + 0.039X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0.016X_8 + 0.112X_9 + 0.0095X_{10} + 0.075X_{11} - X_{14} &= \tau \\
0X_1 + 0X_2 + 0.065X_3 + 0X_4 + X_5 + 0.10X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0.0063X_{10} + 0.20X_{11} - X_{15} &= \tau \\
0X_1 + 0X_2 + 0.065X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0.15X_6 + 0X_7 + 0.024X_8 + 0.158X_9 + 0.0158X_{10} + 0.125X_{11} - X_{16} &= \tau \\
X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + 0X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} &= 1
\end{aligned}
$$

$$\forall\ X_i \geq 0$$

RESTANDO LA PRIMERA ECUACION, DE LA SEGUNDA, TERCERA, CUARTA Y QUINTA ECUACION, SE ENCUENTRA EL PROBLEMA DE PROGRAMACION LINEAL, CONSISTENTE EN MAXIMIZAR:

$$z = 0X_1 + 0X_2 + 0.052X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} - X_{12} = 0$$

$$0X_1 + 0X_2 - 0.013X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0.25X_6 + 0X_7 + 0.04X_8 + 0.18X_9 + 0.0315X_{10} - 0.10X_{11} + X_{12} - X_{13} = 0$$

$$0X_1 + 0X_2 - 0.013X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0.016X_8 + 0.112X_9 + 0.0095X_{10} - 0.025X_{11} + X_{12} - X_{14} = 0$$

$$0X_1 + 0X_2 + 0.013X_3 + 0X_4 + X_5 + 0.10X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0.0063X_{10} + 0.10X_{11} + X_{12} - X_{15} = 0$$

$$0X_1 + 0X_2 + 0.013X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0.15X_6 + 0X_7 + 0.024X_8 + 0.158X_9 + 0.0158X_{10} + 0.025X_{11} + X_{12} - X_{16} = 0$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + 0X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} = 1$$

$$\forall X_i \geq 0$$

Puesto que las técnicas de cálculo para la solución directa de problemas de programación lineal de grandes dimensiones son bastantes engorrosas, se empleó un programa de computadora para resolver el problema de programación lineal asociado al juego planteado en la matriz de pagos establecidos anteriormente.

Dicho programa de computadora, se encuentra en Lenguaje BASIC y resuelve problemas tanto de maximización como de minimización, empleando el Método Simplex convencional. Las corridas del programa, se realizaron en un micropocesador de tipo personal.

A continuación se presentan los resultados de la solución al problema de programación lineal antes formulado, obtenidos mediante la corrida del programa de computadora mencionado anteriormente:

PROGRAMA PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PROGRAMACION LINEAL
(Maximizacion y Minimizacion),CON EL METODO SIMPLEX

EL LISTADO DARA EL ARREGLO SIMPLEX Y BASE EN CADA ITERACION

SUS VARIABLES 1 HASTA 16
VARIABLES ARTIFICIALES 17 HASTA 21

ARREGLO SIMPLEX DESPUES DE 0 ITERACIONES

0.0000	0.0000	-0.0130	0.0000	0.0000	0.2500	0.0000	0.0400	0.1800	0.0315
-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	-0.0130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0160	0.1120	0.0095
0.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0130	0.0000	1.0000	0.1000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0063
0.0000	0.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0130	0.0000	0.0000	0.1500	0.0000	0.0240	0.1580	0.0158
0.0000	0.0000	0.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000
0.0000	0.0000	-0.0520	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-2.0000	-1.5000	-1.0000	-1.0800	-1.4500	-1.0631
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

BASE ANTES DE LA ITERACION 1

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
19	0
20	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 2

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
19	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= 0

SITIO No. 1

BASE ANTES DE LA ITERACION 3

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 4

VARIABLE	VALOR
17	0
15	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 5

VARIABLE	VALOR
6	0
15	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 6

VARIABLE	VALOR
6	1
15	.1
16	.15
12	0
13	.25

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 7

VARIABLE	VALOR
6	1
15	.1
16	.15
9	0
13	.25

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= 0

SITIO No. 1

RESPUESTAS

VARIABLE	VALOR
6	.1636142
15	.0847375
16	6.575092E-02
9	.1526251
11	.6837607

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= 6.837607E-02

VARIABLES DUALES

COLUMNA	VALOR
17	-.2735043
18	-.1709402
19	0
20	0
21	6.837607E-02

ARREGLO SIMPLEX DESPUES DE 7 ITERACIONES

0.1636	0.1636	0.2090	0.1636	0.1636	1.0000	0.1636	0.1880	0.0000	0.2040
-3.3455	6.8376	0.0000	0.0000	3.3455	-6.8376	0.0000	0.0000	0.1636	0.1636
0.0847	0.0847	0.0821	0.0847	-0.9153	0.0000	0.0847	0.0735	0.0000	0.0722
-0.0611	0.8547	1.0000	0.0000	0.0611	-0.8547	-1.0000	0.0000	0.0847	[illegible]
0.0658	0.0658	0.0447	0.0658	0.0658	0.0000	0.0658	0.0597	0.0000	0.0632
-0.3370	-0.2821	0.0000	1.0000	0.3370	0.2821	0.0000	-1.0000	0.0658	0.0658
0.1526	0.1526	0.0495	0.1526	0.1526	0.0000	0.1526	0.2650	1.0000	0.2146
0.6105	-8.5470	0.0000	0.0000	-0.6105	8.5470	0.0000	0.0000	0.1526	0.1526
0.6838	0.6838	[illegible].7415	0.6838	0.6838	0.0000	[illegible]	[illegible].5470	[illegible]	0.5814
2.7350	1.7094	[illegible].0000	0.0000	-2.7350	-1.7094	0.0000	0.0000	0.6838	0.6838
0.0684	0.0684	0.0222	0.0684	0.0684	0.0000	0.0684	0.0547	0.0000	0.0581
0.2735	0.1709	0.0000	0.0000	-0.2735	-0.1709	0.0000	0.0000	0.0684	0.0684

NOTA: Cuando su problema sea de minimizacion y el signo de la funcion objetivo obtenida del computo sea negativo, debera cambiarse a positivo.

PROGRAMA PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PROGRAMACION LINEAL
(Maximizacion y Minimizacion),CON EL METODO SIMPLEX

EL LISTADO DARA EL ARREGLO SIMPLEX Y BASE EN CADA ITERACION

SUS VARIABLES 1 HASTA 16
VARIABLES ARTIFICIALES 17 HASTA 21

ARREGLO SIMPLEX DESPUES DE 0 ITERACIONES

0.0870	-0.0500	-0.0215	-0.1500	0.0000	0.5000	0.0000	0.1250	0.1320	0.4960
-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0870	-0.0250	-0.0215	-0.1000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0500	0.0820	0.1500
0.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-0.0350	0.0000	0.0215	-0.0500	-0.5000	0.2000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0990
0.0000	0.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0350	-0.0500	0.0215	-0.5000	0.0000	0.3000	0.0000	0.0750	0.1160	0.2490
0.0000	0.0000	0.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000
-0.0350	-0.0250	-0.0860	-0.3000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-1.1740	-0.8750	-1.0000	-0.2000	-0.5000	-2.0000	-1.0000	-1.2500	-1.3300	-1.9940
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

BASE ANTES DE LA ITERACION 1

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
19	0
20	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 2

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
19	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= 0

SITIO No. 2

BASE ANTES DE LA ITERACION 3

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 4

VARIABLE	VALOR
17	0
15	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 5

VARIABLE	VALOR
6	0
15	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 6

VARIABLE	VALOR
6	1
15	.2
16	.3
12	0
13	.5

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 7

VARIABLE	VALOR
6	.5714286
15	.1357143
4	.4285714
12	4.285714E-02
13	.2642857

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= 8.571429E-02

RESPUESTAS

VARIABLE	VALOR
6	.4004797
15	.585131E-02
4	.3597122
10	.2398081
13	.2652279

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO= .1079137

VARIABLES DUALES

COLUMNA	VALOR
17	0
18	-.1223022
19	0
20	-.3597122
21	.1079137

ARREGLO SIMPLEX DESPUES DE 7 ITERACIONES

-0.0505	0.4502	0.5722	0.0000	0.4005	1.0000	0.4005	0.2510	0.1413	0.0000
0.0000	5.9872	0.0000	-1.9984	0.0000	-5.9872	0.0000	1.9984	0.4005	0.4005
0.0868	0.0804	0.0842	0.0000	0.5859	0.0000	0.0859	0.0872	0.0854	0.0000
0.0000	0.5440	1.0000	-0.3805	0.0000	-0.5440	-1.0000	0.3805	0.0859	0.0859
0.2823	0.4299	0.3427	1.0000	0.3597	0.0000	0.3597	0.2494	0.1872	0.0000
0.0000	0.4077	0.0000	1.1990	0.0000	-0.4077	0.0000	-1.1990	0.3597	0.3597
0.7682	0.1199	0.0851	0.0000	0.2398	0.0000	0.2398	0.4996	0.6715	1.0000
0.0000	-6.3949	0.0000	0.7994	0.0000	6.3949	0.0000	-0.7994	0.2398	0.2398
0.2264	0.2701	0.2984	0.0000	0.2652	0.0000	0.2652	0.2109	0.2436	0.0000
1.0000	-0.2394	0.0000	-0.7826	-1.0000	0.2394	0.0000	0.7826	0.2652	0.2652
0.0497	0.1040	0.0168	0.0000	0.1079	0.0000	0.1079	0.0748	0.0562	0.0000
0.0000	0.1223	0.0000	0.3597	0.0000	-0.1223	0.0000	-0.3597	0.1079	0.1079

NOTA: Cuando su problema sea de minimizacion y el signo de la funcion objetivo obtenida del computo sea negativo, debera cambiarse a positivo.

4.3 Interpretación de Resultados.

4.3.1 Estrategias del Hombre.

La estrategia obtenida para el juego en cuestión, tanto para el sitio No. 1 como para el No. 2, es la siguiente:

ACCIONES DEL HOMBRE	SITIO 1	SITIO 2
MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS (X_1)	0	0
ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO (X_2)	0	0
CERCANIA A ZONAS URBANAS (X_3)	0	0
INCIDENCIA DE VIENTOS (X_4)	0	0.3597122
VISIBILIDAD DEL SITIO (X_5)	0	0
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (X_6)	0.1636142	0.4004797
UBICACION DEL SITIO DENTRO DE - LA CUENCA APORTANTE (X_7)	0	0
PERMEABILIDAD (K) (X_8)	0	0
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC) (X_9)	0.1526251	0
PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO (X_{10})	0	0.2398081
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO (X_{11})	0.6837607	0
S U M A	1.00	1.00

De manera tal que se cumple la condición:

$$X = \sum_{i=1}^{n} x_i = 1.0$$

donde n = 11, para este caso.

El valor del juego para los sitios analizados fueron los siguientes:

Sitio No. 1 = 0.06837 = τ

Sitio No. 2 = 0.10791 = τ

Esto es fácil de corroborar, si se analiza y desarrolla la función objetivo:

$$\text{Max. } Z = \sum_{i=1}^{11} a_i x_i = \tau$$

Las estrategias indicadas anteriormente para ambos sitios, son las que maximizan las "ganancias" del hombre, es decir, son las acciones que mayormente afectarían a la naturaleza.

Para el Sitio No. 1, existe una estrategia mixta, que maximiza las ganancias del hombre, donde las acciones de mayor afectación ambiental se reportan a continuación, en orden jerárquico o de importancia:

Factor de Campo	Importancia
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	0.6837607
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	0.1636142
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	0.1526251

Estos valores son los que maximizan la afectación ambiental para el sitio No. 1.

Para el Sitio No. 2, también existe una estrategia mixta, con las siguientes acciones del hombre en orden de importancia en cuanto a la afectación del ambiente:

Factor de Campo	Importancia
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	0.4004797
INCIDENCIA DE VIENTOS	0.3597122
PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO	0.2398081

Estos valores son los maximizan la afectación ambiental para el sitio No. 2.

4.3.2 Estrategias del Entorno.

La solución a todo problema de programación lineal, contiene dentro de la misma, una solución al problema "dual"; que para este caso representan las estrategias del entorno para el juego en cuestión, las cuales se presentan a continuación, tanto para el Sitio No. 1 como para el Sitio No. 2:

ACCIONES DEL ENTORNO	SITIO No. 1	SITIO No. 2
Aire	- 0.2735043	0
Agua	- 0.1709402	- 0.1223022
Suelo	0	0
Bienestar	0	- 0.3597122
Salud	0.06837607	0.1079137

Como el problema primal tiene restricciones de igualdad las variables duales no están restringidas en cuanto al signo, por lo que la magnitud del impacto en los elementos de la naturaleza estará definida por su valor absoluto.

De lo anterior puede verse que se cumple con la función objetivo del dual, la cual al desarrollarse con los valores de las variables duales, se obtiene el mismo valor del juego tanto para el

Sitio No. 1 como para el Sitio No. 2, encontrado con el primal.

Las estrategias indicadas anteriormente para ambos sitios son los que minimizan las "pérdidas" del entorno; es decir, son los elementos del entorno afectados por las acciones del hombre, que minimizan en forma global, la afectación ambiental por el efecto alterador del hombre.

Para el Sitio No. 1 se deberá cuidar al Aire, Agua y Salud en este orden de importancia, pudiendo despreciarse al Suelo y al Bienestar.

Para el sitio No. 2, se deberá poner especial cuidado en el Bienestar, en segundo término al Agua, en tercero a la Salud, pudiendo despreciarse al Aire y al Suelo.

4.3.3 Selección del Mejor Sitio.

La definición del sitio más idóneo para establecer el relleno sanitario, se hace comparando los valores del juego obtenidos para ambos sitios, eligiendo aquel cuyo valor sea menor, o sea aquel sitio que involucre una menor ganancia para las acciones alteradoras del hombre hacia el entorno.

De acuerdo con lo anterior, de los dos sitios hipotéticos empleados para el análisis, se optaría por establecer el relleno sanitario en el clasificado como No. 1.

4.3.4 Comentarios Finales.

- Un método más sencillo de aplicar e implementar, sin tener que desarrollar toda la estructura metodológica que involucra la aplicación de un método de solución de problemas de programación lineal: Es aquel en donde tan sólo se requiere, obtener las sumatorias de los renglones de la matriz de pagos, para después obtener la suma global de los resultados de tales sumatorias; con lo cual se hallará una sola sifra, que debe interpretarse como el valor de la afectación ambiental del sitio analizado. De la misma manera, este procedimiento se aplicará a los demás sitios, con el fin de comparar su "Valor de Afectación Ambiental" o valor del juego en cuestión; para elegir aquel sitio cuyo valor de afectación, sea mínimo.

Efectuando lo antes descrito se tiene:

SITIO	VALOR DE AFECTACION AMBIENTAL	JERARQUIA
No. 1	2.8531	1ra. OPCION
No. 2	5.8530	2da. OPCION

Observando la tabla anterior, se concluye que el sitio No. 1, es el más favorable para la implantación del relleno sanitario, ya que el valor de su afectación ambiental, es menor que para el sitio No. 2.

- La metodología descrita en este trabajo, además de que permite seleccionar el mejor sitio para un relleno sanitario de entre varios propuestos; proporciona elementos para lograr una adecuada toma de decisiones en el control de la afectación ambiental del sitio elegido, ya que precisa aquellos elementos del entorno a los que se les debe poner más cuidado, así como las acciones alteradoras del hombre que pueden impactar al entorno con mayor grado, de manera que puedan tomarse medidas preventivas o correctivas, según sea el caso.

- El establecimiento de funciones de sensibilidad reduce la subjetividad en la asignación de calificaciones del efecto que tiene cada factor de campo sobre los elementos del ambiente. No obstante existe cierta subjetividad en la formación de la matriz de "contribuciones proporcionales", que puede reducirse, si se desarrollan ciertas funciones de sensibilidad y se establecen convenientemente sus límites para la formación de dicha matriz.

- En la aplicación del método, la información necesaria puede obtenerse fácil y económicamente, mediante ciertos análisis rutinarios de suelos e inspecciones de campo.

- El método es lo suficientemente flexible, que permite modificar tanto los elementos del ambiente como los factores de campo de acuerdo a condiciones especiales y al criterio del analista.

- La teoría de juegos es una herramienta muy poderosa que debe ser utilizada en el tratamiento de problemas de Impacto ambiental.

- La forma en que se planteó el problema de programación lineal para resolver el juego con el método simplex, asegura la obtención de las estratégias óptimas para ambos jugadores. Esto es importante mencionarlo, ya que existen otras formas para el planteamiento del análisis, con las cuales no necesariamente se encuentran las estratégias óptimas.

BIBLIOGRAFIA

- Sánchez G. J. "Evaluación de Impactos Ambientales en los Proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales". Trabajo de Grado. Máxico 1979.

- Guillen F. J. "Estrategia y Programación" Dirección de Estudios Hacendarios. S.H.C.P. México 1964.

- S. Vajda "Introducción a la Programación Lineal y a la Teoría de los Juegos". EUDEBA. Argentina 1972.

- Pospielov D.A. "Teoría de Juegos y Autómatas" Siglo XXI Editores, S.A. México 1969.

- Caffery P., David M., Ham K.R., "Evaluation of Environmental Impact of Landfills" Journal of the Environmental Engineering Division. ASCE. Feb. 1975.

- SEDUE. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. "Proyecto Tipo de Relleno Sanitario". México 1985.

A N E X O S

Descripción de los criterios considerados para la definición de los factores de campo, más comunmente empleados para identificar y evaluar sitios propuestos para la ubicación de rellenos sanitarios.

a) VIDA UTIL DEL SITIO

El predio, deberá contar con una superficie tal, que habiendo definido las cotas de piso terminado final del relleno sanitario; la oferta volumétrica asegure la operación del mismo, por lo menos durante cinco años.

b) MATERIAL PARA LA COBERTURA DE LOS RESIDUOS

Se buscará en la medida de lo posible, que el sitio cuente con suficiente material para la cobertura de los residuos sólidos, durante todo el período que estará en operación el relleno sanitario. En caso dado que no se cuente con material de cubierta dentro del sitio, se deberá identificar posibles bancos de prestamo de material de cobertura, lo más cercano al sitio en cuestión.

c) ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO

En lo posible, se tratará de encontrar un sitio que requiera lo menos posible de obras de adecuación y acondicionamiento, antes de que inicie la operación del relleno sanitario; ya que entre más trabajos de este tipo se requieran, mayor será el costo de inversión de dicha obra de ingeniería.

d) CERCANIA Y VIAS DE ACCESO

Tanto la distancia como las condiciones del acceso al sitio elegido para alojar un relleno sanitario, inciden directamente

sobre los costos de operación de cualquier sistema de manejo y disposición final de residuos sólidos; amén de disminuir la cobertura del servicio y dañar los elementos mecánicos de los vehículos recolectores. Por tal razón, siempre se buscará que el sitio en cuestión se halle no muy alejado de la mancha urbana, y bién comunicado con ella, con algún camino que sea transitable en todo tiempo.

e) INCIDENCIA DE VIENTOS

El sitio deberá estar ubicado, de manera tal que los vientos dominantes incidan en sentido contrario a la mancha urbana, con el fin de eliminar la posibilidad de inundar la localidad con malos olores generados en el sitio de disposición final de los residuos, debido a una mala operación del relleno sanitario.

f) VISIBILIDAD DEL SITIO

Aunque no es un factor de mucho peso, no se dejará pasar inadvertidamente el hecho de que por los problemas de queja pública que pueden surgir entre la ciudadania; es mejor contar con un sitio oculto, que con uno que se halle a la vista de todos.

g) UBICACION CON RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Para evitar que por medio de escurrimientos superficiales o

DIRECTORIO DE ALUMNOS DEL CURSO
TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES
DEL 9 AL 13 DE NOVIEMBRE DE 1992.

1 SALVADOR ACEVEDO MARQUEZ
PROFESOR ASOCIADO "C"
ESC. NAL. DE ESTUDIOS PROF. "ACATLAN"
CAMINO A SAN JUAN TOYOLTEPEC Y AV.
ALCANFORES S/N.
COL. SANTA CRUZ, ACATLAN
DELG. NAUCALPAN DE JUAREZ
EDO. MEXICO
TEL. 623-17-68

2 JORGE AROCHE SANCHEZ
PORCESA, INGENIERIA Y ECOLOGIA, S.A.
RANCHO SECO #127, FRACC. STA. CECILIA
DELEG. COYOACAN

3 FERNANDO CERON CRUZ
D.G.C.O.H.
DIR. GRAL. DE CONSTRUCCION Y OPERACION
HIDRAULICA

PATRICIA LEDESMA GARCIA
JEFE DE OFICINA DE PROYECTOS EXTERNOS
DE DRENAJE, DIR. GRAL. DE CONST. Y
OPERACION HIDRAULICA
VIADUCTO MIGUEL ALEMAN #507
COL. GRANJAS MEXICO
DELG. IZTACALCO
TEL. 650-38-64

5 RAFAEL LORENZO PIÑON
ACUARIO CONTRATISTA, S.A.
SUPERVISOR
RIO TEPALCATEPEC # 70

6 ALFONSO NARANJO RAMOS
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

7 ROBERTO PATIÑO TOVAR
SUPERVISOR DE OBRAS
GRUPO INDUSTRIAL ALLOP DE PUEBLA, S.A.
19 SUR 1104-1 CENTRO
TEL. 32-79-41

8 MARIO A. QUINO MORENO
COORDINADOR DE CONSERVACION
UNIDAD 1
C.F.E.
CENTRAL LAGUNA VERDE
CARRETERA CARDEL-NAVILA
Km. 14.5 LAGUNA VERDE
VERACRUZ

9 MINERVA REBOLLAR PLATA
PROFESOR INVESTIGADOR
I.P.N. (PIMADI)
U. PROFESIONAL ZACATENCO
AV. JUAN DE DIOS BATIZ S/N.
EDIFICIO 12 PLANTA BAJA