



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

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS DE LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del Jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo del 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el período de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores - expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

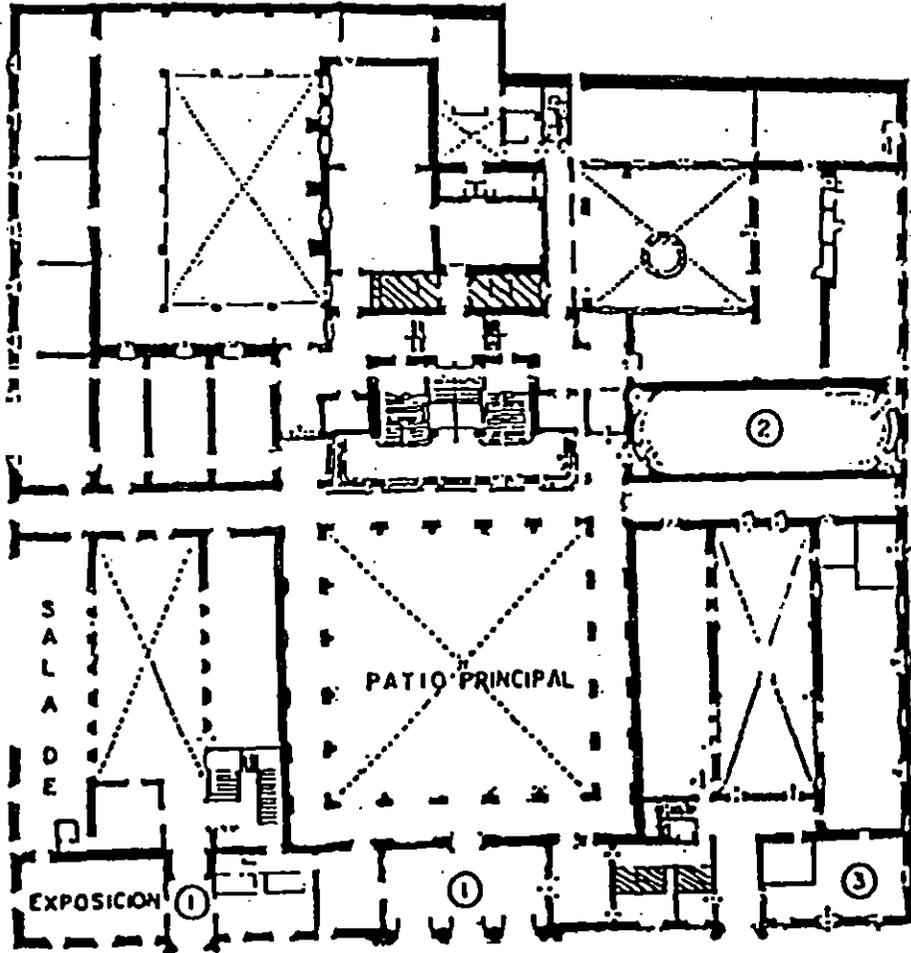
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

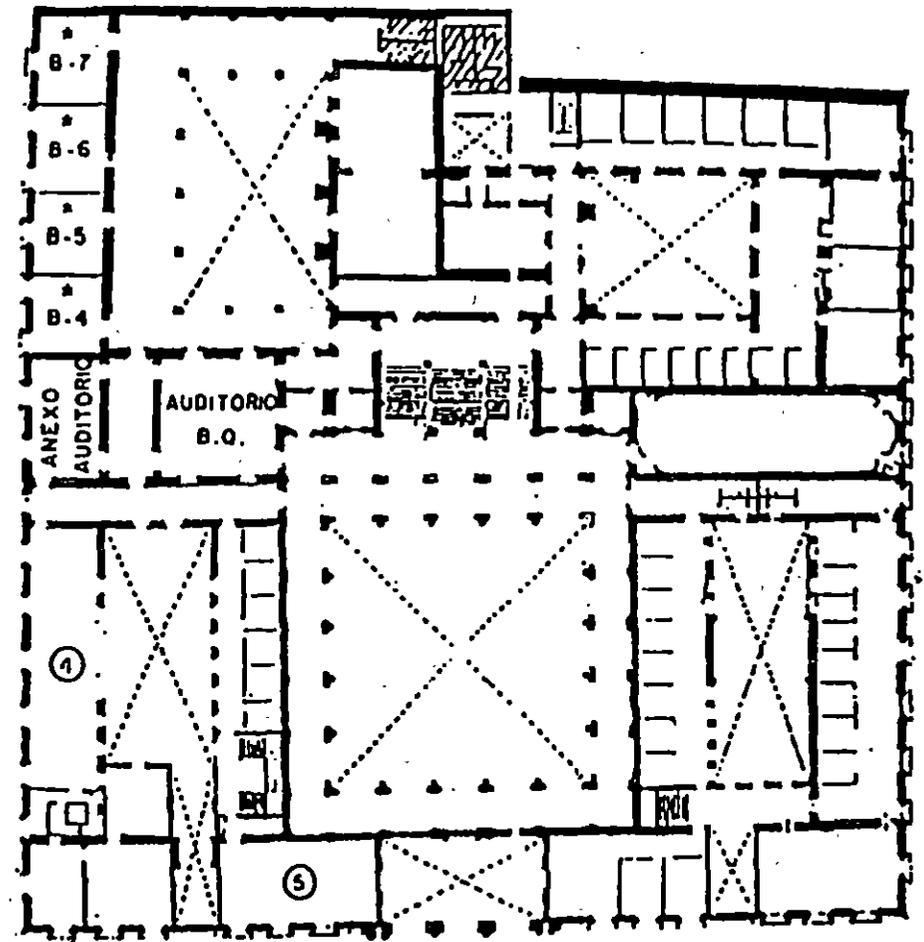
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

¡ GRACIAS !

PALACIO DE MINERIA



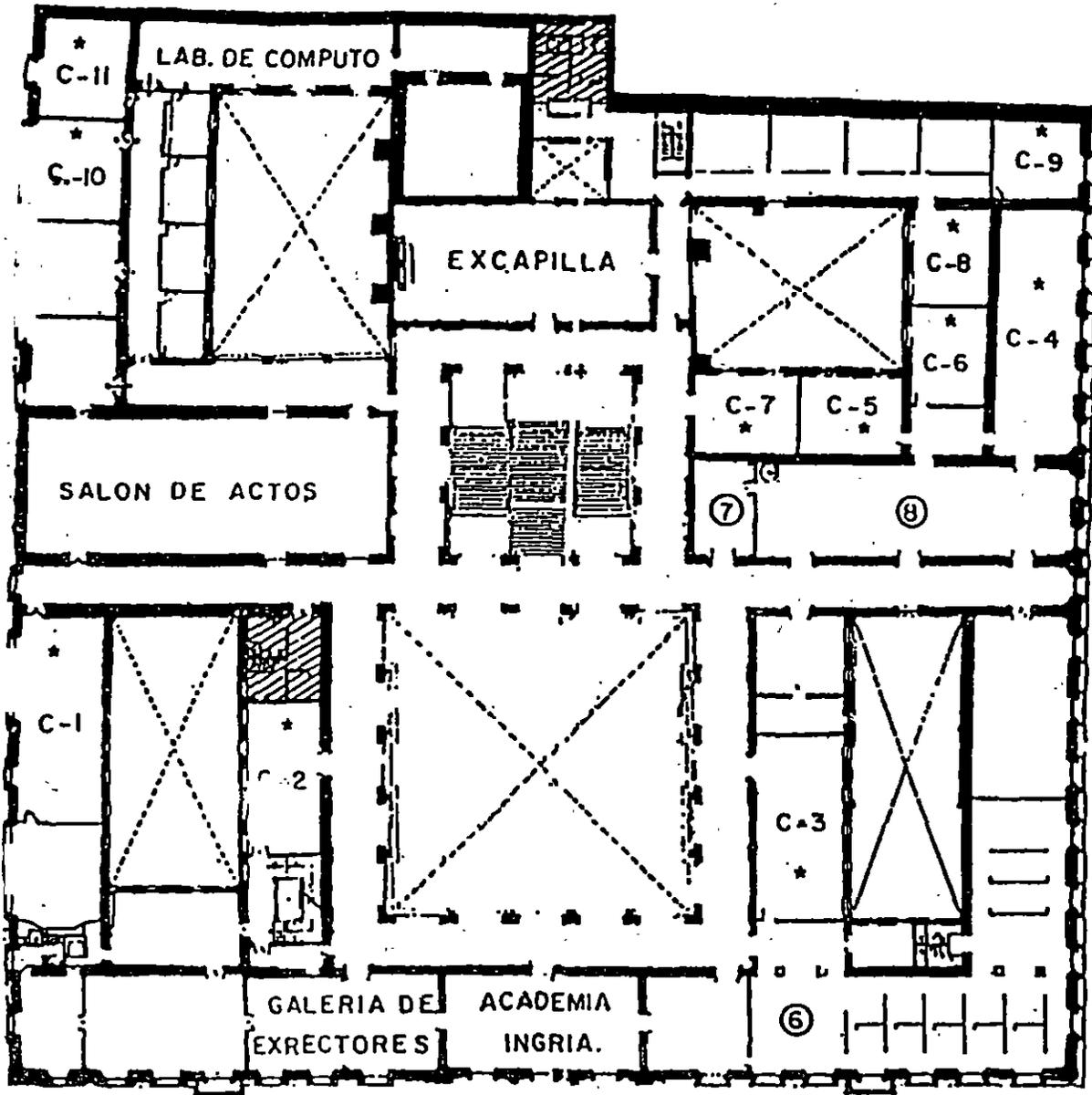
PLANTA BAJA



MEZZANINNE



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



GUIA DE LOCALIZACION

- 1 - ACCESO
- 2 - BIBLIOTECA HISTORICA
- 3 - LIBRERIA UNAM
- 4 - CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION "ING. BRUNO MASCANZONI"
- 5 - PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACION
- 6 - AULAS
- 6 - OFICINAS GENERALES
- 7 - ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA.
- 8 - SALA DE DESCANSO
- ▨ SANITARIOS

1er. PISO

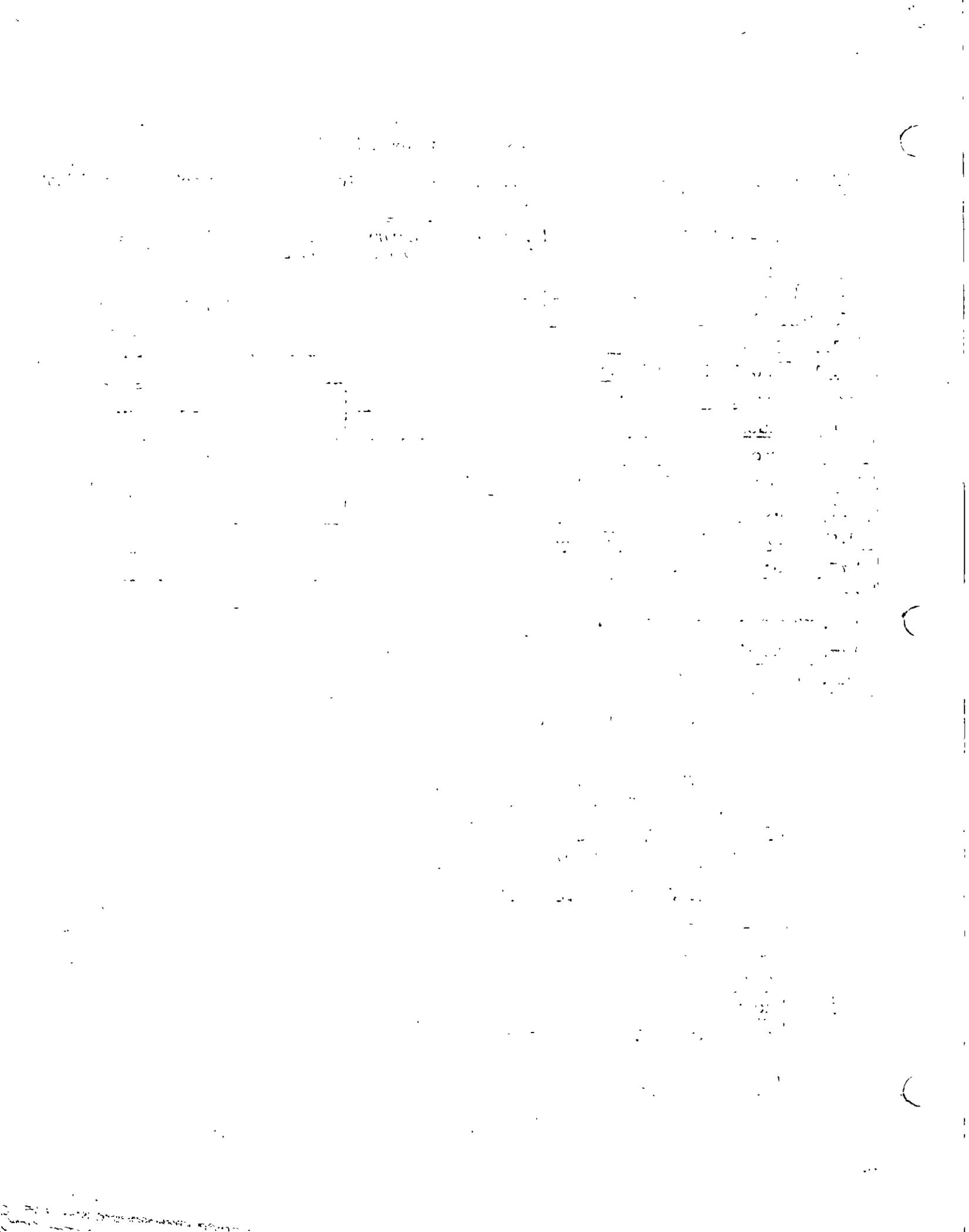
**MODULO III PROCESOS DE TRATAMIENTO PARA EL CONTROL
DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES Y PELIGROSOS
DEL 10 AL 14 DE JULIO**

Lunes 10

9:00-9:30	Inscripción.	
9:30-10:00	Inauguración	Ing. Jorge Sánchez y Dr. Alberto Moreno
10:00-11:00	Objetivos del tratamiento y el Control de los R.S.M. y Peligrosos	Ing. Jorge Sánchez
11:00-11:15	Receso.	
11:15-12:15	Estrategias para el Tratamiento y Control de los R.S.M. y Peligrosos	Ing. Jorge Sánchez
12:15-14:00	Mínimización de los Residuos	Ing. Efraín Rosales
14:00-16:00	Comida.	
16:00-17:30	Tratamiento de Residuos Industriales no Peligrosos	Ing. Jorge Sánchez
17:30-17:45	Receso	
17:45-19:00	Industrialización de Residuos no Peligrosos	INARE.

Martes 11

9:00-10:00	Procesos Biológicos de Tratamiento de Residuos Sólidos Municipales	Dr. Mariano Gutiérrez Rojas.
10:00-11:00	Principios Básicos de la Bioconversión (compostaje)	Dr. Mariano Gutiérrez Rojas.
11:00-11:15	Receso.	
11:15-12:15	Control de Procesos de Bioconversión (compostaje)	Dr. Mariano Gutiérrez Rojas.
12:15-14:00	Instalaciones para Procesos de Bioconversión	Ing. Víctor Flores Valenzuela.
14:00-16:00	Comida	
16:00-17:00	Equipamiento para Plantas de Compostaje	Claude Cauri
17:00-19:00	Experiencias Operativas de una Planta de Compostaje	Ing. Arturo Dávila.



EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO: MOD: III: Procesos de tratamiento para el control de Residuos Solidos, Municipales y Peligrosos.
 FECHA: Del 10 al 14 de julio de 1995.

CONFERENCISTA	DOMINIO DEL TEMA	USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	COMUNICACION CON EL ASISTENTE	PUNTUALIDAD
Dr. Javier Cruz Gómez				
Ing, Carlos Rosas Flores				
M.I. Patricia Domínguez Taylor				

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

ORGANIZACION Y DESARROLO DEL CURSO	
GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL CURSO	
ACTUALIZACION DEL CURSO	
APLICACION PRACTICA DEL CURSO	

EVALUACION DEL CURSO

CONCEPTO	CALIF.	
CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO		
CONTINUIDAD EN LOS TEMAS		
CALIDAD DEL MATERIAL DIDACTICO UTILIZADO		
	<table border="1" style="width: 50px; height: 20px; margin: auto;"> <tr><td> </td></tr> </table>	

LSCALA DE EVALUACION: 1 A 10

1.- ¿LE AGRADO SU ESTANCIA EN LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA?

SI	NO
----	----

SI INDICA QUE "NO" DIGA PORQUE.

2.- MEDIO A TRAVES DEL CUAL SE ENTERO DEL CURSO:

PERIODICO EXCELSIOR		FOLLETO ANUAL		GACETA UNAM		OTRO MEDIO	
PERIODICO EL UNIVERSAL		FOLLETO DEL CURSO		REVISTAS TECNICAS			

3.- ¿QUE CAMBIOS SUGERIRIA AL CURSO PARA MEJORARLO?

4.- ¿RECOMENDARIA EL CURSO A OTRA(S) PERSONA(S)?

SI		NO	
----	--	----	--

5.- ¿QUE CURSOS LE SERVIRIA QUE PROGRAMARA LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA.

6.- OTRAS SUGERENCIAS:



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS
MODULO III: PROCESOS DE TRATAMIENTO PARA EL CONTROL
DE RESIDUOS SOLIDOS, MUNICIPALES Y PELIGROSOS**

**PROCESOS BIOLÓGICOS PARA EL TRATAMIENTO DE
RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

**DR. MARIANO GUTIERREZ ROJAS
ING. ERNESTO FAVELA TORRES**

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. APDO. Postal M-2285
Teléfonos: 512-8955 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 512-5121 521-4020 AL 26

PROCESOS BIOLÓGICOS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES*

por

Mariano Gutiérrez Rojas y Ernesto Favela Torres

Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Av. Michoacán y Purísima. México, D.F. C.P. 09340, Tel. 724.49.99; FAX: 724.47.12, MÉXICO

CONTENIDO	página
1. Introducción. El problema y algunas definiciones	2
2. Procesos biológicos para el tratamiento de residuos sólidos municipales.	
2.1 Tratamiento aerobio (Composteo)	5
2.2 Digestión anaerobia	6
2.3 Conversión a proteínas	6
2.4 Fermentación	6
3. Principios básicos de la bioconversión	7
4. Control del proceso de bioconversión	9
4.1 Aspectos prácticos	9
4.1 Aspectos cuantitativos	10
5. Referencias bibliográficas	12

Julio 1995

*Notas para el curso: Procesos de tratamiento para el control de residuos sólidos municipales y peligrosos. (Módulo III del DIPLOMADO: Sistemas de Control de Residuos Sólidos y Peligrosos). Facultad de Ingeniería-UNAM 10-14 de julio 1995, Palacio de Minería México, D.F.

1. Introducción. El problema y algunas definiciones.

La acumulación de residuos orgánicos de origen municipal en las grandes urbes constituye uno de los problemas mas severos y de difícil solución. En la ciudad de México las cantidades de materia orgánica que deben tratarse superan las 4000 ton cada día y la capacidad instalada para estos fines es prácticamente nula. Los problemas sanitarios y el franco deterioro del ambiente que esto implica justifican la búsqueda de soluciones drásticas y complejas que cada día resultan inaplazables.

- El término **RESIDUOS SÓLIDOS** comprende a todos los residuos originados en cualquier actividad humana o animal que, bajo condiciones normales, se presentan en fase sólida y que usualmente se desechan por indeseables y/o por que no tienen un uso inmediato. El término, como se emplea en estas notas, contempla a toda aquella masa heterogénea proveniente de cualquier actividad industrial, incluyendo a materiales homogéneos originados por una actividad industrial bien definida.

Las actividades asociadas al manejo de residuos sólidos desde la generación hasta la disposición final, pueden agruparse en seis elementos funcionales (ver figura 1). La identificación de cada elemento funcional permitirá, en la mayoría de los casos, identificar los aspectos fundamentales y las relaciones que guardan entre sí cada uno de los elementos y poder desarrollar, siempre que esto sea posible, un conjunto de relaciones cuantificables que permitan hacer comparaciones desde el punto de vista de la ingeniería y de los costos. Los elementos funcionales son:

Generación de residuos. Comprende aquellas actividades en las que los materiales se identifican como sin valor y de desecho. Desde un punto de vista económico, éste es el mejor lugar para buscar materiales recuperables.

Almacenamiento. Se refiere a aquellas actividades relacionadas con el manejo *in situ* de los residuos sólidos en o cerca del punto en donde se generaron. Este elemento funcional es muy importante por que implica conceptos de salud pública, contaminación, economía y hasta estética.

Separación de residuos. En esta etapa los residuos sólidos se clasifican para su transferencia y/o transporte o bien para rescatar algún valor de ellos o hasta procesarse.

Transferencia y transporte. Este elemento funcional implica dos etapas: (i) la transferencia de residuos de confinamientos temporales o vehículos pequeños a otros de mayor capacidad, y (ii) el transporte subsecuente, usualmente largas distancias hasta los sitios de disposición final.

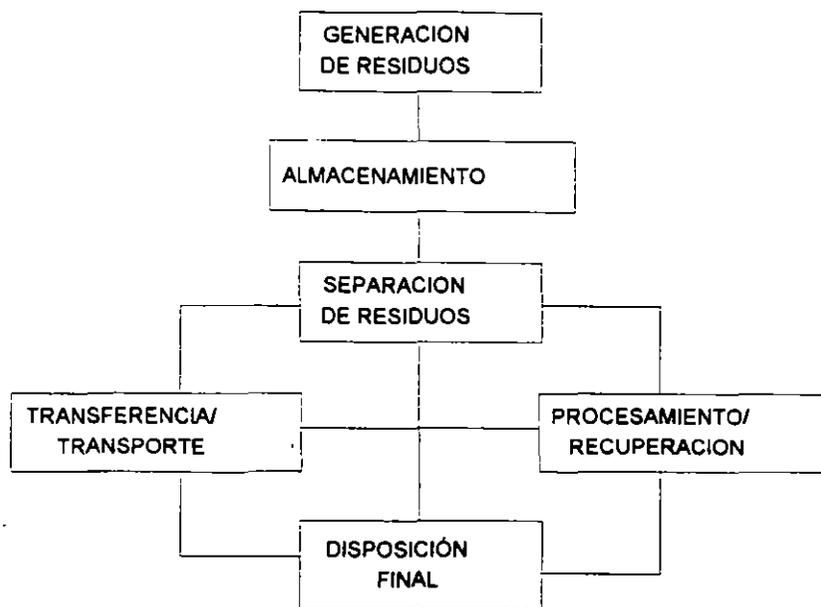


Figura 1. Elementos funcionales del manejo de residuos sólidos.

Procesamiento y recuperación. En este elemento funcional se incluyen todas las técnicas, equipos e instalaciones necesaria para mejorar la eficiencia de los otros elementos funcionales y la recuperación de aquellos materiales de reuso, materiales transformados de un mayor valor agregado o energía obtenida de los residuos sólidos.

Disposición final. Entendido como el destino final de los residuos, este elemento funcional comprende: aquellos sólidos o semisólidos, residuos de incineración, composta, o cualquier otra sustancia colectada o transportada directamente a rellenos sanitarios o a confinamientos industriales.

Uno de los elementos funcionales más costosos es la separación de residuos. En 1990 en Estados Unidos el 50 % del costo total anual del manejo de sólidos urbanos se derivó de este elemento (ver Tabla I).

Tabla I. Estimación de costos de la separación de residuos y disposición final

ELEMENTO FUNCIONAL	ton/año (millones)	Costo unitario \$ USD/ton	Costo total (\$ USD millones)
SEPARACIÓN DE RESIDUOS	190	50	9.500
RECIRCULACIÓN DE RESIDUOS	24	100	2.400
DISPOSICIÓN FINAL	166	40	6.640
TOTAL	166		18.540

Una clasificación de los residuos sólidos no es sencilla, sin embargo, desde un punto de vista, práctico se puede decir que se conocen dos tipos de residuos sólidos: (i) los residuos convencionales y (ii) los residuos peligrosos. Los primeros son casi siempre de origen urbano y agrícola, mientras que los segundos se originan en ramo industrial. Son residuos peligrosos todos aquellos que presentan algún peligro sustancial inmediatamente o después de un cierto tiempo a los seres vivos y que poseen al menos una de las siguientes características: a. inflamable, b. corrosivo, c. reactivo o d. tóxico (ver Tabla II).

Tabla II. Clasificación de residuos sólidos

RESIDUOS CONVENCIONALES	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alimentarios: De origen animal, vegetal, etc. (biodegradables) 2. Sólidos combustibles y no combustibles: Plástico, papel, vidrio, metal 3. Cenizas y remanentes de combustión. 4. Demolición y construcción 5. Especiales. 6. Originados en las plantas de tratamiento de residuos. 7. Agrícola.
RESIDUOS TÓXICOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Radioactivos. 2. Químicos. 3. Biológicos. 4. Inflamables. 5. Explosivos.

Entre las alternativas de tratamiento y manejo de residuos sólidos que se han llevado a la práctica, están la incineración, el enterramiento y el composteo. En México sólo se aplica el enterramiento ya que la incineración incide excesivamente en la contaminación de la atmósfera y los problemas técnicos del composteo (fundamentalmente el control del proceso y la calidad del producto final) no se han superado satisfactoriamente. Es importante mencionar que la mejor alternativa de solución es aquella en la que se disminuyen o eliminan los posibles contaminantes, en otras palabras:

EL TRATAMIENTO MÁS BARATO DE RESIDUOS ES AQUEL QUE NO SE TIENE QUE REALIZAR.

2. Procesos biológicos para el tratamiento de residuos sólidos municipales.

Los procesos de transformación biológica de los residuos sólidos comprenden aquellos relacionados con la obtención de productos tales como metano, composta, alcohol y algunos ácidos orgánicos. Es decir, compuestos de un mayor valor agregado en donde se aprovecha la actividad de seres vivos para la transformación. En la Tabla III, se presenta un resumen de las alternativas biológicas conocidas.

TABLA III. Procesos Biológicos para la transformación de residuos sólidos

PROCESO BIOLÓGICO	PRODUCTO FINAL	PRETRATAMIENTO REQUERIDO	COMENTARIOS
COMPOSTEO	Material inerte: Humus	Trituración y separación neumática	Mercado incipiente del producto final. Actualmente en escala comercial
DIGESTIÓN ANAEROBIA	Gas Metano	Trituración y separación neumática	Tecnología en escala piloto.
CONVERSIÓN A PROTEÍNAS	Proteínas, Alcohol	Trituración y separación neumática	Tecnología en escala piloto.
FERMENTACIÓN	Glucosa, furfural	Trituración y separación neumática	Se utiliza acoplado al proceso de hidrólisis

2.1 Tratamiento aerobio (Composteo)

El composteo es un proceso de transformación aerobia en fase sólida en el que se aprovecha el fenómeno de "autocalentamiento" (Hogan, et al 1989) de las diferentes poblaciones microbianas nativas que se suceden para la biodegradación total o parcial de la materia orgánica. El principal objetivo del composteo es el de estabilizar y secar los residuos hasta transformarlos en materiales aceptables desde un punto de vista ambiental y sanitario. Entre las aplicaciones de los residuos tratados se distinguen:

a) las tradicionales i.e. la formación de suelos estables y b) las no convencionales tales como la obtención de sustratos para la producción de hongos comestibles (Derikx et al 1990), la producción de biofertilizantes y la biorremediación de suelos contaminados y/o agotados, entre otros.

El proceso incluye operaciones tales como: el pesaje de residuos, transporte, clasificación, trituración, fermentación, calibración y la disposición final de la composta. Los residuos triturados y seleccionados se disponen en áreas especiales, al abrigo de la lluvia, en donde se realiza la transformación aerobia o composteo propiamente dicho.

2.2 Digestión anaerobia.

La digestión anaerobia es un proceso de transformación en el que se seleccionan poblaciones de bacterias especializadas que estabilizan los residuos. El objetivo final de la digestión anaerobia es llevar a los residuos sólidos hasta metano y bióxido de carbono. Esta transformación la realizan tres grupos de bacterias en tres etapas distintas: un grupo es el responsable de realizar la hidrólisis de los polímeros orgánicos contenidos en los residuos, la segunda etapa la realizan bacterias que transforman hasta ácidos orgánicos y, finalmente, otras bacterias producen metano y bióxido de carbono.

2.3 Conversión a proteínas.

En este proceso se aprovechan los azúcares solubles contenidos en los residuos sólidos, para que microorganismos, generalmente inoculados de manera exógena, se desarrollan para modificar la composición del medio en el que crecen, para favorecer el enriquecimiento en nitrógeno en forma de proteínas. El objetivo del enriquecimiento en proteínas es generar un producto de un alto valor agregado que pudiera ser útil en la alimentación animal. El proceso consiste en someter a algún pretratamiento el desecho para hacerlo más fácilmente accesible a los microorganismos, seguido de una inoculación masiva de cultivos de microorganismos. Después de un proceso controlado de incubación (entre 3 y 5 días) los nutrientes se agotan y el proceso finaliza. En este caso la separación de las proteínas, dependiendo de la aplicación final, generalmente no es necesaria.

2.4 Fermentación

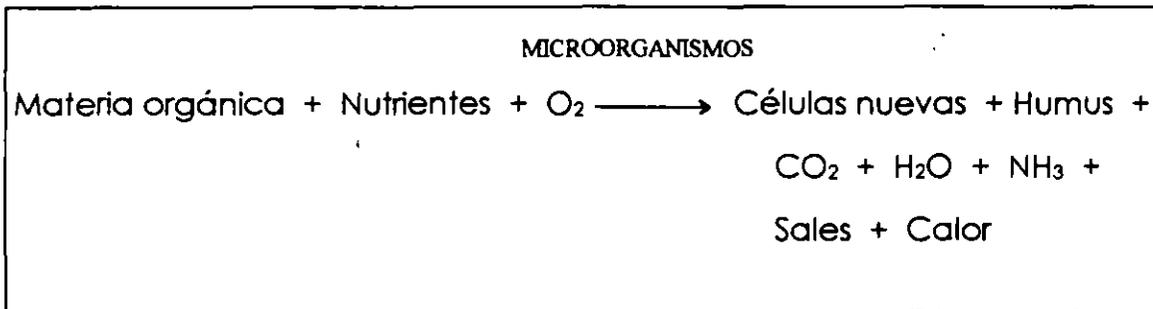
Los residuos sólidos que son susceptibles de fermentarse son aquellos, como en el caso anterior, que contienen cantidades importantes de azúcares reductores solubles. Los

microorganismos que se utilizan para una fermentación son específicos, por ejemplo para la formación de un producto preestablecido. En este caso el principal objetivo es generar productos de un mayor valor agregado. El proceso es básicamente el mismo que se describe en el punto anterior, la diferencia primordial radica en que el producto final que se genera, en la mayoría de los casos, requiere de una separación y eventualmente de una purificación.

En tanto que el proceso de producción de composta se reconoce como una de las alternativas de mayor viabilidad técnica por su aplicación y operación comprobada a niveles industriales, a continuación se detallan los aspectos técnicos más relevantes del mismo.

3. Principios básicos del composteo.

En el composteo se aprovecha el nivel de reducción de los compuestos orgánicos a tratar y se llevan, vía microbiana, hasta su mas alto nivel de oxidación. En este caso se emplean todo género de desechos orgánicos biodegradables para convertirlos en *humus*. De manera esquemática el proceso se puede describir como una reacción química:



En la Figura 2 se presenta un esquema que contiene los fundamentos de este proceso, en donde destaca la complejidad del mismo.

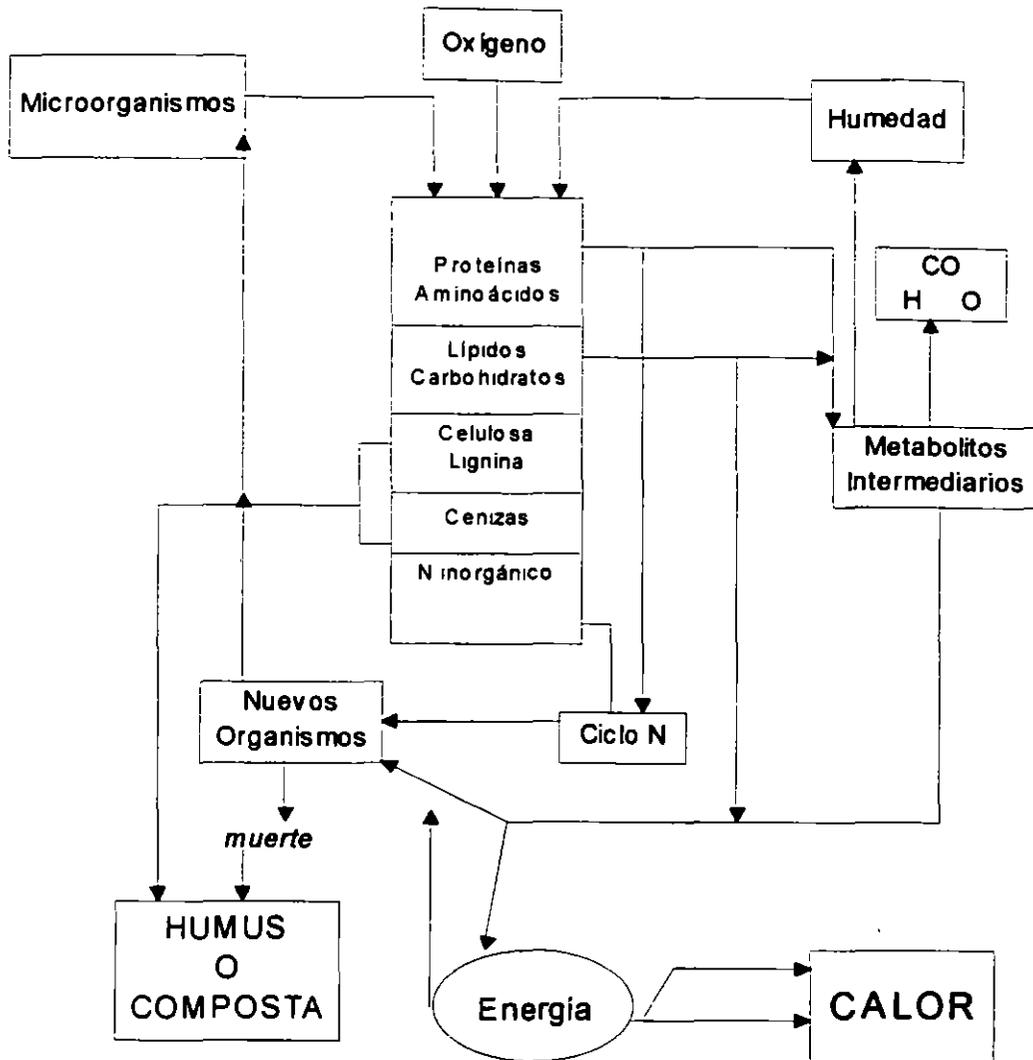


Figura 2. Principios fundamentales del proceso de composteo

Durante el proceso se distinguen varias etapas, ver Figura 3, en el que se desarrollan poblaciones microbianas nativas de manera sucesiva de acuerdo a las condiciones ambientales imperantes y a la disponibilidad de nutrientes. Durante este proceso la temperatura se eleva hasta más de 60°C y el pH evoluciona desde 4-5 hasta 8-8.5, permitiendo que poblaciones mesofílicas sean desplazadas por las termofílicas y estas últimas sean desplazadas por actinomicetos y otros degradadores de celulosa y lignina.

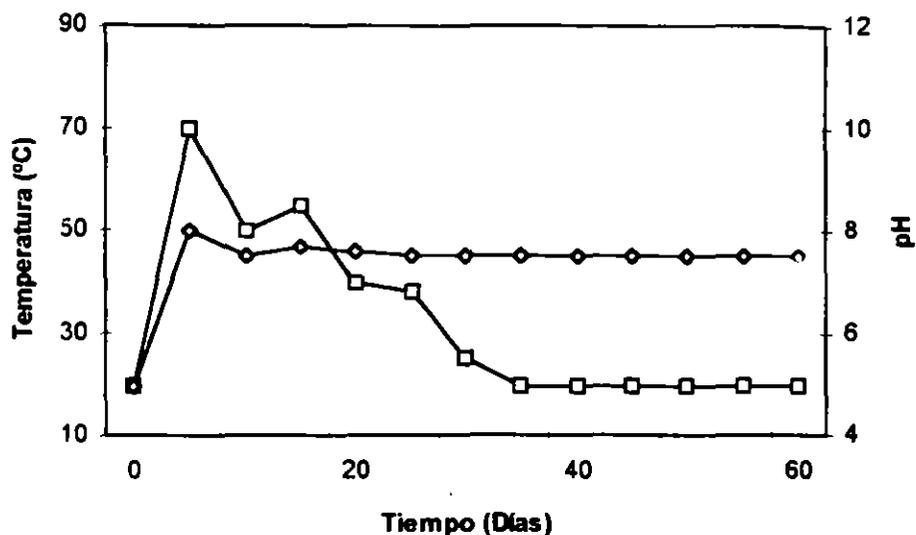


Figura 3. Evolución de la temperatura y pH durante el proceso de composteo.

Una vez que el producto final ha cumplido con las normas de calidad (calibración de la composta), puede utilizarse como abono orgánico directamente al suelo. Sin embargo, se vislumbran múltiples aplicaciones para la recuperación de las inversiones que se requieren con esta alternativa. Entre la aplicaciones potenciales se pueden mencionar: la producción de hongos comestibles y la producción de reguladores del crecimiento de plantas.

4. Control del proceso de bioconversión

Entre los factores que determinan el éxito del proceso de composteo destacan: a) la cantidad y calidad de las diferentes poblaciones microbianas, b) La cantidad y el origen del calor metabólico que se genera y c) la calidad del producto final del composteo. El control del proceso requiere de la atención especial de variables tales como la humedad del material en proceso, la temperatura, el pH y la composición de los materiales.

4.1 Aspectos prácticos

A continuación se enlistan las principales ventajas del composteo:

1. Degrada completamente los residuos orgánicos de origen doméstico
2. Destruye los organismos patógenos contenidos en los residuos.
3. Produce un mejorador de suelos con un cierto valor agregado.
4. Potencialmente puede generar productos de un alto valor agregado.

5. Reduce a un mínimo la cantidad de residuos sólidos para su disposición final.

Entre las desventajas del composteo, se pueden mencionar las siguientes:

1. La producción de compuestos de alto valor agregado se encuentra en una etapa de desarrollo.
2. Requiere de altas inversiones que deben justificarse plenamente.
3. Dificultades técnicas por el carácter heterogéneo de la masa a fermentar.
4. El mercado de la composta, como tal, no se ha desarrollado en México.
5. El proceso de demanda de superficies de terreno relativamente grandes.

El problema de la aplicación industrial y comercial del composteo, en la práctica, se debe al actual desconocimiento de los fenómenos tanto físicos como microbiológicos y a la cuantificación de las variables implicadas (Finger, et al. 1976), trayendo como consecuencia tiempos de composteo prolongados y una pobre calidad del producto final. Es decir es indispensable cuantificar las variables

4.2 Aspectos cuantitativos

Uno de las principales variables a cuantificar es el VOLUMEN que ocupará un determinado tonelaje de material a compostear. En la Tabla IV se muestran valores típicos de la densidad y la humedad de diferentes residuos sólidos.

TABLA IV. Propiedades físicas de algunos residuos sólidos: residenciales, comerciales e industriales.

RESIDUO	Densidad, kg m ⁻³ Rango	Densidad, kg m ⁻³ Típico	Humedad, % masa Rango	Humedad, % masa Típico
Residencial				
alimentos	130-480	290	50-80	70
plásticos	40-130	65	1-4	2
vidrio	160-480	195	1-4	2
latas de Alimentos	50-160	90	2-4	3
Comercial				
alimentos	475-950	535	50-85	75
madera	110-160	110	10-30	20
Industrial				
lodos químicos	800-1100	1000	75-99	80
cenizas	700-900	800	2-10	4
aceites	100-350	290	10-40	15
textiles	100-220	180	6-15	10
Agrícolas				
frutos	250-750	360	60-90	75
estiércol	900-1050	1000	75-96	94
vegetales	200-700	360	50-80	65

Estas propiedades físicas cambian conforme el proceso evoluciona, por lo que es necesario medir experimentalmente estas variables. Para evaluar en el laboratorio estas variables es indispensable contar con una técnica de muestreo que proporcione muestras representativas del total en proceso. Esto se logra aplicando técnicas estadísticas disponibles en la literatura especializada (ver, por ejemplo Hotinik y Keener, 1993).

Determinación y control de la humedad. Para medir la humedad se utiliza el método gravimétrico en el que una muestra se deshidrata hasta sequedad y la diferencia con el peso de la muestra húmeda, será el agua contenida en la muestra original. Este valor se expresa como un porcentaje del peso inicial. El contenido de humedad debe conservarse siempre entre 45 y 65 %.

Las estrategias de control de humedad dependen mucho del tipo de composteador que se utilice: en el caso de un reactor cerrado en donde se incorpora una corriente de aire húmedo, lo más recomendable es SATURAR el aire que se alimenta; en el caso de una pila la humedad se controla asperjando agua directamente.

Medición y control de la temperatura. Esta variable debe determinarse en diferentes puntos del lecho a compostear y, recomendable, durante todo el proceso ya que la evolución de la temperatura es un reflejo claro del desarrollo del proceso (ver Figura 3). Preferentemente la temperatura se mide con sensores electrónicos (termopares), si esto no es posible un buen termómetro de acero con carátula es suficiente.

El control de la temperatura se puede realizar incorporando aire seco o con movimiento (volteo) de las pilas. Aunque la temperatura del material debe ser alta durante las etapas iniciales (hasta 55-65°C), esta no debe mantenerse alta por períodos prolongados ya que esto favorece la producción de amoníaco.

Medición y control del pH. Esta variable se mide con una suspensión acuosa de la muestra (1 g en 10 ml de agua), utilizando un potenciómetro previamente calibrado. El pH del material a compostear debe mantenerse en valores ligeramente alcalinos (7.5-8.5) y esto se logra con la incorporación de sulfato de calcio o alguna otra sal alcalina, si es que la tendencia del medio es hacia la acidificación.

Determinación de la relación carbono nitrógeno. Esta medición se realiza en dos etapas:

(i) Llevando una muestra seca hasta su destrucción térmica total (aquí toda la materia orgánica se volatiliza) a temperaturas elevadas (400-500°C) y la fracción que no se

pierde son las cenizas de las sales inorgánicas contenidas en el material en proceso. Se considera que un 40 % de la materia orgánica volatilizada es carbono.

(ii) Digiriendo una muestra equivalente a la anterior por el método de Kjeldhal, que consiste en determinar, indirectamente, el nitrógeno inorgánico y orgánico que contiene la muestra.

La relación entre el carbono y el nitrógeno cuantificado produce un valor conocido como C/N. El C/N al principio del proceso debe ser muy elevado (mayor a 30, en ocasiones hasta 300) al final del proceso el C/N debe ser de alrededor de 20.

Maduración de la composta. Una vez que el proceso ha finalizado (el valor de C/N es cercano a 20, la temperatura y el pH ya no cambian) se considera que la composta es estable.

4. Referencias Bibliográficas.

- Derikx, P.J.L., Huub, Camp, J.M., van der Drift, C., van Griensven J.L.D. and Vogels, D.G. 1990. Biomass and biological activity during the production of compost used as a substrate in mushroom cultivation. *Appl. Environ. Microbiol.* 56: 3029-3034.
- Finger, S.M., Hatch, R.T. and Regan, T.M. 1976. Aerobic microbial growth in semisolid matrices: heat and mass transfer limitation. *Biotechnol. Bioeng.* 18: 1193-1218.
- Hogan, J.A., Miller, F.C. and Finstein, M.S. 1989. Physical modeling of the composting ecosystem. *Appl. Environ. Microbiol.* 55: 1080-1092.
- Hoitink, H. A. J. and Keener, H. M. 1993. *Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiological and utilization aspects.* The Ohio State Univ. Press.
- Perry, R. H. and D. Green. 1984. *Perry's Chemical Engineerings' Handbok.* Sixth Ed. Cap. 26. Mc Graw-Hill Ed., New York.
- Tchobanoglous, G., H. Theisen and S. Vigil. 1993. *Integrated Solid Wastes Management: Engineering Principles and Management Issues.* McGraw-Hill, New York.
- Wilson, D.C. 1981. *Waste Management: Planning, Evaluation, Technologies.* Oxford University Press, Oxford.



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

CURSOS ABIERTOS

PROCESOS DE TRATAMIENTO PARA EL CONTROL DE RESIDUOS SOLIDOS PELIGROSOS

**TRATAMIENTOS FISICOS, QUIMICOS Y TERMICOS PARA EL CONTROL
DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES Y PELIGROSOS**

ING. MARGARITA E. GUTIERREZ RUIZ

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg Cuauhtémoc 06000 México, D.F. APDO Postal M-2285
Teléfonos 512-8955 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 512-5121 521-4020 AL 26

Asociación Mexicana para el Control de Residuos Sólidos y Peligrosos

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y
PELIGROSOS.**

MÓDULO III

**TRATAMIENTOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y TÉRMICOS PARA EL CONTROL DE
RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES Y PELIGROSOS**

**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA, FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Margarita Eugenia Gutiérrez Ruiz

con el apoyo de:

Patricia Dominguez Taylor

Carlos Rosas Flores

Irene Sommer Cervantes

**Laboratorio de Análisis del Ambiente, IGG
Universidad Nacional Autónoma de México**

CONTENIDO

1. ANTECEDENTES	4
1.1. generalidades sobre la problemática de la contaminación	4
1.1.1 <i>origen de la contaminación</i>	4
1.1.2 <i>generación de residuos</i>	6
1.1.3 <i>manejo actual de los residuos</i>	7
1.2. naturaleza química de los residuos	10
1.2.1 <i>aspectos termodinámicos</i>	10
1.2.2 <i>aspectos del enlace químico</i>	12
1.2.3 <i>reacciones de hidratación e hidrólisis</i>	18
1.2.4 <i>reacciones ácido-base y oxido-reducción</i>	21
1.3. disponibilidad de los contaminantes en el ambiente	21
2. ALTERNATIVA DE MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	28
2.1 establecimiento de un programa ambiental integral	28
2.2 estrategia de manejo y disposición de residuos	29
2.2.1 <i>principios fundamentales</i>	29
2.2.2 <i>caracterización y clasificación de los residuos</i>	30
moleculares	32
redes covalentes y polímeros	32
compuestos iónicos	33
metales	33
compuestos de coordinación	33
2.2.3 <i>estabilización termodinámica</i>	36
2.2.4 <i>tratamientos térmicos (alta temperatura)</i>	36
pirólisis	36
fundamentos teóricos de la pirólisis	36
reacciones y parámetros del proceso de pirólisis	37
parámetros que influyen en el rendimiento de la pirólisis	38
tipos de residuos	39
tipos de sistemas de pirólisis	39
avances actuales en la aplicación de la pirólisis la cogeneración	41
incineración	45
información básica	46
principales variables para el control de la incineración	48
tecnologías aplicables para los sistemas de incineración	49
emisiones de los sistemas de incineración	51
ventajas y limitaciones de la incineración	53
tratamiento térmico por infrarrojo	53
vitrificación	54
2.2.5 <i>tratamientos físicos y químicos</i>	54
oxidación con aire húmedo (wet air oxidation)	54
extracción química	54
tratamiento químico in situ	55
lavado de suelos	55
reflujo de los suelos	55
decoloración con glicolato	55
eliminación térmica a bajas temperaturas	55
tratamiento al vacío y extracción por vapor (in situ)	55
estabilización/solidificación	56
óxido reducción química	56
APÉNDICE A (LEGISLACION AMBIENTAL DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS)	60

TRATAMIENTOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y TÉRMICOS PARA EL CONTROL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES Y PELIGROSOS

1. antecedentes

1.1. generalidades sobre la problemática de la contaminación

1.1.1 origen de la contaminación

El hombre moderno es la víctima de los instrumentos que más valora. Cada vez que gana poder, cada vez que domina a las fuerzas naturales, cada vez que la ciencia aumenta el acerbo de sus conocimientos, aumentan los riesgos potenciales hacia su propia existencia, porque todos estos logros no han sido acompañados de iguales avances en el entendimiento de sí mismo y del lugar que ocupa en el equilibrio natural, y también en su nivel de autodisciplina.

Lewis Mumford (texto modificado)

Los problemas de la contaminación, así como de la generación, manejo y disposición de residuos peligrosos no es nuevo. **Es más, todo proceso natural que sucede en la tierra impacta el ambiente, inclusive los que son parte esencial de la vida, por ejemplo:**

- la energía que se recibe del sol es utilizada para llevar a cabo reacciones químicas que producen oxígeno y forman compuestos orgánicos a partir del dióxido de carbono y agua; así como oxida los productos orgánicos en dióxido de carbono, agua y energía. Esa energía ya *gastada* es retomada al espacio como calor (rayos infrarrojos, ondas de mayor longitud de onda y menor energía),
- El dióxido de carbono producido durante las oxidaciones naturales y el metano producto de la digestión animal retienen los rayos infrarrojos que regresan al espacio, calentando la atmósfera (efecto invernadero),
- las erupciones de los volcanes envían a la atmósfera grandes cantidades de polvos y gases; que dependiendo de la composición disminuyen o aumentan la temperatura. La lava cubre suelos y destruye la flora y fauna.

Sin embargo, existe en la naturaleza un equilibrio dinámico que mantiene estas fuerzas destructivas en un nivel que no pone en peligro la vida futura (considerando lapsos con *sentido* para el hombre). Es más, en muchas ocasiones esta fuerzas funcionan como instrumentos naturales que determinan la supervivencia de las especies genéticamente más adecuadas dentro de la evolución.

Este maravilloso equilibrio natural está en peligro por las actividades del hombre, el único animal que para sobrevivir ha podido modificar los procesos naturales usando su inteligencia, y compensando de esta manera sus limitaciones físicas en relación con el resto de los animales.

De acuerdo a los últimos informes los orígenes de los antecesores del hombre moderno se remontan aproximadamente a 4 millones de años, pero no hace más de 10 000 años que se tiene noticias de formas de vida similares a las actuales (civilizaciones capaces de dejar rastros de sus formas de vida, arte y organización). Aunque desde sus orígenes del hombre, sus actividades impactaron el ambiente, sus efectos fueron muy poco notorios, pues la población era muy pequeña y las formas de producción se basaban en la caza y recolecta. Con el inicio de la agricultura la magnitud del impacto aumentó, pero definitivamente a partir de la llamada era industrial, -que se inicia en el siglo XVIII,- cuando el problema se recrudece violentamente.

En todo el mundo se han ido sustituyendo más rápida o lentamente las tradicionales formas de supervivencia (recolecta, caza y agricultura) por procesos industriales de alto gasto energético, los cuales permiten producir alimentos y satisfactores en mayores cantidades y en mucho menor tiempo. Como consecuencia de esta abundancia de alimentos y, especialmente, por efecto de las vacunas, la expectativa de vida a aumentado rápidamente, no solamente para los habitantes de los países que conceptualizaron el capitalismo y la tecnología (base de la industrialización), sino en aquellas regiones que siguen viviendo de la agricultura y/o la caza.

A diferencia de los sistemas más primitivos de producción que se adaptaban a las condiciones locales, la globalización actual de la economía no permite considerar la heterogeneidad del medio natural, sino que aplica procesos tecnológicos para superarla, causando problemas inesperados.

La difusión de medicinas, plaguicidas, fertilizantes y en general todo tipo de productos industriales; no ha ido acompañada de cambios en sistemas más eficaces para que las grandes masas de población accedan a mejores niveles de alimentación y educación, y adquieran una cultura industrial .

Los habitantes de los países desarrollados que conforman sociedades totalmente dependientes de la industria y tecnología, gastan enormes cantidades de energía y recursos naturales. Y, aunque los países pobres son más ahorrativos en esos conceptos, no han logrado ordenar su crecimiento poblacional y el uso de sus recursos, además de que el control ambiental es muy deficiente ya que no miden los riesgos inherentes al manejo de materias primas, productos y residuos utilizados por la industria. Asimismo su cultura original adecuada a su realidad, no los han preparado para manejar sistemas de organización complejos y tampoco para reaccionar dentro de patrones individuales, y de alta autodisciplina y competencia como los que se requiere para participar con éxito en los actuales sistemas de producción.

El aumento de población presiona a una mayor generación de satisfactores, lo que genera más contaminación y una mayor explotación de recursos naturales, en un ciclo ciertamente peligroso, que se representa a continuación en la figura 1:



Figura 1. Producción vs afectación al ambiente

1.1.2 generación de residuos

La basura nace con el hombre, es más, ha sido el instrumento más útil para que los especialistas estudien el origen y desarrollo de la especie humana.

La basura no existe en la naturaleza, pues sus procesos son cíclicos y todo residuo de un proceso se convierte en insumo de otro. Estos procesos son muy eficientes, pues involucran reacciones catalíticas de bajo gasto energético

La humanidad es muy joven, sus conocimientos limitados, por lo que ha logrado alterar los ciclos naturales a su favor, pero no los ha logrado imitar con la misma eficiencia y eficacia.

Los procesos antrópicos requieren de muy alto gasto de energía y agua. Se han conceptualizados en forma lineal, por lo que generan una gran cantidad de subproductos sin valor .

LA ALTERACIÓN DE LOS CICLOS NATURALES (CAMBIOS EN LAS CANTIDADES O CALIDADES DE LA MATERIA O DE LA ENERGÍA), QUE REDUCE LA CAPACIDAD DE NUESTRO PLANETA TIERRA PARA SOSTENER LA VIDA, CONFORMA EL FENÓMENO DE LA CONTAMINACIÓN.

Mientras la cantidad generada de residuos no era muy grande y por sus características químicas podían biodegradarse, la propia naturaleza los integraba a sus ciclos, pero cuando el modelo de desarrollo industrial se generalizó, la cantidad y calidad de los residuos cambio, y fue cuando se empezaron a presentar problemas.

Debido a la baja disponibilidad en el medio natural de los componentes presentes en los residuos en formas sólidas y la circunscripción de las zonas afectadas, al principio se dio más importancia a la contaminación del aire y del agua, ya que afectan más directamente a la especie humana y al resto de la biota. También influyó el hecho de que aun cuando se disponían en cualquier sitio, generalmente éstos quedaban fuera de la vista del público.

Estas basuras que se arrojaban sin control, -y todavía se hace en muchos sitios-, en cualquier sitio disponible, especialmente en suelos donde el daño es casi irreversible y en cuerpos de agua, han sido ocasionalmente causa de graves problemas. Especialmente, en aquellos casos donde los contaminantes migraron a aguas profundas o se utilizó el sitio para desarrollos urbanos, los daños sobre la población fueron difundidas por los medios de comunicación favoreciendo que se adquiriera mayor conciencia sobre la magnitud del problema. Cabe señalar que todas las técnicas que controlan las emisiones a la atmósfera y la contaminación del agua, generan residuos peligrosos.

1.1.3 manejo actual de los residuos

Las comunidades de varios países han presionado a los gobiernos a resolver el problema, por lo que en un principio se buscó amortiguar los daños en el menor plazo posible, sin considerar que era necesario llevar a cabo estudios interdisciplinarios específicos para cada industria generadora, o al menos por sector. Esta omisión evitó contar con la información necesaria para establecer soluciones eficientes desde un punto de vista técnico y que consideraran el entorno y la población. En cambio se aceleraron el establecimiento de normas generales y el desarrollo de sistemas de disposición, que rápidamente permitieran a los industriales "deshacerse" de los residuos peligrosos sin tener que efectuar cambios de fondo en los procesos.

El establecimiento de soluciones de carácter general ha presentado diversos problemas. En primer término, es difícil establecer los criterios básicos para definir cuando un desecho se debe considerar peligroso, pues no solamente depende de sus características físicas, químicas y biológicas, sino también de las condiciones ambientales específicas a las que se le sujeta; de igual manera como la toxicidad de las sustancias en los organismos vivos está relacionada con su naturaleza física y química, pero también depende de la dosis y de las características propias al individuo (cualquier sustancia es tóxica si se ingiere en tales cantidades que se altere el funcionamiento de un cierto organismo). También se han presentado problemas en aspectos técnicos pues como se comenta más ampliamente en los siguientes párrafos, los residuos no se

logran destruir sino únicamente se se transforman, por lo que los sistemas de control basados en el aislamiento o destrucción de los residuos no han sido muy exitosos¹.

Sin embargo esta visión de controlar los residuos con base en legislaciones y soluciones generales ha sido aceptada ampliamente por la industria y gobierno debido a que a las empresas les conviene definir sus compromisos ambientales con las autoridades en la forma más rápida posible, -"pues las decisiones de inversión tienen un horizonte de planeación muy largo y requieren certidumbre en el entorno legal". Recientemente, con la apertura económica y la globalización de la economía, en los países en vías de desarrollo se ha aumentado la presión sobre los diferentes sectores industriales para que se establezcan normas generales y se dispongan adecuadamente sus residuos. La comunidad exige de los generadores soluciones rápidas, lo que favorece la demanda de confinamientos controlados, rellenos sanitarios e incineradores, que son las técnicas más antiguas establecidas en los países desarrollados para aislar o destruir los residuos; y por lo tanto las más conocidas en los países en vías de desarrollo.

El término *residuo peligroso* legalmente designa un residuo sólido o una combinación de residuos, los cuales debido a su cantidad, concentración, sus características físicas, químicas o infecciosas pueden: a) causar o contribuir significativamente a incrementar la mortalidad o las enfermedades serias, irreversibles o que produzcan disfuncionalidades; b) poseer un peligro substancial o potencial para la salud humana o el ambiente cuando son tratados, almacenados, transportados o dispuestos inadecuadamente².

Las características físicas, químicas y biológicas que distinguen a un residuo peligroso de acuerdo a las normas de muchos países, por ejemplo la de México, se designan con el acrónimo CRETIB. La C proviene del término corrosividad que se refiere a aquellos residuos que presentan valores de acidez o basicidad extremas o que corroen al acero de cierta calidad. La R corresponde a reactividad y se identifica observando si el residuo reacciona con aire, agua y ácidos, bajo ciertas condiciones de presión y calor. La E se relaciona con la explosividad, ya que la norma separa en un rango diferente a aquellos desechos que reaccionan en forma explosiva o detonante a 25 °C y 1 atm. de presión. La T se relaciona con la toxicidad que se determina analizando en extractos acuosos y orgánicos la presencia de una serie de sustancias muy comunes en la industria que causan daño a los humanos o animales; la concentración permitida es igual o menor a un valor límite que se fija en función de la dosis letal (concentración que produce la muerte bajo ciertas condiciones, al 50% de la población evaluada). La I de inflamabilidad se refiere a los desechos que pueden causar incendios por ser sustancias con alta energía interna que son volátiles o se oxidan, hidrolizan, etc. y, finalmente,

¹ La cantidad de materia es la misma desde el principio del universo, que resultó de un exceso de materia sobre la antimateria. La materia \approx energía ($E=mc^2$) no se crea ni se destruye sólo se transforma. Cuando el Universo se enfrió, después de millones de años, las partículas subatómicas empezaron a formar átomos de elementos muy ligeros, los cuales con el tiempo se condensaron formando los elementos más pesados que hoy conocemos. Hace unos 4 600 millones de años se formó el sistema solar al que pertenece la tierra. El sol abastece a la tierra de energía a través de reacciones de fusión nuclear. En sus inicios el planeta estuvo conformado por una masa esférica de rocas y metales fundidos. Con el tiempo el planeta se enfrió, enviando mucho calor al espacio. Los metales fundidos más pesados se concentraron en el centro, y el resto de las sustancias, de acuerdo a su densidad se fueron ubicando en diferentes profundidades, quedando los más ligeros en la superficie. Las especies que se concentraron en la superficie de la tierra y por su naturaleza química formaron gases o se disolvieron en el agua conformaron los materiales reactivos de la vida: polímeros bioinorgánicos desarrollaron sistemas cíclicos para utilizar la energía del sol reproducirse y conservar información genética, formando una isla de entropía negativa en el universo.

² Esta definición que está muy difundida se basa en la legislación de EEUUA.

la característica biológica- infecciosa (B) se refiere a la presencia de bacterias, virus o cualquier microorganismo capaces de generar infecciones y/o toxinas que dañen al hombre.

Una de las limitaciones prácticas de estos criterios normativos que se pensaron para las condiciones de países que cuentan con el personal, capital e infraestructura, es que en países en vías de desarrollo muchos residuos están causando graves daños y esta legislación no los considera peligrosos. En algunos casos el peligro está relacionado con las grandes cantidades generadas y/o su pésima disposición. Por ejemplo, los residuos de ingenios, fábricas de jabón, beneficios de café, granjas porcícolas, cuencas lecheras, así como los lodos residuales de plantas de tratamiento han afectado a suelos, cuerpos de agua, y la calidad de vida de la población.

Existen otros problemas, como el hecho de que la solución extractora está elaborada con ácido acético que disuelve sustancias normalmente insolubles en la naturaleza como sulfuros o carbonatos; que en la lista de metales tóxicos no se encuentran mencionados el manganeso, cobre, zinc y otros muchos elementos que son esenciales en bajas concentraciones pero tóxicos en altas. Tampoco se considera otras características que afectan la peligrosidad como los volúmenes generados y el tamaño del generador, por lo que se clasifican de una manera análoga las colas de minas o terrors; o los residuos de una pequeña planta metalúrgica. Además, no existen parámetros definidos que permitan medir el peligro biológico objetivamente.

Al evaluar las experiencias de países industrializados, sobre las tecnologías de aislamiento y destrucción de residuos, se concluye que pesar de su aparente éxito no conforman soluciones permanentes. A través del tiempo y relacionado con cambios geomorfológicos, clima e intemperismo ya sea físico o químico (reacciones de hidratación, hidrólisis y oxido-reducción y coordinación), los elementos y compuestos tóxicos originales o los productos derivados de éstos se están disponibilizando. Es posible que la influencia de las experiencias tradicionales más el tipo de formación profesional de los especialistas que históricamente se han encargado de estos problemas, hayan sido los factores determinantes para que los fundamentos de estas primeras tecnologías no consideraran la limitación básica de que materia no se crea ni se destruye, sino se transforma. Es más, todavía se siguen investigando y comercializando métodos de aislamiento que son más seguros, por ejemplo el uso de minas de sal o las inyecciones a zonas del subsuelo muy profundas. No obstante, el alto costo de estas técnicas constituyen su principal limitación; y este mismo factor ha favorecido el manejo ilegal de los residuos que se exportan para depositarlos en países con menor control ambiental.

A continuación se analizan algunas de las limitaciones de las técnicas de disposición mencionadas:

- * **los rellenos sanitarios** que se aplica básicamente a basuras domésticas y a ciertos residuos industriales, requieren de grandes extensiones de terrenos que se inutilizan para otros fines. Su manejo requiere de una administración muy compleja y cabe mencionar que los países en vías de desarrollo carecen de tradición en este renglón (como es el caso de México). Cuando falla el control del proceso se generan diversos problemas, entre ellos olores desagradables, dispersión de contaminantes y enfermedades, presencia de fauna nociva y lixiviaciones que pueden contaminar cuerpos de agua y suelos. Su costo gravita principalmente sobre los impuestos de la comunidad y su funcionamiento se puede ver afectado por las disminuciones presupuestales de los municipios,
- * **los confinamientos de residuos peligrosos**, requieren de terrenos características geográficas específicas, por lo que muchas veces es imposible localizar sitios adecuados, especialmente en zonas cálidas, sísmicas y con asentamientos humanos. Los sitios de confinamiento representan zonas factibles de sabotear, ya sea en países con problemas internos o durante conflagraciones internacionales. Cualquier error de

manejo puede producir contaminaciones -generalmente permanentes- en suelos y cuerpos de agua, con costos muy altos para restaurar el ambiente. Accidentes antrópicos o naturales como son los sismos pueden cambiar las condiciones geográficas iniciales, aumentando los riesgos para el ambiente y población. En países con climas cálidos y húmedos la eficacia de las técnicas de aislamiento disminuye respecto a la obtenida en países con climas templados; y las compañías responsables de la administración de los confinamientos únicamente se comprometen a manejarlos por un lapso determinado, heredando el problema de mantenimiento a las futuras generaciones

- * la **incineración**, que es una técnica basada en la oxidación de los materiales a altas temperaturas, tiene gran aceptación dentro del sector industrial, sin embargo y a pesar de que el sistema este equipado con todo tipo de filtros libera compuestos tóxicos a la atmósfera. Estas sustancias en cantidades vestigiales (muchas veces en partes por trillón que son concentración por abajo de las normas internacionales y muy difíciles de detectar), por su permanencia en el ambiente se bioacumulan en los organismos, afectando su funcionamiento. Esta técnica presenta otros problemas, entre ellos que las cenizas producto de la incineración conforman a su vez un residuo peligroso. Asimismo, una buena combustión requiere de un estricto control de las condiciones de operación; el transporte de los materiales debe realizarse con medidas estrictas de seguridad, el costo de su manejo gravita sobre la comunidad, y el funcionamiento está sujeto a la cantidad y valor calorífico de los desechos, por lo que cualquier variación de estos conceptos afecta el costo de funcionamiento del incinerador pudiendo llegar a ser un proceso no viable desde un punto de vista económico cuando hay cambios importantes en las tecnologías industriales o en el número de plantas generadoras o simplemente se instrumentan programas de reducción y minimización de desechos.

1.2. naturaleza química de los residuos

1.2.1 aspectos termodinámicos

La naturaleza química permite comprender la reactividad de un compuesto, plantear hipótesis sobre su destino y disponibilidad, escoger tecnologías; ya que sus enlaces determinan su solubilidad, reactividad y toxicidad. Esta puede ser analizada cuantitativamente a través de valores termodinámicos, y cualitativamente con base en las características de los enlaces que unen a los elementos.

Una reacción se lleva a cabo, cuando es capaz de realizar trabajo. La variación de la función trabajo de una reacción se define como

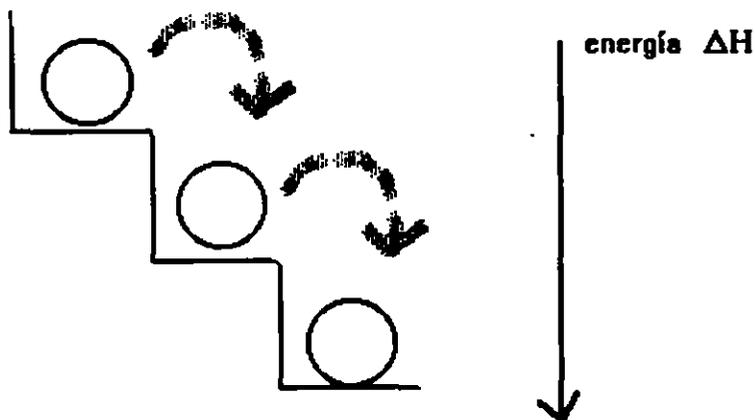
$$\Delta G = G_{\text{productos}} - G_{\text{reactivos}} = \Delta H - T\Delta S$$

Su signo indica en un sistema cerrado y a presión y temperatura constante, si la reacción es espontánea. Un valor negativo indica que la reacción es espontánea. Entre menor es la energía interna más estable es el compuesto. El menor valor de ΔG indica que el sistema ya no va a reaccionar. Cuando el valor de ΔG es cero el sistema está en equilibrio y si es positivo la reacción se realiza en dirección opuesta a la que se indica.

El símbolo ΔH indica el cambio en energía interna cuando la presión es constante (como sucede generalmente en la superficie de la tierra). El símbolo ΔS significa el cambio en entropía. La espontaneidad está relacionada a la disminución de ΔH (formación de mejores o más enlaces) o al aumento de ΔS (mayor número de estados energéticos o *desorden molecular*).

En la siguiente figura se ejemplifica un proceso cotidiano de naturaleza espontánea: una pelota tiende a bajar escalones hasta encontrar su punto de reposo, nunca va a subir (pasa a un estado de menor energía potencial).

Figura 2. Disminución de energía en un proceso espontáneo



Si ΔH disminuye durante una reacción se debe a que los enlaces resultantes son más estables o aumentaron en número, por ejemplo la formación de óxidos de aluminio a partir de aluminio metálico y oxígeno atmosférico. En cambio una sustancia que guarda energía en sus enlaces aumenta su energía interna ($+\Delta H$), por ejemplo la síntesis de alcoholes, azúcares, etc.

Si ΔH disminuye y ΔS aumenta la reacción siempre es espontánea, mientras que el caso opuesto indicaría que es una reacción que nunca se lleva a cabo (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Relación de los signos de las funciones termodinámicas con la espontaneidad de las reacciones

ΔH	ΔS	ΔG	influencia de la temperatura	ejemplos
-	+	-	reacción espontánea a cualquier temperatura	formación de CO_2 a partir de material orgánico
-	-	+ -	espontánea a bajas temperaturas	formación de cristales a partir de iones solubles
+	+	+ -	espontánea a altas temperaturas	disolución de sales poco solubles
+	-	+	No espontánea a cualquier temperatura	formación de Ca_3N_2

La energía de Gibbs en una solución se relaciona directamente con la constante de equilibrio. En condiciones estándar: 1M, 25°C, 1atm

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K^\circ_{\text{eq}}$$

Cuando participan iones H^+ en una reacción, se modifican las condiciones estándar para las cuales está definida ΔG° . A continuación se expresa la función $\Delta G^{\circ\prime}$ la cual considera la variación del pH:

$$\Delta G^{\circ\prime} = \Delta G^\circ - 2.3 RT \text{pH}$$

Cuando se trata de reacciones de oxidación-reducción se relaciona al potencial de celda

$$\Delta G^{\circ\prime} = -nF\Delta E^\circ$$

n = número de electrones transferidos por mol del reductor al oxidante

F = carga de un mol de electrones = 96487 C/mol-

ΔE° = diferencia entre los potenciales estándar de reducción y oxidación

Cuando se analiza que de acuerdo a los valores de entalpía y entropía toda la materia orgánica de la biota, se concluye que debería estar ya oxidada o se observa que la síntesis de sustancias orgánicas nunca podría realizarse. Esta aparente contradicción entre la experiencia y los fundamentos termodinámicos antes expresado, se debe a:

- ☞ Las reacciones espontáneas pueden ser muy lentas, prácticamente no se llevan a cabo (factor cinético), como es el caso de la oxidación de la materia orgánica.
- ☞ La tierra recibe energía (trabajo) del sol que se utiliza para reacciones con ΔG positivas como la síntesis de los azúcares.

Un típico ejemplo de una reacción que guarda energía, endotérmica ($\Delta G_{\text{positiva}}$) es la fotosíntesis, mientras que la respiración conforma el ejemplo de otro proceso que libera energía y es espontáneo, reacción exotérmica ($\Delta G_{\text{negativa}}$). Las dos juntas forman un ciclo cerrado.

fotosíntesis: reacción endotérmica, no espontánea que se realiza utilizando energía solar



respiración: (reacción exotérmica, espontánea que libera energía)



1.2.2 aspectos del enlace químico

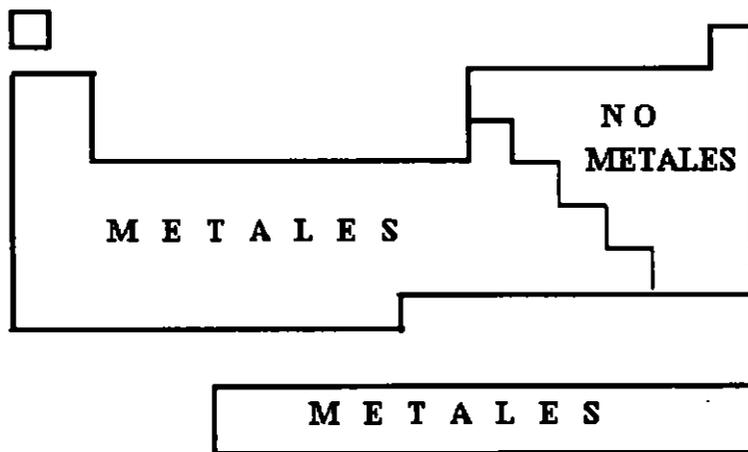
En un sistema cuantificado es posible aplicar cálculos y predecir valores. No obstante, en la práctica uno se encuentra que en la mayoría de los casos no se cuenta con datos cuantitativos, por lo que, -aparte de considerar los parámetros termodinámicos-, es necesario utilizar el criterio químico. El análisis de la naturaleza de los enlaces químicos permite trabajar con sistemas no cuantificados, predecir comportamientos y proponer estrategias de manejo.

Las características de los elementos puros permiten definir el tipo de enlace y este a su vez indica propiedades físicas y químicas. A continuación se presenta un breve síntesis de enlace químico.

Los elementos fueron ordenados en una tabla denominada periódica, en función de su peso atómico(actualmente en función de su número atómica). La reactividad de los elementos depende del número de protones y de la carga que ejerce el núcleo sobre los electrones más externos. La carga del núcleo tomando en cuenta el efecto pantalla de los electrones internos se conoce como :CARGA NUCLEAR EFECTIVA

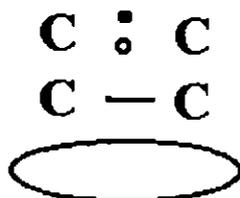
A mayor carga nuclear efectiva mayor energía de ionización (más tendencia a atraer electrones) y menor carácter metálico. A mayor tamaño menor energía de ionización (a perder electrones) y mayor carácter metálico. La mayor parte de los elementos son metálicos y la frontera resulta una diagonal ya que la tendencia metálica crece de derecha a izquierda y de arriba hacia abajo, como se indica en la siguiente figura.

Figura 3. Elementos metálicos y no metálicos



Los elementos no metálicos tienden a retener sus electrones. Cuando se unen entre sí forman enlaces covalentes (figura 4).

Figura 4. Ejemplo de enlace covalente (no metal + no metal)

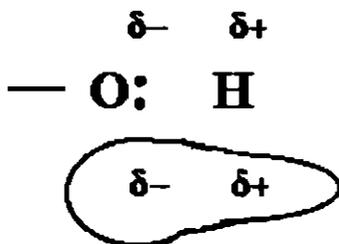


Algunos elementos no metálicos forman moléculas, o sea entidades físicamente separadas que presentan las propiedades del compuesto. Mientras que otros elementos forman cadenas infinitas.

Las moléculas tienen diferentes tamaños, desde dos átomos como por ejemplo el oxígeno O_2 , hasta más átomos, como es el caso del azufre rómbico S_8 o el DNA que es una biomolécula gigante.

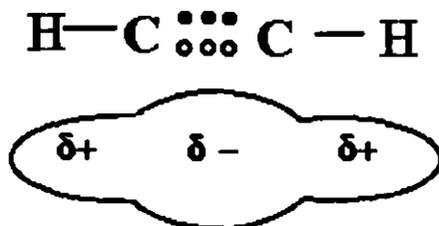
Cuando uno de los átomos no metálicos tiene mayor tendencia a quedarse con los electrones (mayor electronegatividad) que el otro y la molécula no es simétrica, se forma un dipolo permanente y el enlace se conoce como covalente polar (ver figura 5).

Figura 5. Ejemplo de un dipolo permanente



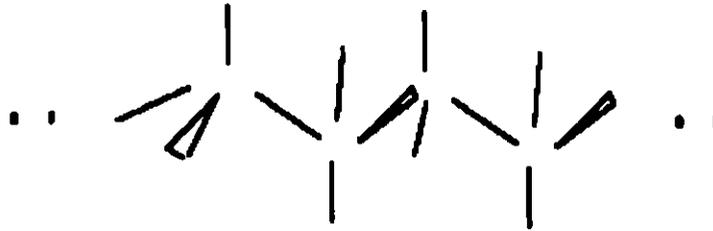
En enlaces con iguales electronegatividades no se esperaría la formación de dipolos, sin embargo, por efecto de cargas externas como iones u otros dipolos, se forman dipolos inducidos. Inclusive cuando no hay agentes que induzcan la polarización, las moléculas voluminosas y en movimiento (energías de translación, rotacional y vibracional altas) forman dipolos instantáneos.

Figura 6. Ejemplo de un hidrocarburo polar (acetileno)



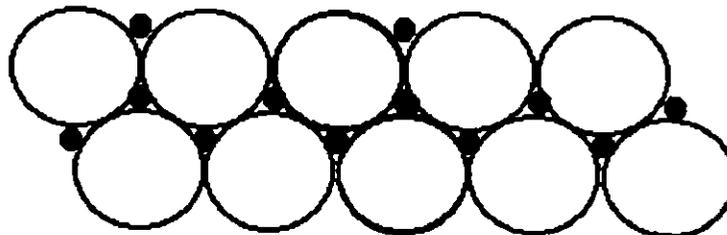
Elementos de la frontera entre metales y no metales, como carbono y silicio tienden a formar redes. Por ejemplo, el diamante o la sílice son redes covalentes en que no se forma propiamente una molécula sino un cristal o vidrio. Los enlaces son unidireccionales y no presentan polaridad (figura 7).

Figura 7. Red covalente de tetraedros (tipo sílice)



Cuando un átomo de metal se une a otro átomo de metal se forma una mezcla, solución o un compuesto en cuyos enlaces los electrones están relativamente libres y pueden ocupar diferentes orbitales (niveles de energía). Los compuestos metálicos (ver figura 8), conducen el calor y la electricidad. Si se aplican fuerzas los planos se deslizan (maleabilidad) y se estiran (ductilidad).

Figura 8. Representación de un enlace metálico



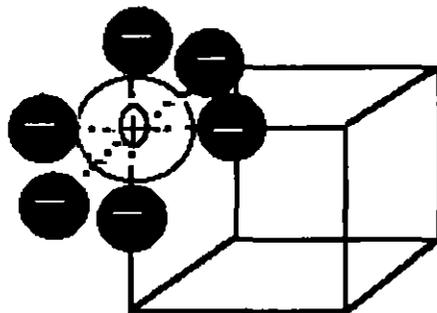
En la naturaleza solamente existen algunos metales en su forma elemental como es el caso del oro o la plata. La mayoría tienden a reaccionar con no metales (por ejemplo oxígeno, azufre, etc.), formando sustancias iónicas.

metal + no metal = enlace iónico

en los compuestos iónicos, los metales pierden sus electrones adquiriendo cargas positivas y los no metales los reciben con lo cual se cargan negativamente.

El modelo considera fuerzas electrostáticas omnidireccionales, en que cada cation se rodea del máximo de aniones y viceversa, formando redes sólidas infinitas, frágiles, no conductoras y que algunas de ellas se disuelven. El valor de carga máxima para un ion es de $3+$ ó $3-$.

Figura 9. Representación de la celda unitaria de un cristal de cloruro de sodio.



en el cristal de NaCl cada sodio está rodeado de 6 cloros y cada cloro de 6 sodios. La celda es cúbica

Los compuestos pueden presentar características intermedias entre estos tipos de enlace, por lo que conviene visualizar un triángulo en el que cada tipo de enlace se ubica en una arista. De acuerdo a sus características, se ubica el compuesto en el área que representa al tipo de enlace que domina (Figura 10).

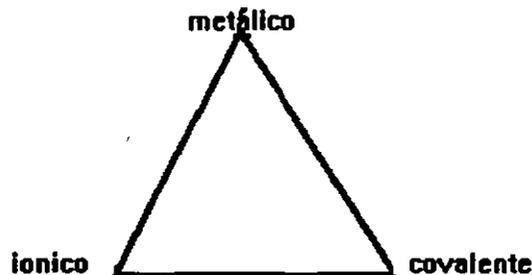


Figura 10. Triángulo representando los tres modelos de enlace

Por ejemplo, el grafito aunque es un enlace covalente se ubica en la arista entre este enlace y el metálico. Los electrones p libres se deslocalizan en un enlace covalente llamado tipo π , que lo hace parecido a los compuestos metálicos (semiconductor, color negro y brilla).

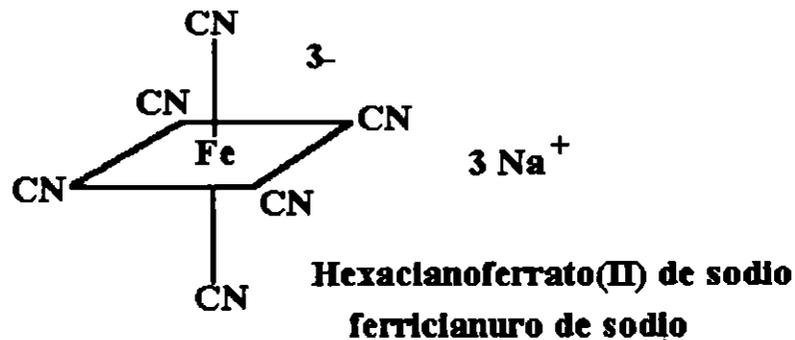
Un enlace covalente cuando forma dipolos adquiere ciertas características iónicas, como es el caso del HF (flúoruro de hidrógeno), por lo que en agua pierde protones y se vuelve ácido (ácido fluorhídrico).

El modelo iónico plantea que los iones se comportan como cargas puntuales (bolas de billar cargadas), pero en realidad son nubes que pueden distorsionarse. Cuando esto sucede el enlace ya no es omnidireccional sino empieza a presentarse un poco de enlaces en que se superponen electrones (tipo covalente). Por ejemplo, un carbonato de mercurio cuyo punto de descomposición es mucho menor que el carbonato de calcio..

enlace de coordinación:

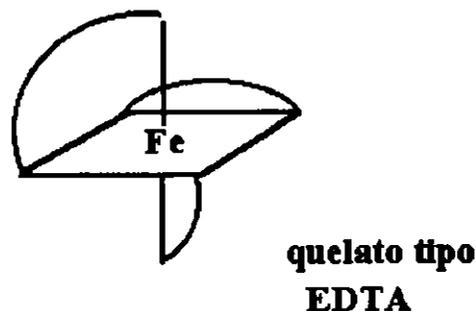
Los metales de transición que tienen orbitales tipo d de baja energía. Los orbitales d pueden recibir pares de electrones. Los compuestos formados mediante los orbitales de baja energía se denominan compuestos de coordinación (popularmente se denominan complejos) y conviene manejarlos en forma independiente a los tres grupos ya señalados (figura 11).

Figura 11. Ejemplo de un compuesto de coordinación



Cuando el donador de electrones tiene varios puntos de enlace de coordinación forma quelatos

Figura 12. Ejemplo de un quelato



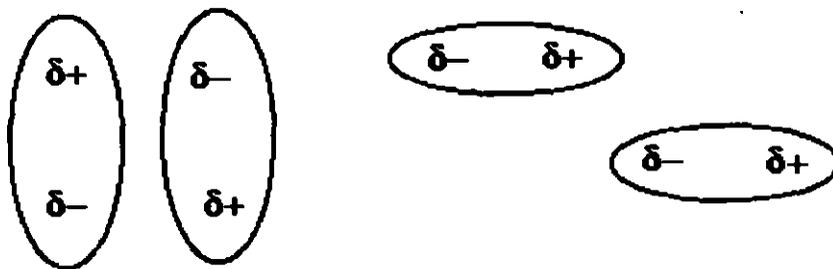
En las macromoléculas como el DNA o los ácidos húmicos se presentan varios tipos de enlace.

Las moléculas unidas por enlaces covalentes interaccionan entre sí, a través de enlaces más débiles dipolares; o con iones. Entre dipolos permanentes (debidos a diferencias de

electronegatividad entre los átomos unidos) se forman enlaces importantes, entre ellos el puente de hidrógeno. Estos enlaces afectan las propiedades de una molécula, por ejemplo comparemos el comportamiento del H_2O , que presenta puente de hidrógeno con las propiedades del H_2S que no forma dipolos permanentes (figura 13).

- ambas son moléculas no simétricas y los elementos que las componen son de la misma familia química (familia VI representativos).
- la diferencia de electronegatividad entre oxígeno e hidrógeno es muy importante por lo que forma un dipolo permanente; mientras que entre azufre e hidrógeno la diferencia es menor y no forma un dipolo;
- el agua es líquida a temperatura ambiente. Cuando se solidifica el agua sólida es menos densa que el agua líquida (flota). Presenta una alta capacidad calorífica y disuelve los compuestos iónicos. Es neutra y es uno de los componentes necesarios para la vida.
- El sulfuro de hidrógeno es gas, presenta un comportamiento ácido en agua, no disuelve sustancias iónicas, ni conserva el calor. Es muy tóxico.

Figura 13. Ejemplo de enlaces entre dipolos (puente de hidrógeno)



Las interacciones entre dipolos inducidos o instantáneos son muy débiles, pero afectan el comportamiento de los compuestos. El estado físico de las moléculas no polares depende de estas fuerzas (desvían su comportamiento de la idealidad). Se conocen como fuerzas de van der Waals o fuerzas de dispersión de London. A continuación se presenta un cuadro donde se comparan las diferentes magnitudes de las fuerzas de enlace.

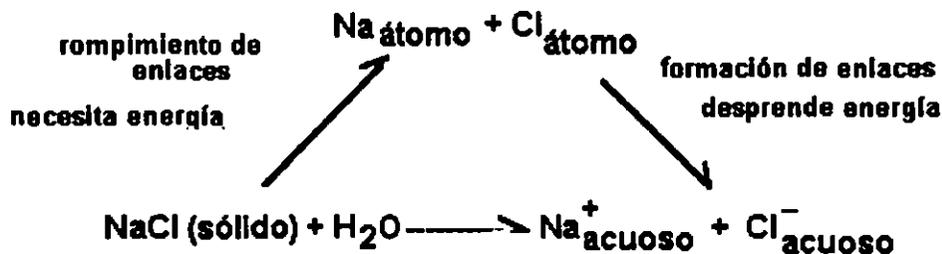
Cuadro 2. Resumen de la magnitud relativa de las diferentes interacciones químicas

INTERACCIÓN	ENLACE	FUERZA DEL ENLACE	ENERGÍA-DISTANCIA
átomo -átomo	covalente	muy fuerte	largo alcance
ion-ion	iónico	muy fuerte	largo alcance
ion-dipolo p	solvatación	fuerte	corto alcance
dipolo p-dipolo p	puede de hidrógeno	moderadamente fuerte	corto alcance
ion-dipolo inducido		débil	muy corto alcance
dipolo p-dipolo i	van der Waals	muy débil	extremadamente de corto alcance
dipolo i-dipolo i	van der Waals o London	muy débil	extremadamente de corto alcance

1.2.3 reacciones de hidratación e hidrólisis

La disolución (hidratación) es el rompimiento de enlaces iónicos (ión-ión) y la sustitución por enlaces entre los iones y los dipolos permanentes (ión-dipolo p). La entropía aumenta durante la disolución por lo que siempre va a favorecer que los sólidos se disuelvan (*aumenta el desorden*), en cambio los enlaces que se forman son más débiles por lo que dependiendo de la cantidad de ellos formados el ΔH puede ser negativo, cero o positivo. Si el ΔH es positivo pero menor que $T\Delta S$ la reacción se lleva a cabo:

Figura 14. Ciclo de Born Haber que representa la disolución del cloruro de sodio

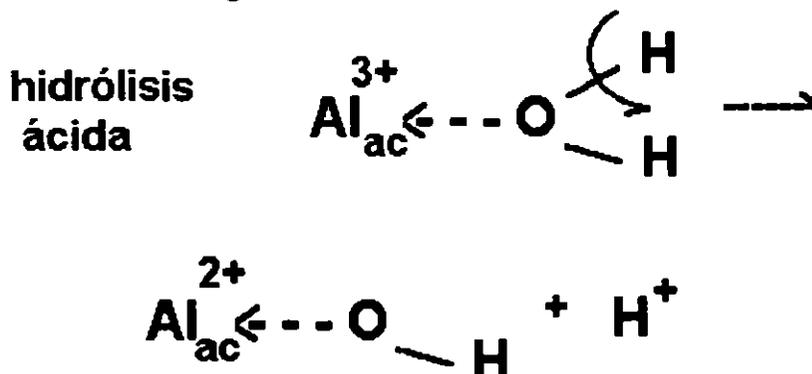


Si el ΔH es positivo y mayor que $T\Delta S$ el valor del ΔG para la reacción será positivo y la sal no se disuelve (reacción no espontánea). Por ejemplo, el sulfato de bario no se disuelve a ninguna temperatura. Es difícil predecir cuando una sal va a ser soluble y cuando no; sin embargo se ha observado que cuando los radios del catión y anión son muy diferentes se favorece la disolución y cuando son parecidos se reduce. A continuación se listan algunas generalizaciones válidas:

- El plomo es un catión grande y forma sales muy insolubles, en cambio el sodio forma sales muy solubles.
- El estado de oxidación influye en la solubilidad, de compuestos iónicos ya que afecta la energía del cristal y su tamaño
- Las moléculas polares se disuelven en disolventes polares ya que aunque los enlaces que se forman son muy parecidos en tamaño y fuerza a los que se rompen la disolución está dirigida por la entropía
- Las moléculas no polares se disuelven en sustancias no polares también por efecto del aumento de entropía

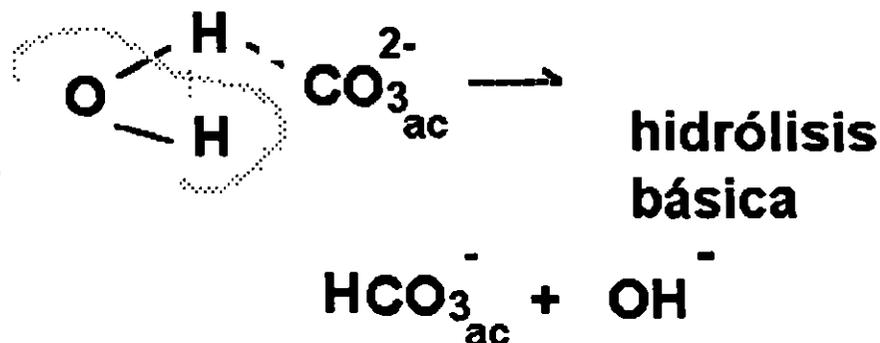
La hidrólisis (rompimiento del agua por una sustancia) se presenta cuando el ión hidratado jala los electrones del oxhidrilo o del hidrógeno, debilitando el enlace. En química se dice que el catión es blando. La blandura se relaciona con la distorsión de las nubes electrónicas de los compuestos iónicos por efectos del núcleo. Cuando el la carga es muy alta y el tamaño muy pequeño (alto potencial iónico) el catión distorsiona al anión (enlace blando-blando); cuando el catión no distorsiona al anión se habla de un enlace duro-duro. El anión blando presenta alta carga y gran radio. El catión con alta carga y pequeño tamaño (alta Z^+/r^+) atrae la nube de electrones del oxígeno del agua y debilita el enlace con el protón, el cual puede salir o entrar de la partícula. En la figura 15 se ejemplifica este tipo de reacción:

Figura 15. Reacción de hidrólisis del aluminio



También los aniones afectan al agua. Un anión grande y cargado es blando y atrae a los protones dejando hidróxilos en la solución (ver figura 16):

Figura 16. Reacción de hidrólisis del carbonato



- una sal que contiene un catión blando y un anión duro producen una hidrólisis ácida
- una sal que contiene un catión duro y un anión blando produce una hidrólisis básica
- una sal que contiene catión duro y anión duro no se hidroliza
- una sal que contiene un catión blando y un anión blando pueden generar una hidrólisis ligeramente ácida o básica, o neutra

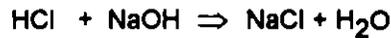
Una manera más sencilla de saber si ocurre la hidrólisis es la siguiente:

- sal formada por un catión que proviene de una base fuerte y un anión de un ácido débil presenta una hidrólisis básica
- sal formada por un catión que proviene de una base débil y un anión de un ácido fuerte presenta una hidrólisis ácida
- sal formada por un catión que proviene de una base débil y un anión de un ácido débil, puede presentar un hidrólisis ligeramente ácida, ligeramente básica o neutra
- sal formada por un catión que proviene de una base fuerte y un anión de un ácido fuerte no se hidroliza

1.2.4 reacciones ácido-base y oxido-reducción

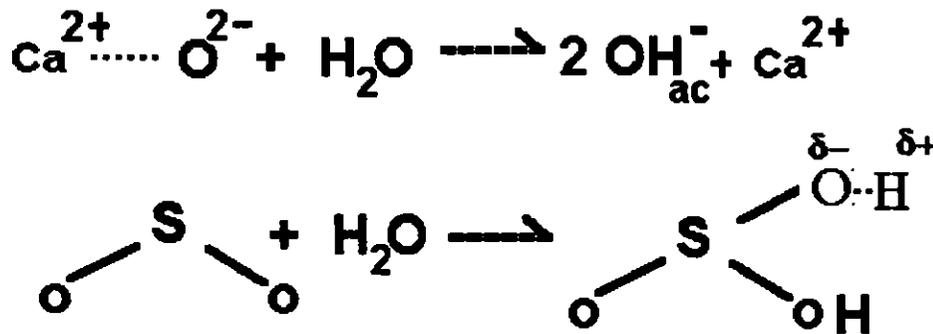
Los ácidos se definen en solución acuosa como sustancias que pueden donar protones y bases a los que pueden aceptar. Las reacciones entre es te tipo de sustancia producen agua y sales.

ácido clorhídrico + hidróxido de sodio \Rightarrow cloruro de sodio y agua



Los óxidos iónicos también llamados metálicos como por ejemplo el óxido de calcio o aluminio, son básicos o anfóteros pero nunca ácidos. Los óxidos covalente como el dióxido de azufre son ácidos. En la siguiente figura se ejemplifican las reacciones que ocurren:

Figura 17. Reacciones de los óxidos iónicos y covalentes con el agua



El término oxidación se refiere a la pérdida de electrones y reducción a la ganancia de electrones.

Un agente oxidante es quien fácilmente se reduce y un agente reductor quien se oxida. Los metales tienden a oxidarse por acción del aire, agua o ácidos, por ejemplo:



Las reacciones de oxidación y reducción cambian las propiedades de los metales. El cromo trivalente forma una espinela muy estable e insoluble. El cromo hexavalente forma sales solubles, oxidantes y tóxicas.

1.3. disponibilidad de los contaminantes en el ambiente

Las reacciones más importantes en la naturaleza son la hidratación, hidrólisis, ácido-base, oxido-reducción y quelatación; aunque también se observan otras como la fotólisis (rompimiento por efecto de la luz). Para que los átomos reaccionen deben poder encontrarse y además chocar con cierta fuerza (energía de activación) por lo que las reacciones ocurren en fase gaseosa, acuosa o en la interfase del sólido con el agua o el gas.

De entre los medios abióticos, el suelo representa al sistema más complejo, cuyo análisis puede servir de base para sedimentos, agua y aire. A continuación se presenta una breve introducción a la química del suelo.

El suelo es una capa delgada de la corteza terrestre que está en contacto con la atmósfera y en la cual se lleva a cabo la actividad biológica. Es un sistema dinámico que procede de la intemperización del material parental y está formado por compuestos orgánicos, inorgánicos y diferentes organismos vivos.

La composición del suelo es heterogénea. Existen innumerables tipos ya que sus características dependen de las condiciones específicas de la zona:

- reactivos (material parental y aire)
- agua (regímenes de lluvia)
- energía (fotones de luz)

Los tres estados de la materia coexisten en el suelo. La fase sólida frecuentemente representa el 50% del volumen total del suelo y la otra mitad está formada por la solución del suelo y los gases (volumen poroso), en una proporción variable que depende del régimen de lluvia, drenaje y de la cantidad de agua utilizada por las plantas.

La fase gaseosa de los suelos tiene una composición muy similar a la del aire, aproximadamente 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y el 1% de gases raros. La composición cambia en condiciones reductoras. La difusión, el consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono por los organismos vivos determinan la composición exacta de la fase gaseosa de un suelo. De los cuatro principales componentes del suelo únicamente la solución del suelo y el aire son esenciales para el crecimiento de las plantas.

La solución del suelo contiene iones diversos que proceden de la disolución de la fase sólida o directamente del agua de riego. Puede contener cantidades pequeñas de otros iones procedentes de contaminantes.

La fase sólida está formada por componentes inorgánicos y orgánicos. Los principales compuestos inorgánicos son:

- materiales gruesos poco reactivos llamados limos y arenas (formados principalmente por minerales primarios que proceden de rocas ígneas y metamórficas del tipo de cuarzo y feldespato). Los componentes inertes presentan bajos valores de área superficial específica "S".
- materiales finos reactivos formados por partículas menores a 2 micrómetros, como son las arcillas, óxidos, hidróxidos, oxohidróxidos y sales. Estos componentes, -que en su mayoría forman parte de la fracción coloidal del suelo, por lo tanto presentan altos valores de "S",- son activos químicamente y presentan cargas. En la práctica se utiliza el valor de S igual a $10^3 \text{ m}^2/\text{kg}$ ($\approx 1 \text{ m}^2/\text{g}$) para dividir los materiales finos de los gruesos. También es muy común que se utilice como límite el tamaño de partícula de $2 \mu\text{m}$ que corresponde aproximadamente al valor anterior. El intervalo de diámetro para las partículas coloidales es de 10^{-9} a 10^{-12} mm.

Las sustancias más pequeñas son las que controlan la reactividad química en la superficie ya que el área para reaccionar es mayor y están cubriendo a rocas y minerales de mayor tamaño. Además presentan cargas.

Los óxidos, hidróxidos y oxohidróxidos minerales se pueden describir en forma simplificada como un empaquetamiento de iones O^{2-} y OH^- unidos a cationes. El orden del empaquetamiento varía desde un cristal regular hasta sistemas desordenados que podrían visualizarse como líquidos solidificados que se conocen como "amorfos".

Las arcillas son silicatos hidratados o hidrosilicatos de aluminio. Están formados por capas alternadas de tetraedros de sílice ($-SiO_4-$), y octaedros de aluminio. Los tetraedros de sílice se unen a través de oxígenos y las capas octaédricas de aluminio se enlazan mediante O^{2-} y OH^- .

Componentes orgánicos del suelo:

- materiales no reactivos, básicamente residuos de vegetales y animales poco alterados
- materiales reactivos, conformados por humus y compuestos de bajo peso molecular (ácidos, cetonas, alcoholes, etc.)

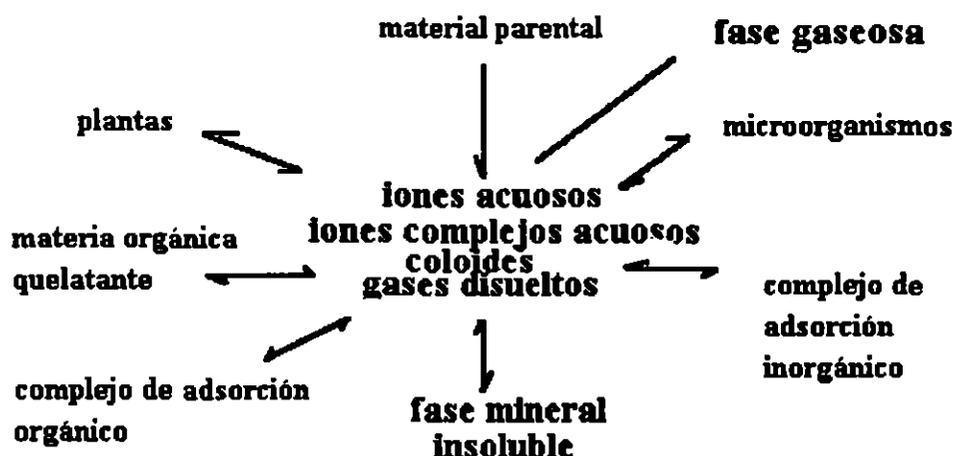
El humus procede del material orgánico no reactivo que por acción de la humedad, sol y bacterias se transforma en sustancias oxidadas más estables. Se puede visualizar al humus como un polímero enroscado con ramificaciones que contienen diversos grupos orgánicos, especialmente carboxílicos y fenólicos.

Esta sustancia presenta una gran superficie interna debida a las hélices que se forman. Los grupos orgánicos polares le imparten cargas (variable) y además puede coordinarse y formar quelatos muy estables. Reacciones de polimerización y despolimerización ocurren continuamente por lo que su tamaño molecular no es constante. Los procesos en los que interviene la materia orgánica son: suministro de nutrimentos mediante la mineralización, estabilización de la acidez de suelo, contribución a la capacidad de intercambio catiónica, regularización de la disponibilidad de macro y micronutrimentos mediante la formación de quelatos, volatilización del azufre y nitrógeno durante el proceso de humificación, y mediante procesos de adsorción la fijación del fósforo y la inactivación de plaguicidas. Los procesos físicos importantes son el mejoramiento de la estructura del suelo y la retención del agua.

La composición del humus es aproximada y se basa en el análisis de muchas fracciones de diferentes suelos. El humus se extrae del suelo con sosa. Una parte no se disuelve con la sosa y se denomina huminas. El resto forma una solución que al acidificarse no reprecipita totalmente. En esta última operación se obtiene un sólido conocido como ácidos húmicos y una solución denominada ácidos fúlvicos (la más activa químicamente pues contiene la mayor proporción de grupos ácidos).

Como se comentó las reacciones ocurren en la interfase y principalmente en la solución. A continuación se presenta un diagrama del equilibrio:

Figura 18. equilibrio del suelo



Los tres tipos de fenómenos que originan las cargas en la superficie de las partículas sólidas activas y producen reacciones de intercambio son:

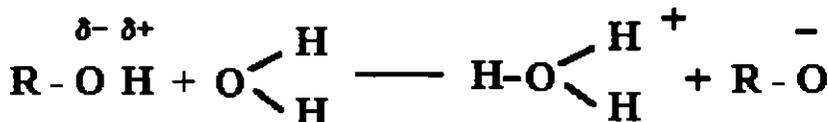
- **la sustitución isomórfica.** Iones con relación carga/radio similar ocupan posiciones análogas en los cristales o vidrios. Cuando el aluminio (tres electrones) sustituye al silicio (cuatro electrones) o el magnesio (dos electrones), la partícula adquiere carga que se compensa con la presencia de cationes entre las capas del coloide o alrededor de él. Se le conoce como carga permanente pues no depende de condiciones externas.
- **la disolución iónica (hidrólisis de los metales con alta carga/radio o rompimiento físico de enlaces).** El aluminio reacciona con el agua de hidratación, atrayendo al oxígeno y debilitando el enlace oxígeno-hidrógeno por lo que los protones pueden liberarse o unirse a la partícula. Puede quedar cargada positiva o negativamente dependiendo del pH del medio. Se conoce como carga variable.
- **la ionización (disociación de grupos polares orgánicos en solución).** Se presenta en la materia orgánica y al igual que la disolución iónica conforma una carga variable que depende del pH del medio (figura 19).

Las arcillas adquieren cargas negativas en el intervalo de pH normal de un suelo (5-9), las cuales son compensadas por cationes duros. Este adjetivo se utiliza para clasificar cationes que presentan bajos valores de carga/radio (Ca^{+2} , Mg^+ , K^+ , Na^+). Los metales blandos de alta relación carga/radio tienden a precipitar en el intervalo de pH normal de un suelo (5-9), como es el caso de los metales transicionales. La velocidad de las reacciones de intercambio puede ser lenta y el verdadero equilibrio alcanzarse después de mucho tiempo

Los oxohidróxidos, óxidos e hidróxidos amorfos, especialmente de cationes blandos presentan carga positiva en el intervalo normal de pH del suelo. La carga es variable. El valor de pH en que la partícula no presenta cargas se llama punto isoelectrónico (PIE). Para compensar la carga se adsorben aniones, en general blandos (alta carga y alto radio), por ejemplo fosfatos. Los aniones duros (baja carga y bajo radio), como los cloruros o nitratos, son poco adsorbidos.

Todos los grupos polares del humus -OH y -NH (dipolos permanentes), de cualquiera de los grupos fenólicos, carboxílicos, aldehídicos, etc. también presentan capacidad de intercambio catiónica (forman cargas negativas en el intervalo normal de pH de un suelo). La carga es variable y depende del pH, a un cierto valor adquiere el valor 0.

Figura 19. Origen de la carga de la materia orgánica natural



ACIDEZ DE LOS GRUPOS OH EN COMPUESTOS COVALENTES

Los cationes que se unen electrostáticamente en las posiciones de intercambio de la materia orgánica de la misma forma que con las arcillas son duros (calcio, magnesio, potasio, etc.), los blandos prefieren coordinarse o coprecipitan (plomo, aluminio, zinc, cadmio, etc.).

Los grupos oxhidrilos (:OH) y amina (:NH) tiene pares de electrones con los cuales se pueden unir a metales que tienen orbitales *d* formando compuestos de coordinación. La estabilidad de estos compuestos es mayor cuando son quelatos (un mismo ligante se coordina al metal en varias posiciones). En el caso de los suelos estos compuestos son muy abundantes, pero es muy difícil tener valores reales de las constantes de estabilidad de los quelatos pues la composición de la materia húmica varía constantemente. La solubilidad de los quelatos es baja y puede relacionarse al tamaño de la materia orgánica, los humatos pueden ser más insolubles que los fulvatos.

Se podría suponer que los metales transicionales preferentemente forman humatos, pero no es así. Por ejemplo, un metal que forma quelatos muy estables es el hierro ya que su constante de estabilidad es muy alta. Es un elemento muy abundante en los suelos; sin embargo forma óxidos muy estables por lo que en el equilibrio preferente se le encuentra en la parte mineral del suelo. En cambio se han determinado que la formación de quelatos de cobre, manganeso y otros metales transicionales; es un mecanismo de coordinación muy importante para evitar su lixiviación y la de otros micronutrientes. Las concentraciones de quelatos están determinadas por el equilibrio químico, por ejemplo, en el caso de que la cantidad de quelatos de cobre aumentara por contaminación, en condiciones ligeramente ácidas, neutras o básicas se formarían otros compuestos hasta alcanzar el equilibrio. El equilibrio con la solución depende básicamente de los valores de pH y pE (oxido-reducción); y puede alcanzarse rápida o lentamente.

LA FASE QUE DETERMINA LA COMPOSICIÓN DE LA SOLUCIÓN ES LA MINERAL. LOS MINERALES QUE PERMANECEN PRÁCTICAMENTE SIN CAMBIOS SON AQUELLOS CON EL MENOR VALOR DE ENERGÍA DE GIBBS (LOS MÁS INSOLUBLES)

La solubilización de metales transicionales (potencialmente tóxicos) puede ser relativamente importante en suelos ácidos con altos contenidos de fulvatos

En términos generales, la proporción de material orgánica en un suelo no es mayor del 30%, y la parte activa mucho menor. En suelos básicos y oxigenados los metales transicionales están en formas inorgánicas insolubles y las posiciones las ocupa el calcio. Si el suelo es ácido se disuelven la mayor parte de los metales y en esos casos la presencia de humatos puede funcionar como agente para que se formen quelatos insolubles y no se lixivien.

Al analizar los posibles destinos de un contaminante se debe tomar en cuenta la estabilidad de los compuestos, los efectos de la concentración, pH y pE sobre el equilibrio, y los efectos de la quelatación y adsorción.

Un diferente estado de oxidación en un metal por una variación del pE del suelo o por contaminación antrópica, puede aumentar la concentración de un elemento en un suelo por arriba de los niveles normales. Por ejemplo, un problema climático anormal causó un grave problema de contaminación: en África lluvias intensas redujeron el manganoso del MnO_2 a Mn^{2+} , produciendo una intoxicación masiva de los plantíos y el ganado.

A continuación se listan algunos planteamientos que deben tomarse en cuenta cuando se analizan problemas de contaminación de suelos:

- Los microorganismos y los exudados de plantas pueden variar las condiciones microambientales.
- Los microorganismos que aceleran las reacciones no pueden cambiar las condiciones termodinámicas
- La materia orgánica puede acumular sustancias tóxicas por adsorción. La formación de quelatos es importante a bajas concentraciones; pero no puede explicar la presencia de grandes concentraciones de contaminantes en solución.
- Los contaminantes no polares van a ocupar los poros y adsorberse en el material orgánico (interacciones i-i). Se dispersarán lentamente dependiendo de la velocidad de flujo del agua (porosidad y fuerza de la corriente)

- Los materiales biodegradables presentan enlaces polares (OH, NH, etc.), que reconocen los microorganismos. Los no polares son más difíciles de degradar, por lo tanto su permanencia es más alta y pueden bioacumularse.
- Los contaminantes en formas de compuestos coordinados (quelatos) son más tóxicos para los organismos. La toxicidad se relaciona con la sustitución del elemento central de una biomolécula (quelato), la precipitación del elemento central, la sustitución del ligante o el bloqueo de la posición activa de la biomolécula. Especialmente, es importante tomar en cuenta el aumento de toxicidad cuando los metales son absorbidos por los microorganismos, pues existe una tendencia a utilizar bioremediación, sin estudios muy profundos respecto a los compuestos finales que se forman y el destino de los microorganismos en una matriz sólida.

En el cuadro siguiente se presentan algunos ejemplos en los cuales se relacionan las características químicas de los contaminantes con su efecto en los suelos.

Cuadro 3. Características de los contaminantes y sus efectos en el suelo

contaminante	enlace	efectos muy probables	efectos posibles
ácidos	covalentes polares	alteran pH	disuelven minerales y M.O.
bases	iónicos	alteran pH	disuelven minerales anfóteros
carbonato de sodio	iónico soluble el carbonato se hidroliza	aumenta el pH y la conductividad ocupa posiciones en el complejo de intercambio	el suelo pierde textura, se expande (sodicidad). La materia orgánica se solubiliza
nitrate de sodio	iónico soluble no se hidroliza	aumenta conductividad y viaja a cuerpos de agua	contamina acuíferos
nitrate de amonio	iónico soluble, hidrólisis ácida	aumenta conductividad, fertiliza, viaja a mantos de agua	eutrofica cuerpos de agua
plaguicidas organoclorados	covalente, molecular dipolos inducidos	ocupa poros, se adsorbe, permanente	se bioacumula en, concentrándose en grasa
gasolina	covalente no polar líquido	ocupa poros	quita oxígeno, mata la vida del suelo y lentamente contamina acuíferos
lubricantes	covalente no polar líquido	ocupa poros	quita oxígeno, mata la vida del suelo y lentamente contamina acuíferos
cloruro de plomo	iónico	en suelos ácidos queda soluble o forma quelatos insolubles. En suelos básicos forma minerales insolubles	se precipita en la raíz puede contaminar cuerpos de agua ácidos. Se acumula como mineral
arseniato de sodio	iónico	puede cambiar de estado de oxidación, y formar compuestos volátiles	afecta la microbiota, contamina acuíferos y en extremo la atmósfera

2. alternativa de manejo y disposición de residuos peligrosos

2.1 establecimiento de un programa ambiental integral

El procedimiento tradicional para prevenir y controlar el daño al ambiente y a la salud que produce un proceso industria se basa, principalmente, en el análisis de la situación de la(s) planta(s) respecto a las normas nacionales o internacionales existentes y los requerimientos tecnológicos para asegurar su cumplimiento en un lapso determinado. Este tipo de compromiso presenta deficiencias de información y análisis, ya que principalmente se fundamenta en normas elaboradas en otros países. Además, su aplicación se puede ver limitada por considerar estrategias de solución no adecuadas a la situación específica de cada industria.

Una mejor opción la conforma el establecimiento de un programa, el cual fundamentándose en un estudio integral de los daños al ambiente y a la salud, proponga opciones de solución viables. La investigación se lleva a cabo con la participación de diversos especialistas y, para su desarrollo se toman en cuenta el entorno geográfico real, las preferencias sociales, y la capacidad de inversión y características propias de la industria; por lo que se logra un instrumento de mayor eficacia y eficiencia que los tradicionales.

La estrategia general del establecimiento de un programa ambiental integral se basa en las siguientes actividades.

- La definición de la situación actual de la industria, que incluye la evaluación de las afectaciones al ambiente y a la salud de la población expuesta, así como el estudio de los impactos futuros.
- La investigación de la(s) mejor(es) opción(es) que ofrece la tecnología de punta para el control ambiental, así como de las normas nacionales e internacionales vigentes.
- El establecimiento de la situación óptima, acorde a las condiciones reales que se define con base en un análisis de "costo beneficio", en donde se compara el costo incremental contra el beneficio incremental y el punto de cruce se selecciona como la situación óptima. El costo incremental relaciona el costo por unidad de contaminación abatida (\$/uca) de cada estrategia de solución tecnológica, respecto a las unidades de abatimiento de la contaminación que se alcanzan. El beneficio incremental se expresa como una función decreciente que representa el valor (medido como \$/uca) que la sociedad otorga a cada unidad adicional de contaminación abatida (con base en el nivel de calidad de vida que logra).
- El cálculo de la velocidad de cambio que se realiza considerando tiempos reales que aseguren la capacidad de la empresa para alcanzar la situación óptima y cumplir con sus compromisos.
- La descripción de la estrategia de solución, que contempla los cambios tecnológicos y los niveles de abatimiento de contaminación alcanzados; las técnicas operativas, los controles del proceso, los sistemas administrativos de apoyo, el manejo de desechos, mediciones y niveles máximos permisibles de los contaminantes (metas ambientales); sistemas de seguridad e higiene, medidas de reparación; y, finalmente, los tiempos de cumplimiento.

La investigación es de carácter interdisciplinario y conviene que al menos participen especialistas de las siguientes áreas:

- química e ingeniería ambientales
- salud ambiental
- análisis espacial y ciencias de la tierra
- economía ambiental

La investigación debe dar como resultado en una primera etapa:

- el estudio de afectaciones para la salud y el entorno, relacionados con la actividad rutinaria de la industria. Comprende los daños actuales y el pasivo ecológico.
- el estudio de riesgo en salud y ambiente relacionados con eventos extraordinarios.
- el estudio de impacto para la salud y el ambiente que considera los efectos futuros de la actividad diaria de la empresa.
- las medidas de reparación para atenuar la magnitud de las afectaciones.

En una segunda etapa se establecen las estrategias de prevención y control con base en los datos de las afectaciones e impacto. Estos últimos, junto con el análisis de riesgo conforman la base para establecer los diferentes niveles de abatimiento de la contaminación, respecto a los tiempos fijados para cada actividad.

En la tercera y última etapa los economistas calculan la curva costo beneficio y se determina el óptimo ambiental. En conjunto todos los grupos integran el programa compromiso.

Aunque cada grupo realiza parte del trabajo por separado, se deben apoyar mutuamente con información y discusión de los resultados. La interdisciplinarietà no es la simple suma de estudios independientes.

2.2 estrategia de manejo y disposición de residuos

2.2.1 principios fundamentales

Aunque la instrumentación de un sistema de manejo no requiere del establecimiento de un programa integral como el que ya se describió, resulta indiscutiblemente más eficiente y efectivo cuando se cuenta con ese instrumento. Se resuelven los problemas de residuos conjuntamente con los contaminación del aire y agua; así como ruido, polvos y se mejoran las condiciones de seguridad e higiene y se mejoran las relaciones con la comunidad y gobierno. Sin embargo a continuación se plantean medidas que pueden establecerse de manera independiente a un programa integral.

Los principios básicos de la administración de residuos se basa:

- dejar de generar residuos peligrosos (reducción)
- si no es posible evitar su producción, hacerlo en cantidades mínimas (minimización)
- reciclarlos (minimización)
- reusarlos. Pueden requerirse tratamientos térmicos, químicos, físicos o microbiológicos
- estabilizarlos termodinámicamente
- confinamiento

Un programa de reducción se refiere a la eliminación de un residuo peligroso desde sus orígenes, sustituyendo las materias primas, la tecnología o mediante adaptaciones en las operaciones. Un programa de minimización se relaciona, principalmente, con el establecimiento de sistemas para control de proceso y su optimización (mejoramiento bajo las condiciones reales) con los cuales se logra minimizar las cantidades desperdiciadas, recuperar valores y/o reciclar (dentro del mismo proceso). La reutilización o reuso se refiere a establecer sistemas para que el residuo pueda ser aprovechado por otro proceso industrial o ser comercializado. Existen tecnologías basadas en procesos térmicos, químicos, físicos o microbiológicos que pueden aumentar el valor del residuo, y/o disminuir su peligrosidad.

La estabilización termodinámica se refiere a la transformación del residuo peligroso a especies muy estables que pueden disponerse sin peligro para la biota, como se revisará a mayor profundidad en párrafos posteriores. En general los compuestos estables de acuerdo a sus características termodinámicas son los mismos minerales que se observan en la naturaleza; por ejemplo el fluor puede transformarse a fluorita de calcio y el cromo a cromita. Esta solución exige una estricta vigilancia sobre aspectos físicos del residuo sólido y la forma en que se disponen.

2.2.2 caracterización y clasificación de los residuos

Para cualquiera de las actividades descritas, en primer término, resulta necesario determinar las cantidades y las características de los residuos generados:

- identificación del tipo de matriz (sólido o lodo)
- identificación de los contaminantes

Posteriormente, se deben clasificar en grupos de los contaminantes de acuerdo a su enlace químico y su capacidad combustible (figura 20).

- **covalentes** compuestos formados por elementos no metálicos.
 - a. *moleculares*. Compuestos que forman moléculas y aquellos compuestos de coordinación que presenten características similares
 - a.1. *de bajo contenido calorífico y biodegradables*
 - a.2. *de alto contenido calorífico*
 - b. *de red covalente*
 - b.2. *alto contenido calorífico*
 - b.2. *estables al calor*
- **iónicos**, compuestos formados por la unión de metales con no metales. En este grupo se deben incluir los compuestos de coordinación que presenten características similares.
 - a. *no solubles y/o no reactivos*
 - b. *solubles y/o reactivos*
- **metálicos**, compuestos formados por elementos metálicos
 - a. *alta reactividad con agua y/o aire*
 - b. *baja reactividad con agua y/o aire*

Cada grupo presenta diferentes propiedades, las cuales ya fueron analizadas en el capítulo anterior. No obstante, a continuación se presenta un resumen al respecto.

MOLECULARES

Los elementos no metálicos forman sustancias volátiles, la mayoría son gases o líquidos y sólidos de bajo punto de fusión. En consecuencia su biodisponibilidad es alta, ya que se pueden respirar o absorber por la piel. Muchos compuestos de este tipo de uso común son tóxicos, como es el caso del gas natural, del gas LP e hidrocarburos líquidos como las gasolinas; plaguicidas, disolventes, etc. Otros en cambio son más usados por la industria como el percloroetileno, acrilonitrilos, benzopirenos, dioxinas, etc. Otras moléculas que pertenecen a este grupo no son tóxicas, ya que pueden ser metabolizadas por los seres vivos, como el oxígeno, las azúcares, las grasas, las proteínas y el alcohol etílico.

Su peligrosidad está relacionada a la forma en que están unidos los elementos y no a las propiedades de los átomos. En muchas ocasiones las sustancias peligrosas están formadas por elementos considerados esenciales para la vida como es el caso del carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno; que unidos de diferente manera y en diferente cantidad pueden ser esenciales o causar la muerte. Por ejemplo, las proteínas formadas principalmente por carbono, nitrógeno, hidrógeno y oxígeno son esenciales para el humano, mientras que el cianuro de hidrógeno que contiene carbono, hidrógeno y nitrógeno es muy tóxico. En el mismo caso se encuentra el ácido nítrico corrosivo y la nitroglicerina explosiva. Cuando las moléculas contienen otros elementos no metálicos, como el cloro, bromo, flúor, arsénico etc. su peligrosidad puede aumentar, como en el caso del sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico), cloro gaseoso, fluoruro de hidrógeno (ácido fluorhídrico) o arsinas.

Muchas de las moléculas orgánicas tienen altas capacidades caloríficas. La capacidad calorífica está relacionada a la energía interna de la molécula y muchos de ellos son buenos combustibles como los hidrocarburos, disolventes, aceites, grasas, etc.

REDES COVALENTES Y POLÍMEROS

El carbono así como otros elementos no metálicos como el silicio, se enlazan covalentemente formando redes muy estables, sólidas y de punto de fusión muy altos, como es el caso de la arena, ágata, grafito o diamante. Asimismo, por medios naturales o mediante procesos industriales, se han obtenido una gran variedad de productos que presentan alguna o varias características muy especiales y útiles, como inercia, resistencia, elasticidad, ligereza, transparencia, etc. Estas sustancias son el producto de la unión (polimerización) de las moléculas que forman cadenas de elevado peso molecular que tienen propiedades totalmente diferentes de las unidades originales; como es el caso de los plásticos.

La peligrosidad de las primeras sustancias (que son estables como redes pero no como moléculas) generalmente está relacionada con el estado físico (polvo), ya que al ser respiradas afectan el sistema respiratorio, como es el caso de las arenas finas utilizados para el pulido. En el caso de las segundas que son polímeros que proceden de moléculas estables, los puntos de fusión son menores, y muchas pueden ser inflamables; por lo que sus efectos pueden ser de mayor magnitud que las anteriores: Los envases plásticos y llantas inutilizan suelos agrícolas y afectan la belleza del paisaje; pero también pueden incendiarse y contaminar la atmósfera.

COMPUESTOS IÓNICOS

Cuando se une un metal con un no metal forman compuestos que se conocen como sales que son siempre sólidas, cristalinas y frágiles. Están formadas por partículas cargadas positiva y negativamente (iones) y cuando la energía que las une (energía de lattice) es menor que la energía de hidratación (energía que se desprende cuando moléculas de agua rodean al ion), se solubilizan. Por ejemplo, la sal de mesa que es el cloruro de sodio, es muy soluble. En el caso contrario cuando la energía de la red cristalina (lattice) es mucho mayor que la energía de hidratación son insolubles pero pueden ser reactivas, corrosivas y hasta explosivas (oxidación-reducción o ácido-base). Por ejemplo: los cromatos y permanganatos son solubles y muy oxidantes; el carbonato de sodio conocido como sosa se hidroliza en agua produciendo sosa cáustica por lo que es corrosivo, y el perclorato de amonio es explosivo. El efecto de las sales solubles en el entorno, está relacionado con el aumento de la presión osmótica, como es el caso de la sal común que en pequeñas dosis es necesaria para ciertos organismos, pero en mayores concentraciones resulta un veneno para suelos, plantas y vida acuática. En el suelo aumenta la presión osmótica de la solución y se intercambia con el calcio en las arcillas y materia orgánica, lo que genera un suelo *hinchado*, con la materia orgánica solubilizada y el pH muy alto. La alta presión osmótica afecta la salud de las plantas y organismos del suelo y cuerpos de agua, inclusive en zonas salinas el aumento de concentración de la sal puede afectar irreversiblemente la vida de la flora y fauna local.

También hay compuestos de frontera que tienen carácter iónico pero son muy insolubles y poco reactivos. Pero sus propiedades los hacen más parecidos a los covalentes de red y conviene manejarlos junto con estos. Es el caso de los silicatos y aluminatos (asbestos, vidrios, cementos etc.). Son sólidos, estables y producen, básicamente, daños físicos en los organismos cuando se manejan como polvos. Finalmente, hay que considerar aquellos compuestos que se producen de la unión de moléculas orgánicas con metales, denominados organometálicos. Por ejemplo, el mercurocromo, el mertiolate y diversos alquilmecuratos que son usados como fungicidas. Al contrario de los silicatos o aluminatos, éstos son reactivos (pueden inflamarse al contacto del aire) y muy tóxicos. Conviene incluirlos en el grupo de covalentes moleculares.

METALES

Los metales son sólidos y algunos pocos son líquidos de alta cohesión, como el mercurio. Su reactividad es variable, algunos denominados nobles son muy poco reactivos -como el oro y el platino-, en cambio otros son muy reactivos, se inflaman al contacto con el aire y con el agua liberan calor, como el caso del sodio. Cuando se unen entre ellos, forman compuestos, soluciones y mezclas que se denominan aleaciones. Conviene clasificarlos en reactivos y no reactivos. Estos últimos son recuperables y tiene en general valor en el mercado.

COMPUESTOS DE COORDINACIÓN

Los metales de transición (hierro, cobre, manganeso, mercurio, etc.) forman compuestos con diferentes especies capaces de donar un par de electrones (ligantes) que se denominan compuestos de coordinación, también conocidos como complejos. Cuando un ligante participa con más de una posición se les denomina quelatos. En los seres vivos son muy comunes, ya que permiten una serie de reacciones vitales para la vida, por ejemplo la hemoglobina lleva el oxígeno a todas las células.

La peligrosidad de los residuos que los contienen es muy variable, pues depende de la disponibilidad de los compuestos en el ambiente y de su reactividad (relacionada con la constante de estabilidad) pues reaccionan con los compuestos de coordinación vitales para el

funcionamiento de un organismo y los desactivan. Cuando se ingiere un quelato que contiene algún metal pesado, generalmente es más tóxico que cuando se ingiere en forma de sal. En los casos en que el compuesto de coordinación es muy estable e insoluble, su peligrosidad disminuye: el cianuro libre que es más peligroso que el cianuro coordinado con hierro. La industria utiliza estos compuestos para muy diferentes procesos, quelatos sintéticos como tripolifosfato de sodio o etilendiamintetraacetato de sodio (EDTA) son utilizados en el tratamiento de aguas y en las minas se utilizan cianuros para coordinar al hierro u otro elemento y lograr separar el mineral con valor (flotación).

Aparte de sus efectos tóxicos, los agentes quelatantes pueden cambiar el comportamiento de un elemento, aumentando su reactividad. Por ejemplo, pueden disolver continuamente la capa de óxido de aluminio que protege a una pieza de aluminio, hasta que toda la pieza se corroe.

Una vez que se tienen clasificados los residuos, se pueden seleccionar las tecnologías para cada grupo:

c. Actividades para la selección de tecnologías

- c.1 generación de una lista de tecnologías de punta adecuadas para cada grupo
- c.2 investigación de los fundamentos de las tecnologías
- c.3 investigación del manejo y pretratamiento de los materiales para cada tecnología potencial y para cada grupo de desechos
- c.4 evaluación de sus beneficios y restricciones

Las sustancias moleculares orgánicas con alto calor calorífico, como son las llantas, disolventes, aceites, telas y cartón contaminadas con aceites y gasolinas, madera, etc. deben tratarse mediante termólisis (descomposición térmica sin aire³). El material orgánico peligroso y no peligroso se transforma principalmente en hidrocarburos limpios y/o carbón. La ausencia de oxígeno permite la separación de la fracción orgánica (combustibles y agua) de la fracción inorgánica (sal y metales). La selección de las condiciones de presión, aire, temperatura y tiempo de residencia son muy importantes, ya que de ellas depende el obtener materias primas del mismo proceso, o combustibles para generar vapor y/o electricidad. Con esta técnica es posible también tratar suelos contaminados con gasolinas, lodos de plantas biológicas, relaves con orgánicos y muchos otros residuos. La termólisis es una tecnología que permite convertir a muchos procesos industriales lineales en cíclicos y presenta otras ventajas, entre ellas:

- no genera gases contaminantes como la incineración (óxidos de nitrógeno y azufre), ya que se forman sustancias en sus estados reducidos (nitrógeno gaseoso y azufre sólido). El cloro y el flúor se reducen a cloruros y fluoruros y se pueden precipitar con calcio
- permite manejar a todo tipo de orgánico con alto valor calorífico incluyendo una mezcla de residuos domésticos e industriales (peligrosos)
- convierte la basura en una fuente de energía, que en una pequeña parte mantiene al sistema y resto se puede utilizar para el proceso (cogeneración) o como fuente de energía de las tecnologías de tratamiento de residuos complementarias

³ esta técnica también se denomina pirólisis, aunque depende de la cantidad de oxígeno que se utilice, ya que la pirólisis necesita que haya aire y si las condiciones son totalmente reductoras (sin oxígeno) el término más adecuado es termólisis (rompimiento de los enlaces con temperatura).

- es posible transformar, en algunos casos, los residuos en materia prima del proceso (lineal a cíclico)
- permite tratar los lodos de las plantas de tratamiento, suelos y relaves contaminados con hidrocarburos u otros orgánicos. Los suelos pueden ser transformados en ladrillos útiles para el hombre (reuso).
- los plásticos, aceites, disolventes orgánicos, compuestos orgánicos clorados, hidrocarburos, materiales contaminados con estos productos se convierten en hidrocarburos ligeros limpios o carbón (negro de humo)

La Incineración y la recuperación de disolventes y lubricantes gastados, no se considerarán técnicas muy práctica. Los lubricantes gastados contienen impurezas muy tóxicas que a su vez hay que disponer; y su incineración a altas temperaturas, inclusive cuando se cuenta con un sistema complejo de filtros, forma huellas, a veces en partes por trillón, de compuestos tóxicos (concentraciones menores a los límites que exigen las normas y muy difíciles de cuantificar). Estas pequeñas concentraciones se bioacumulan produciendo problemas en los seres vivos, por ejemplo en Suiza se observó que por causa de los incineradores los huevos de buhós se habían esterilizado.

Las sustancias moleculares de bajo contenido calorífico deben a su vez subdividirse en materiales biodegradables y no biodegradables. A excepción de las especies ácidas el resto pueden adicionarse conjuntamente en pequeñas dosis al material preparado para la termólisis de manera que no baje demasiado su valor calorífero. Específicamente las biodegradables pueden ser enviadas a suelos para su biodigestión, pero con técnicas simples y fundamentadas de manera de lograr que el material se transforme en humus. Las sustancias ácidas se pueden neutralizar y manejarse junto con las sustancias iónicas; o establecer el reciclado o buscar su reuso, dependiendo de su composición específica. Por ejemplo, el ácido sulfúrico procedente del decapado se puede reciclar o reutilizar como recuperador de suelos salino sódicos. Cabe mencionar que siempre que se utilice el suelo como biodigestor, es necesario contar con estudios serios que aseguren que no existe posibilidad de contaminar el suelo y cuerpos de agua o dañar plantas y microfauna.

Las sustancias covalentes de red y iónicas muy estables y prácticamente inertes (arenas, vidrio, etc.) pueden ser reutilizadas directamente o después de efectuar un proceso simple de recuperación. En caso de que no se quiera establecer un sistema de reuso es posible depositarlas en un terreno adecuado, cuidando de cubrirlas para que no las mueva el viento. El sitio debe ser escogido de manera de no destruir físicamente suelos agrícolas. En el caso de relaves inertes únicamente se debe cuidar los aspectos de estabilidad física.

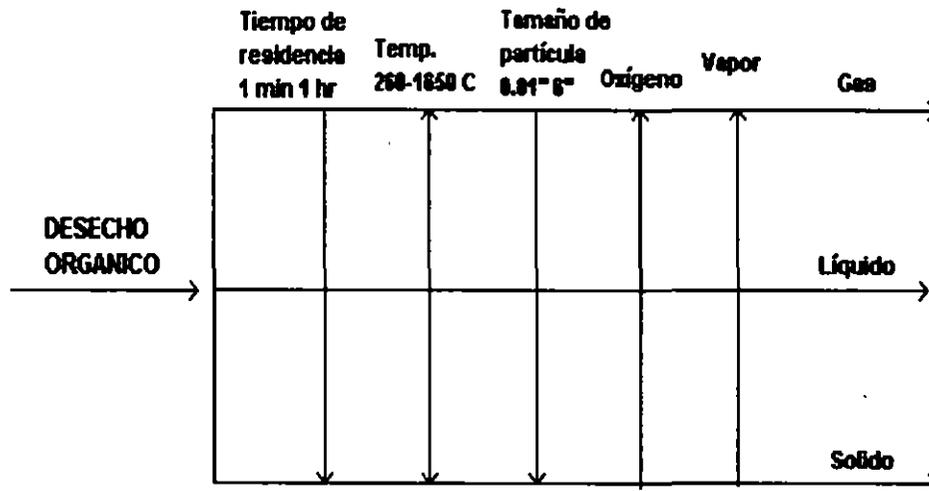
Las especies iónicas solubles deben reutilizarse después de purificarse, y en los casos en que sea posible se deben transformar a especies insolubles termodinámicamente estables y similares a las formas que existen en la naturaleza. Hay elementos que siempre forman compuestos solubles y por lo tanto no son posibles de estabilizar, como es el caso del sodio (cloruro de sodio, sulfato de sodio, carbonato de sodio etc.), pero pueden ser fácilmente reutilizadas.⁴

Las especies iónicas insolubles o aquellas que pueden insolubilizarse, se deben transformar en ladrillos que pueden ser utilizados para construcción o en último caso disponerse sin ningún peligro en un terreno. Los ladrillos obtenidos a partir de la mezcla de residuos ricos en cromatos con ácidos de decapado y cal, bajo presión y temperatura, convierten a los cromatos (solubles y

⁴ en zonas de alta insolación como México, debían desarrollarse procesos para recrystalizar los productos mediante el uso de energía solar. Mientras tanto se propone utilizar la energía producida mediante la termólisis de las basuras con valor calorífero para establecer los sistemas de evaporación y cristalización.

El rendimiento específico de los productos del proceso de pirólisis esta influenciado por el tiempo de residencia, temperatura, tamaño de partícula del desecho alimentado, y la atmósfera (O₂, aire, O₂ libre, vapor). Por otro lado, es preciso distinguir entre una pirólisis a temperatura baja que fundamentalmente conduce a reacciones alifáticas, y una pirólisis a altas temperaturas, en la que se aromatizan las fracciones alifáticas.

Figura 21

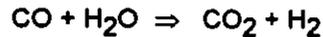
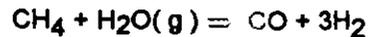


Parámetros que influyen en el rendimiento del proceso de pirólisis
Tomado de Leidner, J. (1981).

Parámetros que influyen en el rendimiento de la pirólisis

Cuando existe un incremento en la temperatura del proceso el rendimiento del producto se ve afectado de la siguiente manera:

- el residuo sólido disminuye con el aumento de la temperatura, debido al aumento en la conversión de carbono a gas.
- la cantidad de agua disminuye con el aumento de la temperatura debido a reacciones con monóxido de carbono y metano.



- la cantidad de aceites ligeros condensados disminuye con el aumento de la temperatura debido a reacciones de "cracking" las cuales dan productos de bajo peso molecular.
- finalmente, el rendimiento de los gases y el contenido calorífico aumentan con la temperatura.

Tipos de residuos

El proceso de pirólisis puede ser aplicado a los residuos sólidos, a los lodos y a los residuos líquidos. Los siguientes residuos son recomendables para ser tratados por pirólisis:

- materiales que son muy viscosos, abrasivos o que varían mucho en consistencia como para ser atomizados en un incinerador.
- residuos que presentan un cambio total o parcial en sus fases durante el proceso térmico, como los plásticos
- materiales que contienen sales o metales que se funden o pueden volatilizan en las temperaturas de un incinerados normal
- materiales con alto contenido de residuos, como líquidos con una concentración elevada de cenizas.
- residuos almacenados en contenedores o tambores que no pueden ser drenados
- residuos inorgánicos volátiles a altas temperaturas como NaCl, FeCl₂, Zn y Pb

Tipos de sistemas de pirólisis

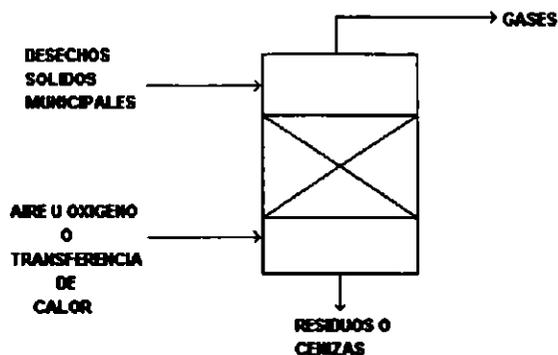
La mayor parte de los sistemas de pirólisis son muy similares. Antes de cargar los desechos sólidos municipales en el reactor de pirólisis, el producto alimentado es secado y triturado y se introduce al reactor oxígeno o aire en el caso de reactores de calentamiento indirecto. El calor contenido en los productos de pirólisis es recuperado mejorando la calidad de los posibles productos del proceso final.

Entre los tipos de reactores que se usan en pirólisis, los más populares son:

- reactor de eje
- reactor de horno rotacional
- reactor de lecho fluidizado

En los reactores verticales la alimentación de los desechos sólidos municipales se alimentan por la parte superior, depositándose en el fondo por su propio peso. Oxígeno, aire, o calor de cambio se alimenta por la parte inferior del reactor. Los gases generados en el proceso pasan hacia arriba y son removidos por la parte superior (Figura 22)

Figura 22

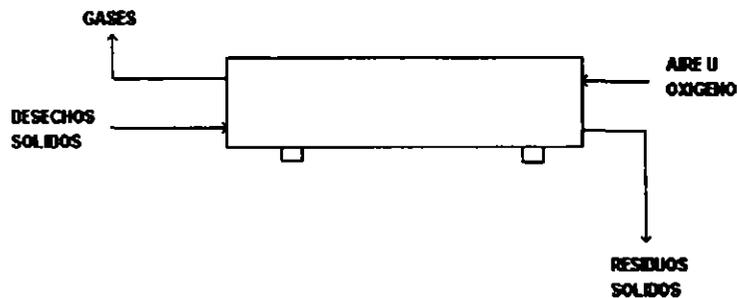


REACTOR DE HELICE VERTICAL

El reactor de horno rotacional es un cilindro con movimiento rotacional a un ángulo conveniente. La alimentación es en uno de los extremos del reactor, el material se transporta debido a la pendiente y al movimiento rotacional (Figura 23).

El reactor de lecho fluidizado se usa habitualmente en procesos de gasificación del carbón. Los desechos sólidos requieren de una pretrituración antes de ser alimentados, ya que la fluidización requiere de un material de tamaño uniforme. Estos reactores operan a bajas temperaturas en un intervalo de (1400 - 1800 °F) por debajo de estas temperaturas forman escoriaciones. El calor necesario para el proceso de pirólisis se genera por una oxidación parcial de los desechos o por recirculación precalentada de los sólidos fluidizados. Una desventaja del reactor es que requiere de una considerable preparación de la cámara de alimentación. Y la ventaja principal es que ofrece un buen control de la temperatura (en la práctica se ha preferido el de horno rotacional).

Figura 23

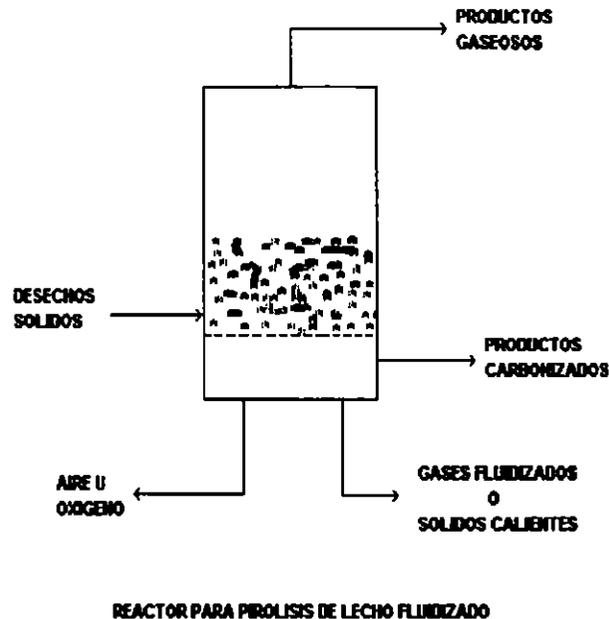


REACTOR PARA PIROLISIS DE HORNO ROTACIONAL

Avances actuales en la aplicación de la pirólisis la cogeneración

Estudios realizados por Kaiser y Friedman (1968), en pruebas de laboratorio sobre destilación destructiva de desechos orgánicos y la posibilidad de gasificar completamente materia orgánica fueron realizados con basura homogénea, dichos estudios mostraron una aplicación importante de la pirólisis para la destrucción de desechos. En cuanto a la emisión de gases producida durante el proceso, revelaron que la cantidad de gas producida es alta cuando el proceso se lleva a a cabo a temperaturas altas, ó bajas con una baja producción de intermediarios, lo cual indica que es posible realizar el proceso por la adición rápida de calor. Drobny y Hull (1980) sugieren que el carbón producido durante la pirólisis puede ser convertido en gas mediante la adición de oxígeno al ambiente después de la pirólisis, ya que el calor producido de la combustión del carbón puede ser utilizado para pirolizar más desechos que entran al proceso, estableciendo un sistema más eficiente en el cual el calor desprendido es reutilizado (Figura 24).

Figura 24



Asimismo, otros estudios con desechos sólidos cuya composición es heterogénea confirman que los productos de la pirólisis son gases, alquitrán y residuos sólidos. Todos estos constituyentes representan formas potenciales de energía que puede ser reutilizable o empleada para mantener el mismo proceso para la incineración de uno o más productos; considerando que los gases líquidos y sólidos producidos son de importante valor comercial, y además se reduce el volumen original en un 50% o más.

Sannei W, Walters J, et al., (1970), sometieron a pirólisis grandes cantidades de desechos sólidos y demostraron que de una tonelada de desechos municipales se obtienen:

- ◆ 154 a 424 lb de residuo sólido
- ◆ 0.5 a 6 galones de alquitrán
- ◆ 1 a 4 galones de aceite
- ◆ 97 a 133 galones de alcohol
- ◆ 16 a 32 lb de sulfato de amonio
- ◆ 32 a 18058 pie³ de gas

y de una tonelada de desechos industriales (constituida principalmente de papel, trapo y cartón) se obtienen:

- ◆ 618 a 838 lb de residuos
- ◆ 1.5 a 3 galones de aceite
- ◆ 68 a 75 galones de alcohol
- ◆ 12 a 23 lb de sulfato de amonio
- ◆ 9270 a 14065 pie³ de gas

Con base a estos datos se concluye que la energía obtenida del gas es más que suficiente para proporcionar calor durante el proceso de pirólisis. A continuación se presenta algunos datos sobre el desarrollo de la pirólisis para la generación de electricidad.

En 1938, W.L. Faith y J.E. Hendrick realizaron un perfil de descomposición térmica (pirólisis) a nivel de laboratorio en dos partes, la primera enfocada a sólidos tales como madera y carbón, y la segunda para líquidos como el petróleo. Con el avance tecnológico logrado en el transcurso del tiempo se han ido instrumentando sistemas de control para una pirólisis óptima. Abdullaev, et al., (1974) desarrollaron un tipo de sistema de control por computadora para el tratamiento de diversos disolventes (etileno, propileno y gasolina).

Brelski, Edwart, (1974) determinaron que existe una relación muy estrecha entre el tipo de material que se procesa y el equipo que se debe utilizar. En este trabajo se describen las características del material, y el tipo de reactor que debe utilizarse para obtener una mejor eficiencia. Bandik, et al, (1972) proponen la pirólisis de hidrocarburos en un reactor experimental de alta temperatura de flama en el que se mide el efecto del oxígeno en la composición de los gases resultantes, además determinan las condiciones para un máximo rendimiento. Von Klenck, et al, (1973) propusieron una modalidad diferente de reactor pirolítico. Éste consiste básicamente en un líquido que se pone en contacto directo con el material a tratar, los cuales forman una nata que es continuamente retirada , y en donde los gases formados son empleados para generar energía eléctrica, la cual se utiliza en la operación del horno para mantener la fluidez del material fundido. También se debe considerar que dentro de las varias condiciones operacionales de los hornos de pirólisis, es posible seleccionar aquella en la que la concentración de oxígeno es baja o hay una ausencia total del mismo.

Kemp Klaus en 1976, describe un transformador anaeróbico de basura, en el cual existe un triturador y la basura ya cribada se transporta al interior del horno que contiene un condensador de gases, los cuales pueden ser reutilizables, así como los otros productos líquidos y sólidos obtenidos.

Se ha estudiado el uso de la pirólisis para la degradación y obtención de diversos compuestos, provenientes de la celulosa. Rodríguez Jimenez y colaboradores (1989) estudiaron la conversión de desechos de lignocelulosa por medio de la pirólisis, para manufacturar combustibles por un proceso de calentamiento ultrarápido, en un intervalo de 500-600 ° C. .

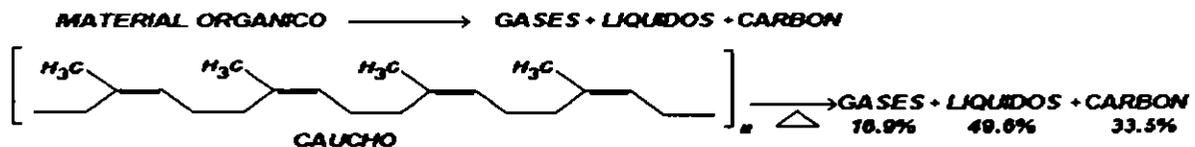
Por otro lado se informó la obtención de lignoglucosa a partir de celulosa mediante una pirólisis rápida, obteniendo además hidroxiacetaldehído. Se determinó que de acuerdo a las condiciones de temperatura, la reacción puede seguir rutas alternas. Diversos autores hacen notar que la pirólisis es un proceso que, por las condiciones en las que opera y los productos que se forman, no sólo es posible de utilizar para el tratamiento de desechos sólidos o líquidos, sino que es factible de instrumentar como herramienta complementaria en el análisis químico, especialmente unido a la cromatografía de gases; por ejemplo, sirve para la caracterización de material químico orgánico (Somukawa Kisaburo); o como prueba de laboratorio para obtener información acerca de la degradación térmica de compuestos orgánicos e incluso para el tratamiento de desechos radioactivos.

Brenist y Waerme, en 1992 aplicaron esta técnica para el tratamiento de diversos residuos como fangos y arena fundida. Mingxie, et al, (1991) llevaron a cabo un estudio experimental para el tratamiento de desechos radioactivos que contienen plásticos y caucho, los cuales son quemados bajo ciertas condiciones controladas de oxígeno, obteniéndose un factor de reducción de volúmenes muy alto, bajo condiciones controladas. Hollan, Kenneth, et al, (1992), instrumentaron un sistema de pirólisis para la destrucción de desechos sólidos generados en servicios hospitalarios tales como jeringas, frascos y otros materiales.

Referente al tratamiento de hidrocarburos y residuos orgánicos se han desarrollado métodos para optimizar su uso como fuente de energía, entre estos se encuentra un reactor de pirólisis ultra rápido que adiciona calor para la pirólisis de desechos orgánicos y sólidos, recuperando diversos productos petroquímicos (Brown, Douglas, et al, 1992). El material crudo es recuperado de desechos petroquímicos mediante una pirólisis ultra rápida de sólidos granulados transportados mediante un tren de gases en un tubo helicoidal metálico. Los productos sólidos extraídos en la reacción del gas son separados y los productos primarios líquidos de la pirólisis son condensados. El gas combustible de bajo contenido calorífico que se produce en el quemador proporcionan el calor para la combustión, mezclándolo con el gas transportador, de manera que se logra implantar un proceso cíclico.

El caucho, llantas, etc. son pirolizadas en un reactor ultra rápido (0.41 s de tiempo de residencia, a 550°) resultando 33.5 % de carbón, 16.9 % de gases, y 49.6 % de líquidos, este líquido recuperado comprende aceite de un grado similar al aceite del número 2 y contiene compuestos como benceno, xileno, tolueno, estireno, y limoneno. Los gases recuperados contienen principalmente 12.58 % de hidrógeno, 22.46 % de metano, 15.15 % de etano , 13.77 % de propano y 9.67 % de isobutano (fig. 25).

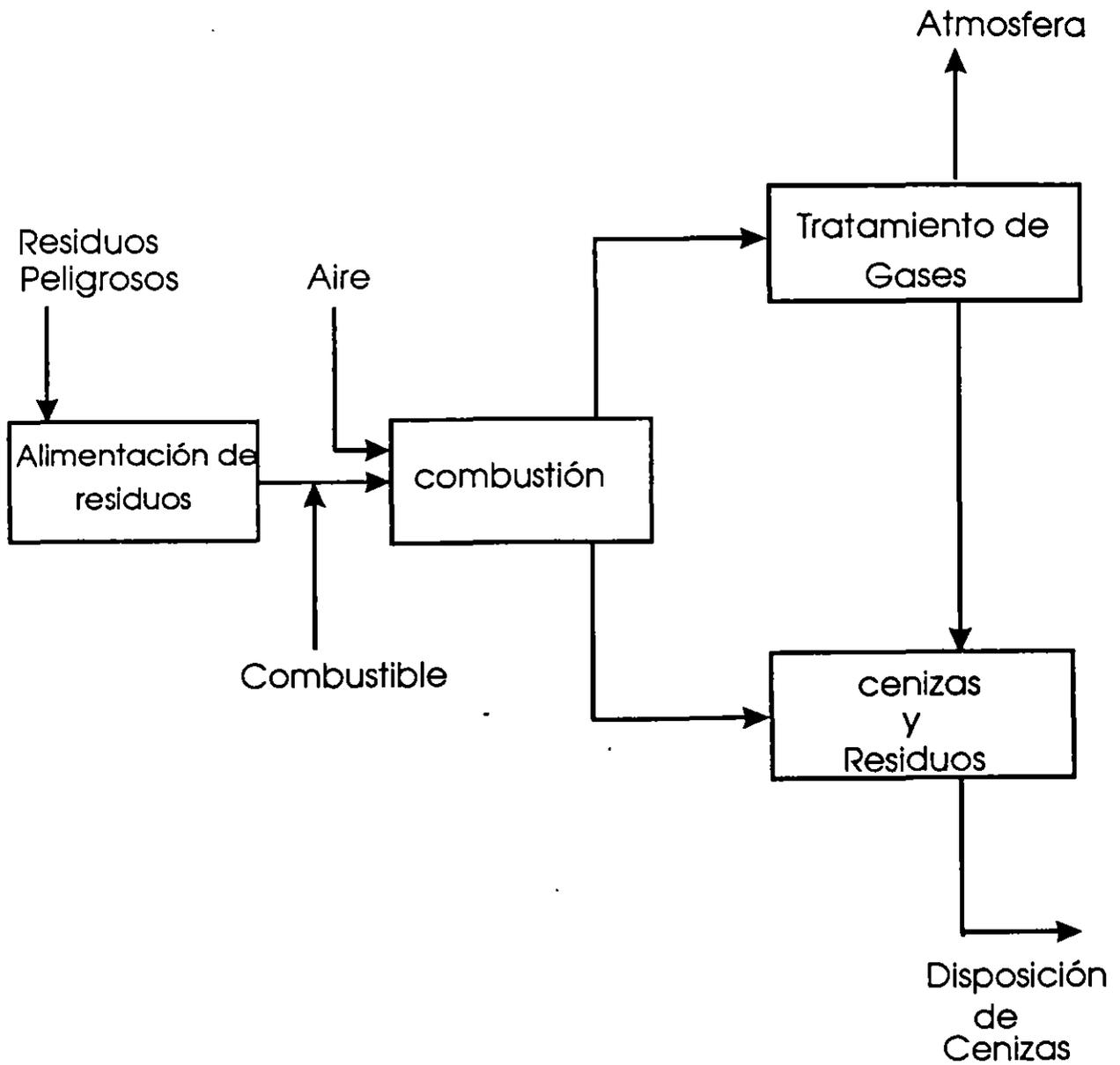
Figura25. Pirólisis del caucho



De acuerdo a Neubert, et al, (1989) los desechos tratados por pirólisis en combinación con la incineración a altas temperaturas y a fuego lento, permiten reciclar los residuos de este proceso en forma casi total; o se pueden disponer sin peligro para que se integren a los ciclos naturales. Por lo que la pirólisis conforma un ejemplo de sistema limpio.

Figura 26.

Diagrama de bloques en procesos de incineración



El equipo específico usado para cada una de las fases antes señaladas, depende del tipo de incinerador, así como de las características físicas y químicas de los residuos para los cuales los incineradores se han diseñado. En algunos sistemas, los residuos son precalentados antes de entrar a la cámara de combustión donde se registran temperaturas más altas. La figura 27, muestra el flujo de un sistema típico de incineración para una amplia variedad de residuos.

En la sección de alimentado se preparan los residuos dependiendo de su estado físico dada que la alimentación es continua. Por ejemplo, un líquido puede requerir filtración ya que normalmente es bombeado a través de boquillas, las cuales atomizan el residuo junto con el combustible para que se quemén más fácilmente. Los residuos sólidos pueden requerir trituración y ser alimentados a granel o en contenedores usando mecanismos de transporte o por gravedad.

La cámara de combustión conforma el corazón de un proceso de incineración. Es parecida a una estufa y contiene un quemador donde son quemados los residuos, por lo cual es diseñado para retener y mantener la temperatura extremadamente alta. Al calentarse y gasificarse los residuos, éstos son mezclados con aire y pasados a través de flamas a muy altas temperaturas. En cuanto la temperatura de los gases se eleva, comienza la descomposición de materia orgánica que forma átomos o grupos de átomos que cuando entran en contacto con el oxígeno de el aire, forman compuestos inorgánicos tales como bióxido de carbón y agua. Dependiendo de la composición química de los residuos se pueden generar otros componentes inorgánicos como ácidos clorhídrico y sulfídrico.

Las temperaturas alcanzadas en la cámara de combustión son altas, varían en el intervalo de 900 °C a 1,400 °C (cuando están presente compuestos más refractarios se requieren temperaturas superiores a las señaladas). Los tiempos en que ocurre la combustión a estas temperaturas varían en varios segundos. En la mayoría de los incineradores actuales la combustión se efectúa en dos cámaras. La combustión de compuestos orgánicos de bajo peso molecular normalmente se efectúan en la primera cámara. Para los compuestos de mayor peso molecular, los cuales son más difíciles de quemar, la combustión completa se logra en la segunda cámara, después de que éstos han sido convertidos en gases y parcialmente quemados en la primera cámara.

Principales variables para el control de la incineración

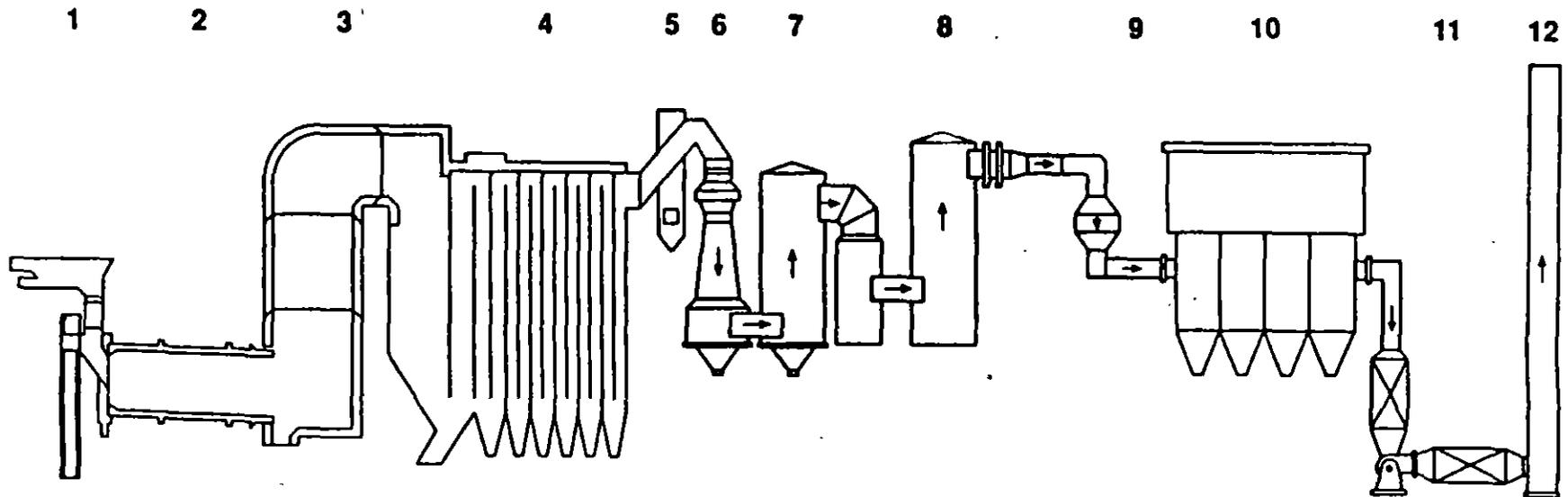
Para lograr una incineración eficiente de los residuos se requiere, básicamente, del control de las siguientes cuatro variables :

- temperatura de operación de la combustión.
- tiempo de residencia de los residuos en la cámara de combustión.
- turbulencia, para el mezclado óptimo del residuo con el aire.(un factor que se encuentra altamente relacionado con la última variable).
- cantidad de oxígeno disponible en la zona de combustión.

Como ya se mencionó los sistemas de incineración se diseñaron para destruir residuos orgánicos, sin embargo, existen muchos residuos que también contienen muchas sustancias orgánicas no combustibles.

Figura 27.

Diagrama de flujo de un sistema de incineración .



1 Alimentación
2 Horno rotatorio
3 Cámara de Post-combustión

5 Escape de seguridad
6 Quench
7 Lavador ácido
8 Lavador alcalino

9 Reactor de separación
10 Filtro de tejido
11 Ventilación a succión
12 chimenea

La incineración es un proceso simple cuando es visto de una manera superficial. Los compuestos orgánicos contienen carbono, hidrógeno y algunas veces oxígeno y nitrógeno con la posible presencia de metales y no metales como son los halógenos. Esto permite describir superficialmente la química de combustión, como la transformación del carbono a dióxido de carbono y el hidrógeno en agua. Desgraciadamente, esta química, sólo sería cierta en el caso de que las reacciones se llevaran a cabo con una eficiencia del 100 % lo que no ocurre.

Se considera que una combustión es completa, cuando existe una buena oxidación de los componentes orgánicos de carbono e hidrógeno. Para lograrla se requiere de una mezcla adecuada de aire, -considerando que sólo contiene 21 % de oxígeno por volumen-, con el carbón y el hidrógeno del combustible (residuo), para obtener bióxido de carbono y agua, en cantidades estequiométricas. Bajo estas condiciones, supuestamente el 79 % de nitrógeno presente en el aire se comporta como gas inerte, por que se considera que se mantiene constante durante todo el proceso de combustión.

Las reacciones típicas de la combustión son :



tecnologías aplicables para los sistemas de incineración

En la actualidad el funcionamiento en la industria de varios tipos de incineradores que operan, se clasifican en función de su diseño de la cámara de combustión y se engloban de la siguiente manera:

- a) de inyección líquida
- b) horno rotatorio
- c) lecho fluidizado
- d) de hogar múltiple
- e) de hogar fijo

A continuación se da una breve descripción de cada equipo :

a) Incineración por inyección líquida. Estos incineradores son usados exclusivamente para residuos de líquidos bombeables, pero también pueden ser alimentados con gases residuales. Están equipados de un simple cilindro que puede ser vertical u horizontal. Los residuos son inyectados a través de un atomizador. La eficiencia de el incinerador esta determinada por la atomización final de el residuo. Las temperaturas de el residuo de las flamas alcanzan alrededor de los 1,593 °C (2,900 °F) y el tiempo de residencia de los residuos es de uno a dos segundos.

b) Horno rotatorio. Residuos de todos tipos son alimentados dentro de un gran cilindro que puede tener más de 18.3 metros (60 pies) de longitud. El cilindro gira lentamente y reclina a un ángulo de 5°. Los residuos sólidos y líquidos son inyectados o empujados dentro del horno para ser convertidos en cenizas y agua. El horno gira muy lentamente y el tiempo de residencia de los sólidos es de 30 minutos. Los productos de los gases incombustibles

proveniente de el horno son enviados a una cámara de combustión secundaria. Estas unidades alcanzan temperaturas de 1,260 °C (2,300 °F).

- c) **De lecho fluidizado.** Aunque este tipo de dispositivos se conoce desde hace tiempo, sólo recientemente se han usado para quemar residuos peligrosos. Consta de un cilindro vertical que puede ser de 13.7 metros (45 pies) de alto, forrado con un lecho de arena aluminica o de carbonato de calcio. Esta mezcla con el residuo por medio de aire. Al agregar los residuos, inicialmente líquidos o lodos, éstos se mezclan con el lecho a temperaturas cercanas a los 871°C (1,600 °F). El escape de los gases fluye dentro de un quemador posterior para una mejor combustión. Aunque estos incineradores les falta la versatilidad del horno rotatorio, son más eficientes térmicamente que dichos hornos.
- d) **De hogar múltiple.** Los incineradores de múltiples etapas al principio no fueron considerados como incineradores, fueron utilizados como equipo para tostar rocas y minerales de varias minas y para el refinamiento de operaciones, posteriormente la tecnología se aplicó en un mercado de crecimiento rápido: la disposición de desperdicios de lodos. Este sistema aparece en la década de 1960 cuando las regulaciones mundiales para el control de emisiones a la atmósfera no eran tan estrictas.
- e) **Incineradores de hogar fijo.** Los incineradores de aire controlado están contruidos básicamente, como el sistema anterior, con una sección de quemado que opera después de la sección principal, con el objeto de quemar los productos que no se oxidaron durante la combustión de la primera sección. Este sistema era pequeño y modular y fue muy utilizado durante 1970 para la destrucción de los desperdicios de industrias y algunos materiales peligrosos.

En la actualidad los incineradores de inyección líquida son los tipos de incineradores más comunes, estos representan el 64 % de todos los incineradores de residuos peligrosos que se encuentran en servicio .

El diseño en los incineradores (donde se realiza la atomización mezcla de aire y quemado), es análogo al de una caldera, debido a que, principalmente, los combustibles son líquidos. El diseño debe considerar las características de los desperdicios líquidos, es decir si los residuos son de naturaleza orgánica, acuosos, acuosos-orgánico o acuosos-orgánico-sólidos. Los residuos sólidos están, usualmente, disueltos en orgánicos líquidos (cuyas características químicas son análogas).

Los compuestos orgánicos que contienen moléculas de cloro son de los residuos más peligrosos y son designados organoclorados. Proviene principalmente de usos de las actividades agrícolas, farmacéutica y de refinación. Al incinerar el cloro, éste elemento se reduce, disminuyendo el poder calorífico y creando un material difícil de quemar. El material clorado al quemarse de una manera incorrecta, produce un polvo negro y los productos de la combustión incluyen ácido clorhídrico gaseoso, bióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno y vapor de agua.

El problema que presentan la incineración de compuestos organoclorados, es su naturaleza corrosiva, la cual provoca un desgaste mayor en las boquillas, refractarias y en los instrumentos de control de contaminación del sistema de incineración.

emisiones de los sistemas de incineración

De la combustión de residuos se genera dos subproductos terminales: gases y sólidos en forma de cenizas. Los gases de combustión principalmente están compuestos de bióxido de carbono y vapor de agua, y pequeñas cantidades de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y otros gases que dependen de la composición de los residuos incinerados (cuadro 4). La ceniza es un material inorgánico que puede ser inerte o no, dependiendo de el residuo. En general, está formada por materia carbonizada, sales y metales, aunque como ya se comentó su composición exacta, como los gases, depende de tipo de residuo quemado. Durante la combustión, la mayoría de las cenizas se colecta en el fondo de la cámara, sin embargo, una fracción de ellas es llevada junto con los gases en forma de pequeñas partículas. Diferentes tipos de residuos producen diferentes cantidades de ceniza. La incineración de los residuos sólidos produce mayores cantidades de ceniza, normalmente del 10 al 30 % de la cantidad original de residuo.

Un incinerador con un buen diseño, puede tratar cualquier tipo de material. Estos incineradores deben operar a niveles extremadamente cerrados, para asegurarse la destrucción total de todo compuesto orgánico. Estos equipos en teoría pueden alcanzar el 100 % de eficiencia, pero en la realidad no lo logran (ningún proceso es cien por ciento eficiente).

Cuadro 4 características de emisión en un proceso de incineración de residuos peligrosos.

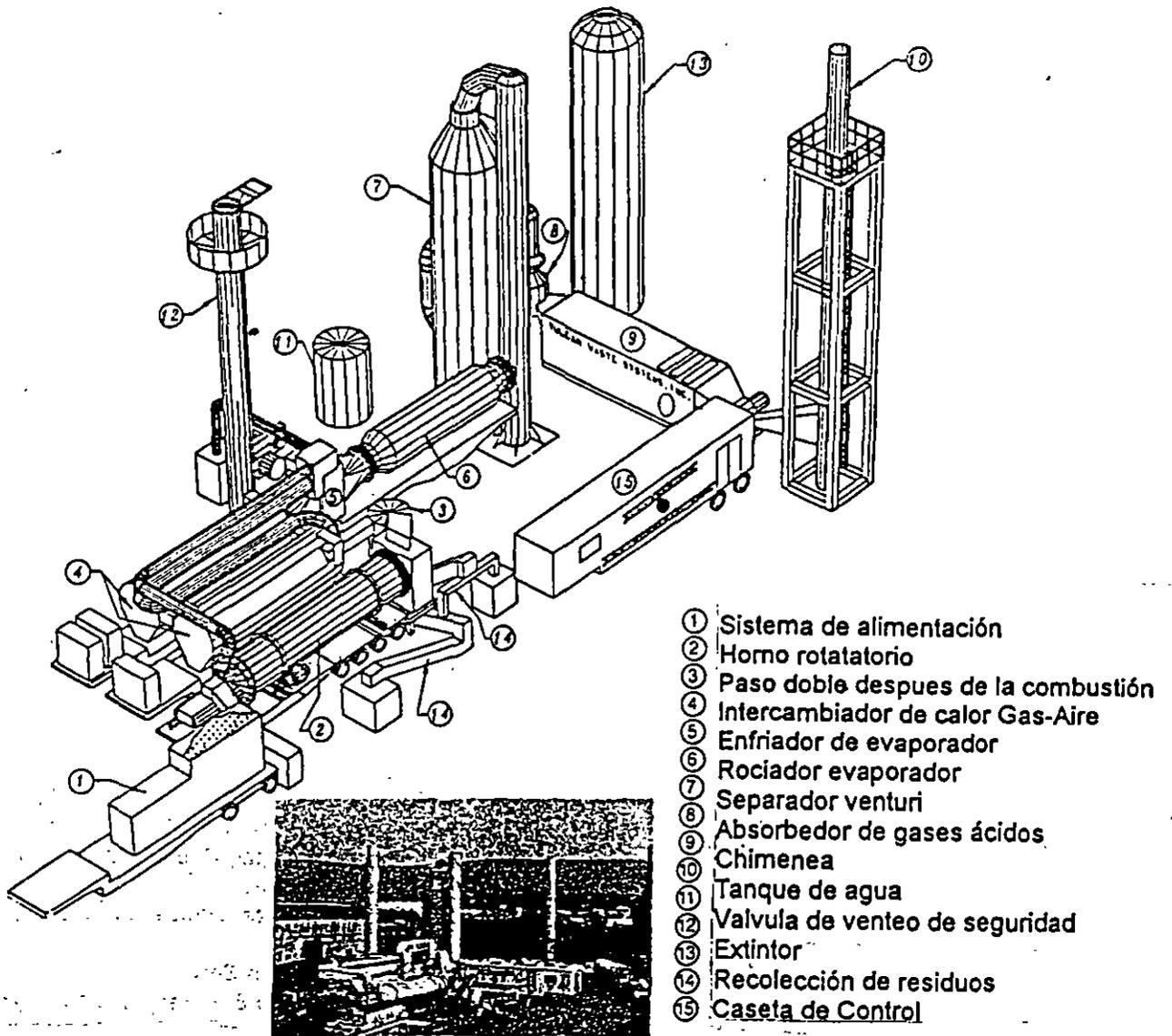
características del gas:	cantidad
Oxígeno	8 - 15 %
Bióxido de carbono	6 - 10 %
Monóxido de carbono	0 - 200 ppm
Hidrocarburos totales:	0 - 50 ppm
Emisiones particuladas:	
Unidades sin especificar	60 - 900 mg/dscm (0.03 -039 g/dscf)
Unidades especificadas	20 - 400 mg/dscm (0.01 -01 g/dscf)

El tipo y cantidad de compuestos, generados como subproducto de la incineración depende de la composición del residuo de la completa seguridad de el proceso de combustión y del equipo de control de contaminantes atmosféricos.

La figura 28 muestra un equipo de incineración completo, es decir con los sistemas y equipos modernos de control de contaminantes

Figura 28

Sistema de incineración moderno de residuos peligrosos



ventajas y limitaciones de la incineración

Los principales beneficios que ofrece este proceso de destrucción térmico son:

- ◆ se aplica a una gran variedad de residuos (líquidos, sólidos, y lodos), independientemente o combinados.
- ◆ su eficiencia de remoción es alta (hasta de 99.99 % o más)
- ◆ posibilidad de recuperar calor y gases
- ◆ destrucción de contaminantes con producción de productos terminales como CO₂ y agua
- ◆ los residuos terminales de la incineración (cenizas y gases) cumplen los requisitos para una disposición final, ya que en la mayoría de los casos los residuos se encuentran estabilizados.
- ◆ reduce el volumen y peso de los residuos a una fracción pequeña del volumen original, sobre todo a los residuos de alta carga orgánica.

limitaciones

- ◆ un alto contenido de humedad afecta los requerimientos de energía
- ◆ genera gases que son liberados a la atmósfera propiciando una fuente de contaminación
- ◆ los intervalos de temperatura requeridos son altos (900 °C a 1,400 °C), lo cual implica un control riguroso de la misma.
- ◆ se puede requerir energía adicional
- ◆ los subproductos de la incineración requieren tratamiento específico: humos, escorias y cenizas (residuos peligrosos)
- ◆ la energía calorífica producida en la incineración, no puede ser almacenada por largos periodos de tiempo.
- ◆ el control los gases y vapores emitidos (NO_x y Dioxinas entre otros) requiere equipo adicional, por lo que eleva su costo.
- ◆ se requiere personal altamente capacitado
- ◆ la mayoría de los residuos organoclorados no deben ser incinerados, tal es el caso de los bifenilos policlorados, DDT, dioxinas, furanos, etc. Debido a que requiere altas eficiencias de remoción (hasta, 99.9999 %).

TRATAMIENTO TÉRMICO POR INFRARROJO

Se genera radiación infrarroja y se tratan los gases con tiempos de retención adecuados. Se logra quemarlos transformándolos a cenizas, soluciones acuosas y gases de combustión que se

filtran. Presenta las mismas desventajas de la incineración, ya que sus residuos sólidos a su vez requieren ser confinados.

VITRIFICACIÓN

El tratamiento de vitrificación térmica es usado para inmovilizar los componentes peligrosos de los residuos y transformar el comportamiento químico y físico del mismo. La destrucción de los residuos peligrosos es logrado en una cámara de reacción a altas temperaturas y sin oxígeno (termólisis) que permiten reducir los compuestos a sus estados elementales o moléculas reducidas (CO, H₂ y carbón). Durante el proceso los contaminantes elementales se funden junto con la masa vítrea (silicosa). Las ventajas de la vitrificación, es que al igual que la termólisis, no se forman productos de oxidación y los productos inorgánicos obtenidos son muy poco solubles. La desventaja es que no permite el reuso o reciclado, como en el caso de la producción de ladrillos.

Se puede realizar este proceso *in situ*, insertando cuatro electrodos en el suelo a la profundidad deseada. Se coloca una mezcla de grafito y vidrio conductores entre los electrodos, para que el calor generado por la corriente entre los mismos, permita la formación del vidrio. El grafito es consumido por oxidación durante el proceso y la corriente es transferida al suelo fundido que se transforma en material conductor. Los compuestos orgánicos se termolizan transformándose en gases combustibles ligeros que migran hacia la superficie donde son quemados en presencia de oxígeno. Los materiales inorgánicos quedan formando parte del vidrio ya sea disueltos o simplemente encapsulados. Cuando la corriente eléctrica cesa, el vidrio se solidifica y los gases se captan para su posterior tratamiento.

Cabe hacer mención que con estos sistemas *in situ* se elimina la posibilidad de contaminar los acuíferos, pero se destruye el suelo que es un material natural invaluable que tarda miles de años en formarse y que es vital para la vida (se considera la piel de la tierra).

2.2.5 tratamientos físicos y químicos

OXIDACIÓN CON AIRE HÚMEDO (WET AIR OXIDATION)

Es un tratamiento que rompe los enlaces presentes en los compuestos orgánicos e inorgánicos oxidables, ya sea que se encuentren como sólidos en suspensión o disueltos. Se realiza a altas temperaturas y presiones, y en un ambiente acuoso. Se desarrolló para tratar los lodos de plantas de tratamiento que contienen cantidades considerables de agua y, por lo tanto, se puede aplicar para tratar residuos líquidos o en forma de lodos que contienen compuestos peligrosos como orgánicos halogenados, cianuros inorgánicos y orgánicos, y fenoles, que no son fácilmente biodegradables. También se puede utilizar para reactivar el *carbón activado* que ha perdido su capacidad de adsorción.

EXTRACCIÓN QUÍMICA

Se basa en extracciones de los contaminantes con diferentes disolventes no polares y polares, incluyendo agua. Se obtienen tres fases: la orgánica, la acuosa y la sólida. El residuo necesita un pretratamiento antes de adicionar el disolvente para que puedan manejarse los lodos con bombas. Se requieren condiciones alcalinas (pH 10) para que los disolventes no se oxiden. No se puede aplicar esta técnica a materiales que contienen metales pesados o componentes inorgánicos. Una vez obtenidos los disolventes no polares se destilan para su reciclado y el residuo se trata por algún tratamiento térmico o se confinan. En el caso de las extracciones

acuosas se utiliza un filtro de carbón para separar los orgánicos del agua, y si tiene metales arriba de un límite permisible, estos deben precipitarse. Los aceites, dependiendo de su composición, son posibles de reutilizar, en caso contrario se deben destruir térmicamente. Los sólidos se analizan para determinar si se necesita una posterior estabilización antes de ser confinados.

TRATAMIENTO QUÍMICO *IN SITU*

Este tratamiento se realiza en la propia planta industrial, utilizando disolventes. Una vez extraídos los contaminantes se llevan a cabo diversas reacciones para estabilizarlos, entre ellas neutralizaciones, reacciones ácido-base, oxidaciones, reducciones y precipitaciones; o se añaden reactivos específicos. Puede aplicarse, entre otros, a residuos que contienen hidrocarburos halogenados o no halogenados, bifenilos policlorados y iones metálicos.

También se puede utilizar la adición de nutrimentos para promover el crecimiento microbiano y acelerar la biodegradación. Se considera necesario comentar que la biodegradación resulta el único método recomendable para limpiar suelos *in situ*.

LAVADO DE SUELOS

Extrae contaminantes de matrices sólidas con capacidad de adsorción a través de mecanismos como el de intercambio (suelos, sedimentos, etc.) utilizando un medio líquido que es una mezcla de disolventes orgánicos, agua, agentes quelatantes y surfactantes, ácidos o bases; de acuerdo con la naturaleza del contaminante que se quiere remover. Este proceso se puede realizar directamente sobre suelos para recuperar los lixiviados o limpiar las aguas profundas. Este método presenta varias desventajas, los nutrimentos y componentes normales del suelo se pueden lixiviar junto con los contaminantes, además la recuperación de los lixiviados puede no ser completa y contaminar cuerpos de agua no controlados.

REFLUJO DE LOS SUELOS

Consiste en inyectar un disolvente o una solución surfactante al suelo directamente en el terreno contaminado y recuperar por bombeo el lixiviado. Se requieren de pozos de extracción en la zona contaminada, pozos de reinyección y un tratamiento para las aguas que contienen los contaminantes, y que son bombeadas. Se utiliza principalmente para remover orgánicos volátiles de suelos permeables.

DECLORINACIÓN CON GLICOLATO

Se utiliza polietilen glicolato de potasio para eliminar los halógenos de ciertos tipos de orgánicos clorinados en líquidos, sólidos y lodos contaminados con orgánicos. Se aplica para aceites con dioxinas y diesel que contiene PCB, dioxinas y clorobenzenos, para convertirlos en materiales de menor toxicidad. El reactivo reacciona con las moléculas orgánicas, desplazando al ion cloro. Se requiere mezclar el material contaminado con este reactivo en partes iguales en un reactor y posteriormente calentar para que la reacción se lleve a cabo. El tiempo de reacción varía de 0.5 a 5.0 horas, dependiendo del tipo de contaminante y su concentración; y, finalmente, del nivel de eficiencia en la eliminación del cloro que se quiere lograr.

ELIMINACIÓN TÉRMICA A BAJAS TEMPERATURAS

Se utiliza para eliminar compuestos volátiles orgánicos de los residuos. Con un flujo de aire a temperaturas adecuadas se volatilizan los compuestos orgánicos que son atrapados en filtros de carbón o enviados a sistemas térmicos de mayor temperatura. Se utiliza para descontaminar suelos y otros materiales similares de orgánicos con puntos de ebullición menores a 800 °F y con concentraciones no mayores al 10% de compuestos orgánicos y menos del 60% de

humedad. Las temperaturas relativamente bajas en presencia de nitrógeno evitan reacciones de oxidación no deseadas.

TRATAMIENTO AL VACÍO Y EXTRACCIÓN POR VAPOR (*IN SITU*)

Al igual que la técnica anterior, ésta se utiliza para remover compuestos orgánicos en suelos y materiales similares. Se requiere establecer pozos para realizar el vacío, para monitorear y bombas adecuadas. Éstas se conectan al sistema de pozos distribuidos en el terreno contaminado y arriba del manto freático. Los pozos de monitoreo ubicados alrededor de los anteriores funcionan para medir la presión de vacío obtenida en campo. Se recuperan los vapores y se envían a un filtro de carbón o un sistema térmico para su destrucción. Si es necesario se limpian los acuíferos. Debe hacerse notar que el sistema es muy complicado y caro, pues no asegura totalmente la limpieza del acuífero. Muchas veces el contaminante se adsorbe en las arcillas, en sitios donde no se logra crear el vacío suficiente para su eliminación; por lo que posteriormente los orgánicos pueden desorberse y recontaminar el acuífero.

ESTABILIZACIÓN/SOLIDIFICACIÓN

Se aplica a sólidos, líquidos y lodos. La estabilización (no necesariamente para obtener compuestos estables desde un punto de vista termodinámico) se puede realizar *in situ* o en tanques o en contenedores donde se realizan las reacciones que disminuyen la movilidad de las especies peligrosas. Varias técnicas pueden utilizarse en forma conjunta para obtener un sólido que no lixivie. Especialmente es útil para residuos inorgánicos, en los cuales primero se ajusta el pH a niveles básicos (≈ 8.5) para disminuir la solubilidad de los metales no alcalinos, y después se mezcla con los materiales sólidos de muy baja solubilidad como cemento, plásticos y polímeros orgánicos. Posteriormente, el producto se puede enviar a confinamiento o relleno sanitario y regularmente se debe evaluar la calidad de los lixiviados.

ÓXIDO REDUCCIÓN QUÍMICA

Se utiliza para estabilizar materiales oxidantes o reductores y también sustancias que al oxidarse o reducirse pierden su peligrosidad. Especialmente, se ha aplicado a los cianuros, cromatos y otros metales susceptibles a precipitar a pH básicos. Los agentes oxidantes pueden ser cloro gaseoso, permanganatos, cromatos, peróxido de hidrógeno e hipocloritos; como reductores se utilizan sulfitos, metales alcalinos, tiosulfatos y metales transicionales en estados de oxidación bajos. Esta tecnología es muy útil, pero debe analizarse las especies formadas ya que en el caso de los cromatos, los promotores de esta tecnología han informado que se transforman en hidróxido crómico; no obstante, cuando se realizó la reducción de los residuos de la ex-planta de Cromatos de México, situada en Lechería, Estado de México se encontró que se había formado sulfato crómico deshidratado que era insoluble, pero que en caso de hidratarse en el confinamiento se podría transformar a una especie soluble.

Se puede aplicar para oxidar materiales peligrosos que contienen bencenos, fenoles, orgánicos diversos, cianuros, arsénico, hierro II y manganeso II; y reducir a los PCBs, hidrocarburos no saturados, cromatos, e iones de mercurio, plomo y plata.

BIBLIOGRAFIA

- BAIRD C. (1995) *Environmental Chemistry*. Freeman, USA
- BANDIK, K. A.; NOVGORODOV, E. N.;(1972). "Pyrolysis of Gasoline by Altigh-Temperature flame in an Experiemental". Funks Org. Scedin. Polim. 127-34.
- BELL , P.R.;VARJAVAND, J.J.(1974)."Pyrolysis-Resourse Recovery from Solid Waste".Australian Waste Management Control Conference, University of South Wales.
- BENHAM,C.B.;DIEBOLD,J.(1976)."Conversion of Solid Waste to Fuels".*U.S.NTIS,AD Rep. AD.*
- CHENG, SHANG-I.(1975)."Pirolysis System and Process". *U.S.Pat.Appn 645,503* 16pp 30 Dec.
- CZUPYRNA, G. (1989) "In situ immobilization of heavy-metal-contaminated soil". NPYES DATA CORP. USA.
- DOMINGUEZ, G. I. Y BARTLETT, K. (1986) *Hazardous Waste Managment*. Vol. 1 "The Law of Toxic and Toxic Substances". CRC. Press. USA pp. 207
- DROBNY, N.L. ; HULL, M. E. ; TESTIN, R.F.(1980)." Recovery and Utilization of Municipal Solid Waste" U.S.P.H.S. Publication No. 1908
- EARL M. BILGER; HAROLD HIWVERT.(1936)."Mechanism of Organic Reactions. IV Pirolysis of esters and acetals". *Journal American Society*. 58:823-6.
- FAITH, W.L. ; MEDRICK , J.E.(1938). "Laboratory Equipment for Instruction in Thermal Decomposition" . Trans. Am. Inst. Chem. Engrs. 34:21-9.
- Freeman. H. M. Ed.(1989). Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal. McGraw Hill Ed. U.S.A.
- GRUNWALD, A.;VOD HOSPAD, B.(1974)."Treatment of Wastes Water form Pyrolysis Installations". 24(4) :93-7.
- HIGGINS, T. (1989) Hazardous waste minimization handbook. LEWIS Pub. U:S:A.
- HOFFMAN, D.A. ; FITZ, R. A.(1968)." Batch Retort Pyrolysis of Solid Municipal Waste" . *Enviromental Science and Technology*. 2(11): 1023.
- HOLDEN, T. ET. AL. (1989) How to select hazardous waste treatment technologies for soils and sludges. NOYES DATA CORP. USA.
- HUANG , C.J. ; DALTON ,C.(1975)" Energy Recovery from Solid Waste".NASA - CR-2526
- INOVE, KIMIO; SAKAY, TAMIHARU. (1973)"Tire Waste Treatment Processes by Thermal Decomposition Methods". *Sekiyu To Sekiyu Kagaku*. 17(9):35-9
- KAISER, E.R.; FRIEDMAN, S.B. (1968) "The Pyrolysis of Refuse Components". Combustion, May.,31
- LAMP, F. (1975) "Pyrolysis Fundamental Methodology".Int. Symp. on Energy Recovery from Solid Wasted, Kentucky Center for Energy Reserch , Lexington.
- LEIDNER, JACOB. "Plastics Waste Recovery of Economyc Value". Ed. Marcel Dekker INC. 1981, New York.
- MA, MINGXIE; QIU, MINGCAI; WANG, PEIYI; ZHOU, LIANQUAN; LIU, XIAOQUIN; ZHANG, SHUIQING. (1991)"Experimental Study on Pyrolysis Incineration Process For Radioactive Wastes". *Fushe Fanghu*. 11(6), 431-9 .
- MALLAN, G.M. and FINNEY, C.S.(1972) "New Techniques in the Pyrolysis of Solid Waste", presented at the 73rd National Meeting AICHE, Minneapolis, EPA, May, p.107.

- Mc. ATEE, R.E. (1992) "Test Plan For ISV Laboratory Pyrolysis Instalations". Report From Energy Res. Abstr. 17 (7).
- MORRIS G. J. (1974) A Biologist's Physical Chemistry. Addison Wesley Pub. U.S.A.
- PAVONI, L. JOSEPH; HEER E. JOHN; HAGERTY, JOSEPH D (1980) "Handbook of Solid Waste Disposal Material and Energy Recovery." U.S.A.
- RADLEIN, D; PISKORZ, J.; SCOTT, D.S. (1992) "Control of Selective in the Fast Pyrolysis of Cellulose". Biomass Energy. Ind. Environ, E.C. Conf. 6th 1991, 643-9.
- RODRIGUEZ, JIMENEZ, J.J; GARCIA HERRUZO, F; CORDERO ALCANTARA. (1989) "Pyrolysis of Celluse". Ing. Quim. Madrid. 21 (249), 141-7.
- S.A.H.O.P.(1978) "NORMAS Y Proyectos para Sistemas de Manejo y Disposición Final de Desechos Sólidos en los Asentamientos Humanos de la Republica Mexicana", Secretaría de Agricultura, Hidráulica y Obras Públicas. Documento interno. México, p.91-100.
- S.A.H.O.P. (1979-1980) "Planes Municipales de Desarrollo Urbano", México,
- S.A.H.O.P. (1978) "Desechos Sólidos" Secretaría de Agricultura, Hidráulica y Obras Públicas. Documento interno. México, p.15.
- SAITO, MACKOTO; SAEKI, KOJI. (1976) "Fluidyzed Bed Thermal Decomposition of Waste Tires and Waste Rubber".*Raba Daijesuto* 28(3),20-7.
- SEDESOL. (1987) "Investigación sobre desechos solidos". Secretaría de Desarrollo Social. Documento Interno. México.
- SEMARNAP (1995). Seminario sobre procesos térmicos para el tratamiento de residuos. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.
- SHARP, L.L.; NESS,R.O. (1993) "Gasification Pyrolysis of Waste Plastics for the Production of Fuel-Grade Gas". ACS SYMPOSIUM SERIES. Vol. 515, pp. 129-142.
- SPARKS, D. (1986). Soil Physical Chemistry. Ed. CRC Press. USA pp. 308
- SPOSITO G. (1989) the Chemistry of Soils. Ed. Oxford Universtiy Press. USA pp277
- SUCIU, G.C. (1974) "Pyrolysis-Ethylene Production". Ing. Prelucrarii Hidrocarburilor. 2:201-45.
- THEORET, ANTOINE; SIMARD, REAL. (1956) "Pirolisis of Solid Wastes: a Suitable Source of Energy and Raw Materials".*Ingenieur*.3(25):10-16.
- W.S. SANNEI, C. ORTUGLIO, J.G. WALTERS, AND D.E. WOLFSON. (1970) "Conversion of Municipal and Industrial Refuse into Useful Materials by Pyrolysis". Report of Investigation 7428, U.S. Bureau of Mines. Washington.
- WENNING, H.; PETER, BRENNST-WAERME-KRAFF. (1992) "Pyrolysis of Wastes". 44 (3), 548-552.
- WILSON,D.G. (1993) "Treatment and Management of Urban Solid Waste". Westpurt, Connecticut.
- WISE, D. AND TRANTOLO, D. (1994) Remediation of hazardous waste contaminated soils. DEKKER, USA.

Apéndice a: DATOS GENERALES SOBRE LA LEGISLACION AMBIENTAL DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN MEXICO Y EN EUA

Los procesos térmicos se han utilizado como un método efectivo para la reducción o la transformación de residuos peligrosos. Ante el auge que han cobrado dichos procesos, las Legislaciones Ambientales de diversos países han regulado su funcionamiento para evitar un incremento en las emisiones. Los incineradores, por ejemplo, si son mal operados pueden producir dioxinas y furanos, compuestos altamente tóxicos.

MÉXICO

En México la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) es el organismo encargado de llevar a cabo la política ambiental del Gobierno. Para cumplir con sus funciones este organismo cuenta con una Ley, un reglamento y diversas Normas, y con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) para hacer valer dichas regulaciones.

Tanto en la **Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)**, como en sus Reglamentos, no existen artículos exclusivos para los tratamientos térmicos. Sin embargo, existe una serie de artículos que de alguna manera involucran a estos procesos como parte del manejo, transporte, recepción y tratamiento de residuos peligrosos. Entre los más significativos se encuentran:

Art. 5 "Serán responsables del cumplimiento de las disposiciones del Reglamento y de las Normas Técnicas Ecológicas que de él se deriven, el generador de residuos peligrosos, así como las personas físicas o morales, públicas o privadas que manejen, importen o exporten dichos residuos".

Art. 7 "Quienes pretendan realizar obras o actividades públicas o privadas por las que puedan generarse o manejarse residuos peligrosos, deberán contar con una autorización de la Secretaría, en los términos de los artículos 28 y 29 de la Ley. En la manifestación de impacto ambiental correspondiente, deberán señalarse los residuos peligrosos que vayan a generarse o manejarse con motivo de la obra o actividad de que se trate, así como las cantidades de los mismos".

Art. 10 "Se requiere autorización de la Secretaría para instalar y operar sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de residuos peligrosos así como para prestar servicios en dichas operaciones sin perjuicio de las disposiciones aplicables en materia de salud y de seguridad e higiene en el trabajo".

Art. 11. "En el caso de las instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos, previamente a la obtención de la autorización a que se refiere el artículo anterior, el responsable del proyecto de obra respectivo deberá presentar a la Secretaría la manifestación de impacto ambiental prevista en el Artículo 28 de la Ley, de conformidad con el procedimiento señalado en el Reglamento de Impacto Ambiental".

Art. 12. "Las personas autorizadas conforme al Artículo 10 de este Reglamento, deberán presentar, previo al inicio de sus operaciones I. un programa de capacitación del personal responsable del manejo de residuos peligrosos y del equipo relacionado con éste. II. Documentación que acredite al responsable técnico; y III. Un programa para atención a contingencias. La compañía deberá presentar un Programa de Capacitación para el manejo de residuos peligrosos."

Art. 23. "El destinatario de los residuos peligrosos conservará la copia del manifiesto que le entregue el transportista, para su archivo y firmará el original, mismo que deberá remitir de inmediato al generador".

Art. 25. "El transportista y destinatario de los residuos peligrosos deberán entregar a la Secretaría, en el formato que ésta determine, un informe semestral sobre los residuos que

hubiesen recibido durante dicho período para su transporte o para su disposición final, según sea el caso".

El proceso de incineración requiere cumplir con la normatividad para el control de emisiones a la atmósfera emitida por la Federación al ser determinada como una "fuente fija". Los elementos de gestión que deben cumplirse, para atender cualquier solicitud que busque el emplazamiento de instalaciones para el tratamiento de residuos empleando procesos térmicos, de acuerdo al actual marco regulatorio ambiental referente al control de los residuos, se describe a continuación en el Cuadro 1.

Cuadro.A.1

ELEMENTOS DE GESTIÓN QUE DEBEN CUMPLIRSE PARA EL EMPLAZAMIENTO Y OPERACION DE INSTALACIONES PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS, EMPLEANDO PROCESOS TÉRMICOS

REQUISITOS	ESPECIFICACIONES	MARCO LEGAL	PROFEPA
Carta intención a la Dirección General de Residuos, Materiales y Riesgo del INE	Indicar el alcance del estudio, así como el tipo de residuo, instalación, área geográfica de influencia y tipo de administración.	LGEEPA Arts. 5° Fracc. XIX y 6° Fraccs. XII y XIII	
Licencia de uso de suelo	Remitir copia actualizada de la autorización de uso del suelo otorgada por el gobierno estatal y/o municipal	Ley de Obras Públicas	
Cumplir con el Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA)	Presentar manifestación de impacto ambiental en la modalidad que señala la Dirección General de Impacto Ambiental	LGEEPA Arts. 28, 29, 31, 32, 33 y 34	Supervisar el cumplimiento de los términos de la resolución
Cumplir con el estudio de Riesgo Ambiental	Anexar a la manifestación de impacto ambiental el estudio de riesgo en la modalidad que señale la Dirección General de Impacto Ambiental	LGEEPA Art. 32	Supervisar el cumplimiento de los términos de la resolución
Llevar a cabo Pruebas de Ensayo (Protocolo de Pruebas), con la validación de un Organismo Colegiado o Instituto de Investigación	Realizar la supervisión y pruebas previas de las instalaciones, equipos para establecer condicionantes, especificaciones y eficiencias en la operación de la estación (aire, residuos sólidos y seguridad)	Reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos Art. 10	
Obtener la Autorización de Funcionamiento en materia de contaminación ambiental de la Dirección General de Normatividad Ambiental	Aceptar las condicionantes fijadas en la autorización del funcionamiento correspondiente, en función del análisis del proyecto ejecutivo y el resultado del protocolo de pruebas.	LGEEPA Art. 145	Vigilar el cumplimiento de las condicionantes de operación

ESTADOS UNIDOS

En los Estados Unidos el control de los procesos térmicos (incineradores, calderas, hornos industriales, etc.), está a cargo de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y los Estados, autorizados por el **Acta de la Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA)**.

La RCRA, EPA y el Estado regulan conjuntamente la generación, transporte, tratamiento, almacenamiento y disposición final de los residuos peligrosos. La EPA tiene la facultad para evaluar el lugar que ocupa la combustión de los residuos peligrosos en el manejo de estos; estrategia que debe ser tomada tanto como un asunto federal como uno del estado.

Los primeros permisos y reglamentos para incineradores se promulgaron en 1981. En estos se controlaba a los Principales Constituyentes Orgánicos Peligrosos (POCHs), HCl y otros aspectos de los incineradores.

En 1988, la **Oficina de Residuos Sólidos (OSW)** solicitó a las oficinas regionales de la EPA que estos permisos fueran mejorados sustancialmente, incluyendo el control de los metales y de los Productos de una Combustión Incompleta (PIC's).

Actualmente las instalaciones BIF's que queman residuos peligrosos se encuentran en un estado provisional de reglamentación. Es el caso de los hornos de cemento que están sujetos a la reglamentación adoptada por la EPA en 1991, que incluye el control de emisiones para metales, PIC's, HCl y gases ácidos, hasta que se publique un permiso definitivo para este tipo de instalaciones.

Durante la última década, la política ecológica de los Estados Unidos ha tendido a desincentivar la disposición en rellenos sanitarios para alentar la búsqueda de tratamientos que reduzcan el volumen y la toxicidad de los residuos peligrosos. Los procesos térmicos, en especial la incineración, son en la actualidad parte principal en el manejo de residuos peligrosos.

Los residuos peligrosos que se incineran presentan una gran variedad, encontrando, entre otros, a los siguientes: solventes, lodos, asientos de destilación y productos químicos orgánicos. Cada año se queman alrededor de 5 millones de toneladas de estos residuos, el 40% en incineradores y el 60% en calderas y hornos industriales (BIF's).

Tomando como base los datos más recientes, se puede decir que en apariencia existe un exceso de capacidad para la incineración de residuos peligrosos, particularmente para líquidos. Se reconoce que hay algunos residuos que no han sido tratados todavía y que pronto podrían estar sujetos a este tratamiento, como lo indica la enmienda para los residuos sólidos y peligrosos de 1984 (HSWA), lo que provocaría que se rebasara dicha capacidad en los próximos años.

La posición de la EPA es que la incineración puede ser un medio seguro y efectivo para la disposición de los residuos peligrosos, siempre y cuando se cumplan las guías y estándares que marca la normatividad.

Dentro de los parámetros de control que maneja la reglamentación para incineradores se tiene la **Eficiencia de Remoción y Destrucción (DRE)** de los principales constituyentes orgánicos, la cual debe ser de 99.99% o más. Para dioxinas y BPC's en específico debe ser de 99.9999%.

Actualmente el enfoque del Programa para la Regulación de los Incineradores de Residuos Peligrosos se basa, principalmente, en:

- Establecer una fuente preferencial para la reducción en la fuente de generación de residuos y con ello reducir la gran demanda de la incineración y de otras instalaciones para el manejo de residuos.
- Mejorar la participación ciudadana promoviendo un plan nacional de reducción en la fuente, evaluando los aspectos técnicos de la combustión y tomando decisiones durante los procesos de autorización de incineración de residuos.
- Desarrollar e imponer rigurosos controles de seguridad en los sitios donde se incineran residuos peligrosos, empleando la tecnología disponible y lo mas actualizado en la ciencia. Asegurar que las instalaciones donde se realice la incineración, no impliquen riesgos inaceptables y utilizar a las autoridades legales en toda su extensión en cuanto a permisos y aplicación de la ley.
- Continuar con el desarrollo de los avances científicos en relación a la incineración de residuos.

La EPA, el Estado, la Industria y el público, han aprendido mucho acerca del concepto de la reducción de residuos durante la última década, el reto consiste en tomar la lección y desarrollar una estrategia para el cumplimiento de la meta de reducción en la fuente.

El comité EPA-Estado, cuestionará primero la relación entre las instalaciones de incineración de desechos peligrosos y la reducción en la fuente de los mismos para elaborar recomendaciones para esta última que deberán ser adoptadas.

Como segundo paso, la EPA define cómo puede implementar sus políticas para que las instalaciones de incineradores de residuos peligrosos pueda asegurar y reflejar el estado del arte, así como continuar con el avance de la innovación tecnológica, explorar y desarrollar tecnologías alternativas para el tratamiento de residuos sobre las tecnologías ya existentes.

El objetivo inicial del Comité incluye una especial atención en la reducción de la generación de residuos en la fuente, a través del cumplimiento de los parámetros técnicos permitidos, tecnologías de tratamiento alternativo y una mejor fundamentación técnica para la toma de decisiones.

En cada una de estas áreas, las estrategias del proyecto marcan una serie de objetivos a corto y largo plazo para la discusión pública. La EPA trata de involucrar a todos los interesados en este diálogo y provee esta idea como un punto inicial para la discusión y la necesidad de tomar acciones para la reducción en la fuente y los cambios regulatorios que deben ser implementados, y de esta manera, promover a lo interesados a contribuir con ideas adicionales. Así mismo, la EPA considera que deben tomarse de inmediato acciones que aseguren que las instalaciones están operando satisfactoriamente y sin ningún riesgo inaceptable para la salud y el ambiente.

De acuerdo a lo anterior, mientras se implementan estas estrategias, la EPA promueve ante los gobiernos locales, la toma de acciones para continuar con un agresivo programa de reducción en la fuente de generación de residuos peligrosos y asegurar que la combustión de residuos pueda tener un estricto apego de la regulación.

a) Metas a corto plazo

1. Un fuerte programa que integre la incineración de residuos con la toma de decisiones en el manejo de los mismos.
2. Coordinación entre la EPA Regional y los Estados en relación a :
 - calidad en el estudio de riesgo para los sitios específicos que incluyan la exposición indirecta en los procesos autorizados de incineradores.
 - apoyarse en el Reglamento para permitir la instalación de plantas para la incineración, indispensables para proteger la salud, aplicando un estricto control en la emisión de partículas y si es necesario aplicar también un estricto control en la emisión de metales, dioxinas y furanos.
 - definir los factores prioritarios para el otorgamiento del permiso final para los incineradores y los BIF's.
 - promover la participación pública en el proceso de otorgamiento de los permisos de incineración y BIF's.
 - promover la participación pública en la inspección y cumplimiento de la Ley para incineradores y BIF's.

b) Metas a largo plazo

1. Establecer un esfuerzo continuo para llevar a cabo un fuerte programa de reducción de la generación de residuos peligroso en la fuente, incluyendo la exploración de nuevas tecnologías.
2. Investigación de la factibilidad y riesgo asociado en las tecnologías alternativas de tratamiento.
3. Actualización de las regulaciones de EPA en el control de las emisiones y las tecnologías de monitoreo continua en las instalaciones para incineración.
4. Actualización de las regulaciones para la participación pública en el proceso de permisos para la instalación de incineradores.



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

CURSOS ABIERTOS

**MOD.3.- PROCESOS DE TRATAMIENTO PARA EL CONTROL DE RESIDUOS
SOLIDOS , MUNICIPALES Y PELIGROSOS.**

JULIO , DE 1995.

INSTITUTO NACIONAL DE RECICLADORES, A.C.

**RET.8 DE AV. FRAY SERVANDO TERESA DE MIER NO. 4 DESP. 3
COL. JARDÍN BALBUENA - DEL. VENUSTIANO CARRANZA
15900 MÉXICO, D.F.
TEL. Y FAX 91 5 771 0354**

***Reciclaje e Industrialización de
Residuos no peligrosos***

Fecha: Lunes 10 de julio de 1995

Lugar: Palacio de Minería

Hora: 18:45 a 19:00 hrs.

Expuesta por:

Lic. Ma. de Jesús Antúnez C.

Buenos Tardes:

POR MI CONDUCTO EL INSTITUTO NACIONAL DE RECICLADORES, ASOCIACIÓN CIVIL, AGRADECE A LA OPORTUNIDAD DE PARTICIPAR EN ESTA SERIE DE CONFERENCIAS SOBRE DESECHOS SÓLIDOS.

EL INSTITUTO NACIONAL DE RECICLADORES, A.C., CUYAS SIGLAS SON INARE, FUE FUNDADO EN FEBRERO DE 1994. LA NUESTRA, ES LA ASOCIACIÓN MEXICANA DENTRO DE LA INDUSTRIA AMBIENTAL DEL RECICLAJE, QUE REPRESENTA A MÁS DE SETECIENTAS EMPRESAS DE DIVERSOS TAMAÑOS Y CAPACIDADES, AFILIA A ASOCIACIONES Y A DIVERSOS GRUPOS DEL SECTOR (CARREROS, CARRETONEROS, CORREDORES DE MATERIALES Y MAQUINARIA, ETC.), QUE RECUPERAN, COMERCIALIZAN Y TRANSFORMAN EN ETAPA INCIPIENTE, RESIDUOS Y DESECHOS DOMÉSTICOS E INDUSTRIALES PARA SU RECICLADO Y REUSO, EN MÉXICO Y EL EXTRANJERO.

EL INARE ES UNA ASOCIACIÓN CIVIL, QUE BUSCA HACER COMPATIBLES LOS PROCESOS PRODUCTIVOS CON EL MEDIO AMBIENTE. PARA ELLO TRABAJA: DIFUNDIENDO NUEVAS TÉCNICAS; BUSCANDO LA PROFESIONALIZACIÓN DEL MEDIO A TRAVÉS DEL CONOCIMIENTO DE PROCESOS QUE OPTIMICEN TIEMPO Y RECURSOS; BUSCANDO EL CONTACTO CON LOS RECICLADORES DE OTROS PAÍSES CON EL OBJETO DE COMPARTIR INFORMACIÓN SOBRE TECNOLOGÍA Y MERCADO.

¿DE QUÉ MANERA PARTICIPAMOS EN LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS?

RESIDUO SÓLIDO ES TODO RESIDUO QUE SURGE DE LA ACTIVIDAD HUMANA Y ANIMAL, Y QUE SE DESECHA COMO INÚTIL O NO QUERIDO. POR SUS PROPIEDADES INTRÍNSECAS, LOS MATERIALES DE LOS RESIDUOS DESECHADOS SON A MENUDO REUTILIZADOS Y SE CONVIERTEN EN RECURSOS EN OTRO MARCO.

YA DESDE LAS GRANDES GUERRAS MUNDIALES DE ESTE SIGLO, Y EN MEDIO DEL DESABASTO QUE ÉSTAS PRODUJERON, FLORECIÓ LA ACTIVIDAD DEL RECICLAJE. LA RECUPERACIÓN DE METALES, FIBRAS Y DIVERSOS PRODUCTOS CREO LA NECESIDAD DE RECUPERAR PARA CREAR NUEVAMENTE.

EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS, CON EL FLORECIMIENTO DE LA CIENCIA, LA INDUSTRIA Y LA TECNOLOGÍA, LAS SOCIEDADES DE CONSUMO TENDIERON AL DESPILFARRO DE RECURSOS, SE CREARON "NECESIDADES" A TRAVÉS DE LOS MEDIOS AUDIOVISUALES Y GRÁFICOS, Y LA PERSONALIDAD SE VIO DETERMINADA POR EL CUÁNTO Y EL CÓMO. LAS NUEVAS ACTITUDES SOCIALES GENERARON UNA SERIE DE PROBLEMAS PARA LOS GOBIERNOS, COMO EL DE EXPERIMENTAR EN CARNE PROPIA LOS EFECTOS DE UNA TECNOLOGÍA EQUÍVOCA, QUE PRUEBA SUS PRODUCTOS EN VIVO, Y CUYOS RESULTADOS NOCIVOS PADECEMOS A CADA PASO, O COMO EL DE LA GENERACIÓN CRECIENTE DE DESPERDICIOS QUE COMENZARON POR APILARSE A CIELO ABIERTO EN LUGARES CERCANOS A LOS CENTROS HABITACIONALES, Y QUE FINALMENTE HAN ACABADO POR CONVERTIRSE EN UN CRECIENTE PROBLEMA PARA LA ECONOMÍA, LA ECOLOGÍA Y LA SALUD DEL MUNDO. CON LA TOMA DE CONCIENCIA ECOLÓGICA, EL SER HUMANO DEL FINAL DE SIGLO TRATA DE ENMENDAR SUS ERRORES ANTES DE QUE EL DESTINO NOS ALCANCE (COMENTARIO SOBRE LA PELÍCULA DE CF QUE PRESENTA EL MUNDO DEL FUTURO, SATURADO DE POBLACIÓN, SIN RECURSOS NATURALES Y CON UN DESABASTO ALIMENTICIO TAN GRAVE QUE LES LLEVA A INDUSTRIALIZAR AL SER HUMANO CONVIRTIÉNDOLO EN GALLETAS PARA ALIMENTAR A LOS HABITANTES DEL PLANETA QUE SOBREVIVEN).

***GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS*, ES EL TÉRMINO APLICADO A TODAS LAS ACTIVIDADES ASOCIADAS CON LA GESTIÓN DE RESIDUOS DENTRO DE LA SOCIEDAD, Y ES PARTE MEDULAR DEL PROGRAMA QUE CONTEMPLA AL DESARROLLO HUMANO, COMO UN DESARROLLO SUSTENTADO, EN EL CUAL LAS ACTIVIDADES DE QUIENES HABITAMOS ESTE PLANETA DEBEN SER COMPATIBLES CON LA NATURALEZA, Y SUSTENTARSE EN SUS LEYES.**

PUEDE DECIRSE QUE EN NUESTRO PAÍS NO HAY UNA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS, FUNDAMENTALMENTE PORQUE CUANDO SURGIERON LAS CIUDADES EL CRECIMIENTO URBANO PRÁCTICAMENTE NO FUE PLANIFICADO, LAS CIUDADES SURGIERON ARBITRARIAMENTE, CON UN CRECIMIENTO DESMESURADO. LOS SERVICIOS SE FUERON GENERANDO TAMBIÉN SIN PLAN ALGUNO, Y ASÍ, LOS VERTEDEROS PARA DESECHOS SE HICIERON A CIELO ABIERTO Y SE UBICARON EN LAS PROXIMIDADES DE LAS URBS, CON EL FIN DE AGILIZAR EL SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y MINIMIZAR EL COSTO DEL TRASLADO.

CON EL CRECIMIENTO ARBITRARIO DE LOS CENTROS URBANOS, LOS TIRADEROS

QUEDARON RODEADOS DE CENTROS HABITACIONALES Y COMENZARON A GENERAR PARA QUIENES SE UBICARON A SU ALREDEDOR GRAVES PROBLEMAS DE SALUD DEBIDOS A LA POLUCIÓN DEL AIRE, CONTAMINADO POR HECES FECALES Y MALOS OLORES; Y DEBIDO TAMBIÉN A LA PROLIFERACIÓN DE PLAGAS DE ROEDORES, MOSCAS, CUCARACHAS, ETC. ESTO OBLIGÓ A LAS AUTORIDADES A MOVILIZAR LOS VERTEDEROS A LUGARES MÁS LEJANOS, QUE SIN EMBARGO CADA DÍA SON ALCANZADOS POR LA MANCHA URBANA, COMO ES EL CASO DE STA. FE, CHALCO, ETC.

CON LA TOMA DE CONCIENCIA ECOLÓGICA LAS AUTORIDADES Y NÚMEROSOS GRUPOS SOCIALES, ESTÁN TRATANDO DE MINIMIZAR LA GENERACIÓN DE DESPERDICIOS, Y LA CANALIZACIÓN DE TODOS AQUELLOS RECURSOS QUE SEAN SUSCEPTIBLES DE REUSARSE, CON EL OBJETO DE REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y PROTEGER LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES.

EN LA GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS, EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN DE RESIDUOS PUEDE RASTREARSE DESDE LOS TIEMPOS EN QUE LOS SERES HUMANOS COMENZARON A CONGREGARSE EN TRIBUS, ALDEAS Y COMUNIDADES, LA AGRUPACIÓN HUMANA DIÓ COMO CONSECUENCIA INEVITABLE LA ACUMULACIÓN DE LOS RESIDUOS PRODUCIDOS POR LA COLECTIVIDAD.

YA EN LA EDAD MEDIA, POR EJEMPLO, LA PRÁCTICA DE TIRAR LOS RESIDUOS DE COMIDA Y OTROS DESECHOS SÓLIDOS A LAS CALLES DE LA CIUDADES, PRODUJO LA REPRODUCCIÓN DE GRAN CANTIDAD DE RATAS (RECORDAR EL FLAUTISTA DE HAMELIN), LAS QUE CON SUS PULGAS GENERARON LA PROPAGACIÓN DE LA MUERTE NEGRA, LA PLAGA BUBÓNICA, QUE MATÓ A LA MITAD DE LOS EUROPEOS DEL SIGLO XIV. A PESAR DE ESTO, NO FUE SINÓ HASTA EL SIGLO XIX QUE LAS AUTORIDADES LLEGARON A CONSIDERAR COMO DE VITAL IMPORTANCIA PARA LA SALUD PÚBLICA LA CORRECTA EVACUACIÓN Y CONTROL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.

LA GESTIÓN INAPROPIADA DE LOS DESECHOS, SEGÚN LA OMS, ESTÁ EN LA ACTUALIDAD RELACIONADA DIRECTAMENTE CON LA GENERACIÓN DE VEINTIDOS ENFERMEDADES HUMANAS Y CON FENÓMENOS ECOLÓGICOS COMO LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y AGUA.

SE DICE QUE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS ESTÁ INTIMAMENTE RELACIONADA

CON EL GRUPO ECONÓMICO- SOCIAL QUE LOS GENERA, ASÍ NO ES LA MISMA BASURA LA QUE SE PRODUCE EN TECAMACHALCO, QUE EN LA COLONIA FEDERAL, O LA DEL DISTRITO FEDERAL QUE LA DE TLAXCALA.

LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PUEDE DEFINIRSE ENTONCES COMO LA DISCIPLINA ASOCIADA A:

1. EL CONTROL DE LA GENERACIÓN, EL CUAL PUEDE CONTEMPLARSE A PARTIR DE LOS SIGUIENTES ASPECTOS:

1.1. PRODUCIR Y PROPICIAR PRODUCTOS QUE GENEREN MENOS BASURA: COMO EMPAQUES, EMBALAJES Y PRODUCTOS NO REUTILIZABLES

1.2. PROPICIAR LA REUTILIZACIÓN Y EL REUSO, INCENTIVANDO EL ACOPIO EN EL SITIO DE ORIGEN: HOGAR O INDUSTRIA

1.3. RECICLAR TODO PRODUCTO QUE SEA SUSCEPTIBLE DE INDUSTRIALIZARSE, CARTÓN, PAPEL, LATAS, FIERRO, PLÁSTICO, VIDRIO, ETC.

1.4. BUSCAR METODOS PARA REDUCIR EL VOLUMEN DE DESPERDICIOS DE COMIDA, EJM. EEUU, MÉXICO, ALEMANIA, LA COMPOSTA.

2. ALMACENAMIENTO, RECOGIDA, TRANSFERENCIA, TRANSPORTE, PROCESAMIENTO Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.

EL ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS EN LOS LUGARES QUE SE GENERA SUELE SER UN PROBLEMA COTIDIANO PUES LA ACUMULACIÓN SIN CONTROL DE DESPERDICIOS, EN LOS QUE SE MEZCLAN DESECHOS QUE GENERAN LÍQUIDOS (COMO LA COMIDA O SOBRES DE BEBIDAS, PINTURAS, ÁCIDOS, FERTILIZANTES, ETC.) CON DESECHOS SECOS GENERA GRAN PESO, VOLUMEN Y CONTAMINACIÓN DESDE SU PUNTO INICIAL DE ACOPIO, TODOS TRATAMOS DE DESHACERNOS DE LOS RESIDUOS QUE GENERAMOS LO MÁS PRONTO POSIBLE Y CON EL MENOR ESFUERZO. NO TENEMOS UNA EDUCACIÓN PARA SEPARAR LOS RESIDUOS Y HASTA ANTES DE LA CRISIS TODOS TRATABAMOS DE DESHACERNOS DE TODO AQUELLO QUE NOS ESTORBARA.

2.1. RECOGIDA.- LOS DESPERDICIOS DEL HOGAR, GENERADOS EN LOS CENTROS URBANOS, EN LA ACTUALIDAD OCASIONALMENTE SON SEPARADOS Y ALGUNAS VECES VENDIDOS POR LAS AMAS DE CASA, ES UN PROCEDIMIENTO QUE NO SE DA MUCHO POR EL ESFUERZO QUE IMPLICA TENER UN LUGAR PARA ALMACENAR LO QUE SE RECOLECTA, Y LUEGO TENER QUE TRASLADAR LOS MISMOS HASTA UN CENTRO DE ACOPIO, DONDE FINALMENTE MUCHAS GENTES SE DESANIMAN A

ENTREGAR PUES PIENSAN QUE POR UN MONTON DE PERIÓDICO VAN A RECIBIR MUCHO DINERO Y CUANDO COMPRUEBAN QUE SON PRODUCTOS QUE HAY QUE ACOPIAR EN GRAN VOLUMEN PARA QUE SEAN RENTABLES, ACABAN POR NO HACERLO.

POR ESO LA MAYORÍA TERMINA ENTREGANDO TODO AL SEÑOR DEL CARRITO DE LA BASURA O AL CAMIÓN, ES AHÍ DONDE HABITUALMENTE COMIENZA LA PEPENA Y LA PRIMERA SELECCIÓN DE PRODUCTOS QUE SON SUSCEPTIBLES DE GENERAR UN INGRESO EXTRA; ES DECIR SE RECUPERA POR MOTIVOS ECONÓMICOS.

2.2. TRANSFERENCIA, TRANSPORTE, PROCESAMIENTO Y EVACUACIÓN

EL MATERIAL TRANSLADADO POR LOS CAMIONES RECOLECTORES, ES PEINADO PARA RECUPERAR LOS MATERIALES SUSCEPTIBLES DE VENDERSE, DESPUÉS CUANDO ES POSIBLE EL MATERIAL DE DESECHO ES SEMI COMPACTADO POR LAS MISMAS UNIDADES Y TRANSFERIDO A VEHÍCULOS DE MAYOR TAMAÑO PARA FINALMENTE SER EVACUADO EN LOS TIRADEROS MUNICIPALES. EL COSTO DEL TRASLADO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS ES MUY COSTOSO POR LA CANTIDAD, PESO Y LEJANÍA.

LOS MATERIALES RECUPERADOS POR LOS EMPLEADOS DE LIMPIA, POR EL PEPENADOR DE LOS BASUREROS, POR LOS CARREROS Y CARRETONEROS, O POR EL PEPENADOR URBANO VA A PARAR GENERALMENTE A UN CENTRO DE ACOPIO.

LA INDUSTRIA AMBIENTAL DEL RECICLAJE PARTICIPA EN LA GESTIÓN DE LOS RSU, DE LOS RSM Y DE LOS RSI, COMERCIALIZANDO LOS PRODUCTOS QUE SE GENERAN EN EL PAÍS, GENERANDO ECONOMÍA, SEGÚN ESTIMACIONES PROPIAS, DE MANERA DIRECTA PARA APROXIMADAMENTE 20,000 FAMILIAS Y DE MANERA INDIRECTA PARA OTRAS 72,000 QUE DEPENDEN DE ESTA ECONOMÍA SUBTERRÁNEA PARA SOBREVIVIR.

SEGÚN LAS ÚLTIMAS ESTADÍSTICAS DEL INEGI EN MÉXICO EXISTEN APROXIMADAMENTE 5,000 COMERCIOS ESTABLECIDOS; EL INARE HA CLASIFICADO A LOS COMERCIOS QUE PARTICIPAN EN TRES DE LAS FASES DE CONVERSIÓN DEL RESIDUO EN INSUMO. (EXPLICAR: RECUPERACIÓN, SELECCIÓN, TRANSFORMACIÓN. L ·), EN 4 PROTOTIPOS (L. DE PROTOTIPOS)

¿QUÉ RECUPERAMOS ?

DENTRO DE LA INDUSTRIA AMBIENTAL DEL RECICLAJE EN 1993 LOS RECICLADORES MEXICANOS PARTICIPAMOS EN LA RECUPERACIÓN DE APROXIMADAMENTE 607,000 TONELADAS MENSUALES DE RS (VER LÁMINA DE PRODUCTOS RECUPERADOS, COMPARACIÓN CON USA)

LOS RECICLADORES PARTICIPAMOS EN EL PROCESO DESDE:

- 1. LA SELECCIÓN, LIMPIA Y ACOPIO DE MATERIALES (L. DE PROTOTIPOS).**
- 2. HASTA EL ACOPIO DE MEDIO MAYOREO Y PREPARACIÓN INCIPIENTE DEL PRODUCTO A TRAVÉS DEL CORTE , TRITURADO, EMBALAJE, LIMPIA, EMPACADO DE MATERIALES. (PROTOTIPO 3 Y LÁMINAS DE MAQUINARIA Y EQUIPO)**
- 3. HASTA LA SELECCIÓN TÉCNICA DE ACUERDO A LA CLASIFICACIÓN DE MATERIALES DE ACUERDO A SU ALEACIÓN, DENSIDAD, CALIDAD, ETC. Y TRANSFORMACIÓN INCIPIENTE: CORTE CON SOPLETE, CON TIJERA HIDRÁULICA, PRENSADO, ACHICHARRADO(A6), DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS HASTA TRANSFORMARLOS EN INSUMOS PARA LA INDUSTRIA. LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE PROPICIA QUE SE TENGA UN AHORRO CONSIDERABLE EN RECURSOS NO RENOVABLES Y ESCASOS; LA DERRAMA ECONÓMICA DE LAS MILES DE PERSONAS Y FAMILIAS INVOLUCRADAS EN EL PROCESO; EL AHORRO DE DIVISAS A TRAVÉS DE LA SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES; Y EN LA ACTUALIDAD, CON EL DÉFICIT MUNDIAL DE INSUMOS, LA ENTRADA DE DIVISAS A TRAVÉS DE LA EXPORTACIÓN DE MATERIALES RECUPERADOS; Y LA CADA VEZ MÁS IMPORTANTE REDUCCIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO.**

Chatarra de metales no ferrosos: hierro y acero

LOS METALES NO FERROSOS CONSTITUYEN APROX. EL 6 POR 100 DE LOS RSU, INCLUYENDO RESIDUOS COMERCIALES E INDUSTRIALES. EL PORCENTAJE HA DISMINUIDO ALGO DURANTE LA ÚLTIMA DÉCADA PORQUE LOS RECIPIENTES DE ACERO PARA BEBIDA Y COMIDA, HAN SIDO SUSTITUIDOS POR RECIPIENTES DE ALUMINIO Y PLÁSTICO.

LOS METALES NO FERROSOS SON RECUPERADOS DE:

- ◆ BIENES DE CONSUMO QUE NORMALMENTE NO SE DESECHAN EN LOS RSU, PERO QUE SI ESTÁN DISPONIBLES PARA SU RECUPERACIÓN (SON ARTÍCULOS DOMÉSTICOS CORRIENTES COMO MUEBLES Y ENSERES DE LÍNEA BLANCA, ELECTRODOMÉSTICOS, DE JARDÍN, ESCALERAS, HERRAMIENTAS, ETC.)**
- ◆ DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (TUBERÍA Y PRODUCTOS DE FONTANERÍA, PUERTAS Y VENTANAS METÁLICAS, RECUP. DE VARILLA, VIGUETA, LÁMINAS Y BAJADAS DE TECHO, ETC.)**
- ◆ DE PRODUCTOS GRANDES COMERCIALES, INDUSTRIALES Y DE CONSUMO (ELECTRODOMÉSTICOS, AUTOMÓVILES, BARCOS, CAMIONES, AVIONES, MAQUINARIA).**
- ◆ CHATARRA INDUSTRIAL Y VIRUTAS DE TALLERES MECÁNICOS.**
- ◆ CHATARRA CASERA GENERADA DE DESECHO DE MUEBLES Y ENSERES MENORES O DE REPARACIÓN.**

LA DEMANDA DE CHATARRA DE ACERO ESTÁ RELACIONADA CON LA ECONOMÍA GLOBAL Y CON LA DEMANDA DE COCHES NUEVOS, DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTA Y DE EQUIPAMIENTO PESADO PARA CONSTRUCCIÓN. HISTÓRICAMENTE LA DEMANDA HA SIDO CÍCLICA Y SE PROPICIO UNA APARENTE ESTABILIDAD A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN EN PEQUEÑAS FABRICAS DEL 100 POR 100 DE CHATARRA. SIN EMBARGO EN LA ACTUALIDAD LA ESCASEZ DE INSUMOS ES MUNDIAL A PESAR DE LA RECESIÓN ECONÓMICA.

POSIBILIDADES DE REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE.

- **LATAS DE ACERO. Ó LATAS DE HOJALATA** (CONOCIDAS ASI POR LA CAPA DE ESTAÑO CON QUE SON RECUBIERTAS PARA EVITAR LA CORROSIÓN), ÉSTAS SON RECOGIDAS DEL FLUJO DE DESPERDICIOS Y SE ENTREGAN A LOS CENTROS DE ACOPIO, DONDE SON EMPACADAS Y ENVIADAS A PLANTAS DE DESESTAÑAMIENTO.

- **DESESTAÑAMIENTO:**

1. TRITURAN LAS LATAS - SIRVE ESTE PROCESO PARA QUITAR LOS SOBANTES DE COMIDA Y ETIQUETAS DE PAPEL, A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE VACÍO.
2. SE SELECCIONA MAGNÉTICAMENTE EL MATERIAL TRITURADO, PARA SEPARAR EL ALUMINIO Y OTROS MATERIALES NO FERREOS.
3. SE SEPARA EL ESTAÑO DEL ACERO LIMPIO, MEDIANTE LOS SIGUIENTES PROCEDIMIENTOS:
 - POR CALENTAMIENTO EN UN HORNO PARA VOLATILIZAR EL ESTAÑO.
 - POR PROCESO QUÍMICO UTILIZANDO HIDRÓXIDO DE SODIO Y UN AGENTE DE OXIDACIÓN.
4. EL ESTAÑO SE RECUPERA DE LA DISOLUCIÓN MEDIANTE ELECTRÓLISIS Y SE FORMA EN LINGOTES.

POR TONELADA DE LATAS SE RECUPERAN APROX. 2,5 A 3 KILOS DE ESTAÑO.

EL ACERO SIN ESTAÑO ES UTILIZADO PARA PRODUCIR ACERO NUEVO, EN UN PORCENTAJE DEL 96 POR 100.

PERO, SI LA SEPARACIÓN FUE POR CALOR EL ACERO NO SIRVE PARA PRODUCIR ACERO NUEVO PORQUE EL ESTAÑO SE DIFUNDE, ENTONCES SE LE UTILIZA PARA PRODUCIR COBRE EN UN PORCENTAJE DE 4 POR 100, Y UNA PEQUEÑA CANTIDAD ES UTILIZADA POR LOS FABRICANTES DE PINTURAS COMO FUENTE DE ÓXIDOS DE HIERRO.

SE NECESITA APROX. 16,5 TONS. DE CHATARRA DE ACERO PARA PRODUCIR UNA TONELADA DE COBRE.

EL IMPEDIMENTO PARA UN MAYOR RECICLAMIENTO DE LAS LATAS ES EL ALTO COSTO DE TRANSPORTACIÓN, POR EL GRAN VOLÚMEN Y LA BAJA DENSIDAD DE ÉSTAS.

ELECTRODOMÉSTICOS, AUTOMÓVILES Y CHATARRA DE ACERO MISCELÁNEA.

SE ACOPIAN Y PROCESAN EN LOS PATIOS DE RECICLAJE, DONDE EL MATERIAL ES DEPURADO, SE QUITAN LOS PLÁSTICOS, LOS METALES NO FERROSOS, LOS NEUMÁTICOS, BATERÍAS, ACEITES, LÍQUIDOS, ETC.

EL MATERIAL ES CORTADO CON SOPLETE, CON TJERA HIDRÁULICA O MECÁNICA (CAIMÁN), COMPACTADO EN PRENSA NORMAL O PRENSA CIZALLA, PROCEDIMIENTOS QUE AÚN SON CAROS Y POCO RENTABLES, EL PROCEDIMIENTO IDEAL ES LA TRITURACIÓN, PERO EN MÉXICO SOLAMENTE EXISTEN 3 TRITURADORAS O CHICHARRONERAS (2 EN EL NORTE Y UNA EN LA CIUDAD) MIENTRAS QUE EN USA HAY MÁS DE 200. ESTE PROCEDIMIENTO ES IDEAL PORQUE NO HAY QUE SEPARAR PIEZAS, LA SELECCIÓN DE MATERIALES ES A TRAVÉS DE ELECTROIMANES.

EXISTEN NORMAS ACEPTADAS INTERNACIONALMENTE PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES, DIFUNDIDAS POR EL INSTITUTO DE INDUSTRIAS DE RECICLAJE DE CHATARRA (ISRI), Y QUE SON ACEPTADAS POR TODA LA INDUSTRIA.

CÓMO TRABAJA UNA ACERÍA.

DEACERO ES UNA EMPRESA 100% MEXICANA, CON UNA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN ANUAL DE 350,000 TONELADAS DE ACERO LÍQUIDO.

LA PLANTA DE ACERÍA SE ENCUENTRA UBICADA EN RAMOS ARIZPE, COAH.; DESDE DONDE SE ABASTECE A LAS TRES PLANTAS DE ALAMBRE, UBICADAS EN: RAMOS ARIZPE, MONTERREY, Y PUEBLA. EN ESTAS TRES PLANTAS, A PARTIR DE ALAMBRÓN, SE FABRICA UNA AMPLIA GAMA DE PRODUCTOS COMO EL ALAMBRE DE PÚAS, CLAVO, PISO PORCÍCOLA, MALLA CICLÓNICA, MALLA SOLDADA, MALLA HEXAGONAL, ALAMBRE DE BOBINA, ALAMBRES INDUSTRIALES Y ALAMBRES GALVANIZADOS, FORRADOS DE PVC Y PÚLIDOS. DEACERO CUBRE LA DEMANDA DE LOS SECTORES: INDUSTRIAL, DE LA CONSTRUCCIÓN, AGROPECUARIO Y DOMÉSTICO.

MATERIAS PRIMAS Y PROCESO DE FABRICACIÓN.

EL PROCESO DE PRODUCCIÓN SE INICIA EN LA PLANTA DE ACERÍA Y LAMINACIÓN. LA MATERIA PRIMA CON LA QUE SE TRABAJA ES LA CHATARRA; A LA CALIDAD DE LA MISMA, SE LE DA UNA GRAN PRIORIDAD YA QUE DE ELLA DEPENDE LA DUCTILIDAD DEL ALAMBRE QUE HABRÁ DE PRODUCIRSE. EN LA SELECCIÓN DE LA CHATARRA SE DA ESPECIAL CUIDADO A LA LIMPIEZA, HOMOGENEIDAD, ELEMENTOS RESIDUALES Y PESO VOLUMÉTRICO ENTRE OTROS (EL PESO Y LA LIMPIEZA SON DETERMINANTES, PORQUE A TRAVÉS DE ELLOS SE PUEDE TENER UN GRAN AHORRO DE ENERGÍA Y UNA MEJOR PRODUCCIÓN).

LA CHATARRA SE FUNDE EN UN HORNO ELÉCTRICO CON UNA CAPACIDAD POR COLADA DE 50 TONELADAS DE ACERO LÍQUIDO; AL LLEGAR A ESTA FASE, AL ACERO SE LE DA LA FÓRMULA REQUERIDA POR MEDIO DE ANÁLISIS QUÍMICO EN EL HORNO DE AFINACIÓN. DESPUÉS EL ACERO LÍQUIDO ES LLEVADO A LA MÁQUINA DE COLADA CONTINÚA EN DONDE POR UN PROCESO DE SOLIDIFICACIÓN CONTROLADA, SE FORMA LA " PALANQUILLA ", LA CUAL SERÁ CLASIFICADA Y ALMACENADA SEGÚN EL TIPO DE ACERO QUE CONTENGA. LA PALANQUILLA ES EL PRODUCTO FINAL DE LA ACERÍA.

SEGÚN LOS PROGRAMAS DE PRODUCCIÓN SE TOMAN LAS PALANQUILLAS DEL TIPO DE ACERO REQUERIDO, Y SE LLEVAN AL HORNO DE RECALENTAMIENTO, AHÍ LA PALANQUILLA RECUPERA LA TEMPERATURA NECESARIA DE PLASTICIDAD, ENTONCES SE PASA POR EL MOLINO DE LAMINACIÓN PARA SER ADELGAZADA HASTA TRANSFORMARSE EN ALAMBRÓN, LA DUCTILIDAD DE ESTE PRODUCTO ES MUY IMPORTANTE YA QUE SERÁ ESTIRADO HASTA CALIBRES MÍNIMOS.

EL ALAMBRÓN ES UNO DE LOS PRODUCTOS DE LA COMPAÑÍA Y SE ELABORA EN ROLLOS LISOS, O CORRUGADOS, O EN TRAMOS RECTOS COMO LA VARILLA CORRUGADA GRADO 42.

EL ALAMBRÓN EN ROLLO ES UN PRODUCTO BASE QUE ES ENVIADO A LAS PLANTAS DE MONTERREY, PUEBLA Y SALTILLO, PARA LA FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS; PARA LO CUAL EL ALAMBRÓN ES PASADO POR UN PROCESO DENOMINADO DECAPADO, CONSISTENTE EN ELIMINAR LOS RESIDUOS DE ÓXIDOS Y DEMÁS IMPUREZAS, UTILIZANDO PARA ELLO LA INMERSIÓN EN ÁCIDO CLORHÍDRICO, SULFÚRICO O MEDIANTE EL PROCESO DE DECAPADO MECÁNICO.

UNA VEZ TERMINADO ESTE PROCESO EL ALAMBRE PASA AL DEPARTAMENTO DE TREFILADO NEGRO, DONDE EL MATERIAL ES TREFILADO O ESTIRADO HASTA LOGRAR EL CALIBRE REQUERIDO. EN ESTE PASO, UNA PARTE DEL ALAMBRE ES ENVIADO A DIFERENTES DEPARTAMENTOS; ASÍ SE SEPARA EL QUE SERVIRÁ PARA PRODUCIR CLAVOS, CRIBAS, VARILLA GRADO 6000, MALLA SOLDADA, ALAMBRE SEMIFLECHA, ALAMBRE RECOCIDO, ALAMBRE BOBINA; PRODUCTOS QUE NO REQUIEREN DE GALVANIZACIÓN.

OTRA PARTE DEL ALAMBRE REQUIERE SER RECUBIERTO CON UNA CAPA DE GALVANIZADO, POR LO QUE SE LE ENVÍA A LOS HORNOS DE GALVANIZADO, DESPUÉS SE LE DISTRIBUYE EN LOS DEPARTAMENTOS QUE FABRICAN CLAVOS Y CRIBAS, ALAMBRE DE PÚAS, GRAPAS, SEPARADORES, MALLA CICLÓNICA, PANEL, Y PISO PORCÍCOLA GANADERO, ALAMBRES GALVANIZADOS, MALLAS HEXAGONALES GRADUADAS O ELECTROSOLDADAS.

ALGUNOS PRODUCTOS REQUIEREN PASAR POR EL DEPARTAMENTO DE EXTRUSIÓN, EN DONDE SE LES DA RECUBRIMIENTO DE PVC PARA MEJORAR SU PRESENTACIÓN Y VIDA ÚTIL, DE AHÍ EL MATERIAL ES MANDADO A OTROS DEPARTAMENTOS PARA FABRICAR ALAMBRE DE PÚAS PVC, MALLA CICLÓNICA PVC, ALAMBRE GALVANIZADO PVC.

EL COMPROMISO DE LA ACERÍA CON EL MEDIO AMBIENTE, LE HA LLEVADO A REALIZAR GRANDES INVERSIONES PARA LA ADQUISICIÓN DE LOS MÁS MODERNOS SISTEMAS ANTICONTAMINANTES, COMO EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE POLVOS Y HUMOS CUYO COSTO FUE DE USD \$2,000,000; ASÍ COMO UNA INVERSIÓN PARA UNA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS, CON UN VALOR DE USD \$250,000.

VALE LA PENA RECALCAR QUE EL 100% DEL MATERIAL QUE SE PRODUCE EN LAS PLANTAS, ES RECICLADO, ES DECIR, QUE PROVIENE DE MATERIALES DE DESECHO: INDUSTRIALES, DOMÉSTICOS Y AUTOMOTRICES. ASÍ, DEACERO FORMANDO EQUIPO CON LOS RECICLADORES DE CHATARRA DE ACERO DE TODO EL PAÍS, CONTRIBUYE A LA MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS, LOS QUE EN LUGAR DE APILARSE EN LOS TIRADEROS PRODUCIENDO POLUCIÓN AL AIRE, AGUA Y SUELO, GENERAN ECONOMÍA, NUEVOS PRODUCTOS PARA CUBRIR LAS NECESIDADES SOCIALES, Y SE CONTRIBUYE DE MANERA DETERMINANTE A REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL QUE PRODUCEN LOS DESECHOS.

METALES NO FERROSOS

ESTOS METALES CONSTITUYEN APROXIMADAMENTE EL 3.5 POR 100 DE LOS RSU, INCLUYENDO RESIDUOS COMERCIALES E INDUSTRIALES.

LOS MATERIALES NO FERROSOS SON RECUPERADOS DE:

- ↳ **ART: CASEROS.- MUEBLES DE JARDÍN, BATERIAS, ELECTRODOMÉSTICOS, HERRAMIENTAS, ETC**
- ↳ **ART. DE DEMOLICIÓN Y CONSTRUCCIÓN.- ALAMBRE DE COBRE, TUBERÍA DE COBRE, SUMINISTROS DE FONTANERÍA, ART. DE INSTALACIÓN DE LUZ, CHAPAS, VENTANERÍA Y PUERTAS DE ALUMINIO, ETC.**
- ↳ **ART. COMERCIALES, INDUSTRIALES Y DE CONSUMO .- GRANDES ELECTRODOMÉSTICOS, BARCOS, AVIONES, AUTOS, CAMIONES, MAQUINARIA, ETC.**

PRACTICAMENTE TODOS LOS MATERIALES NO FERROSOS SE PUEDEN RECICLAR, SIEMPRE Y CUANDO ESTÉN LIMPIOS DE IMPUREZAS COMO: TELAS, PLÁSTICOS, GOMA, HULES, ETC.

EL PROCESO DE ACOPIO, LIMPIEZA Y SELECCIÓN, SE DA A NIVEL PENNA PRIMERA, LUEGO EN LOS CENTROS DE ACOPIO 1 Y 2, Y 3, SE SUELE COMPRAR MATERIAL SUCIO A BAJO PRECIO Y ELLOS MANUALMENTE LIMPIAN Y SELECCIONAN LOS METALES, DE AHÍ VAN A DAR CON UN MAYORISTA QUIEN LES DA LA ÚLTIMA SELECCIÓN Y PREPARACIÓN ANTES DE SER TRANSFORMADOS.

↳ **LOS METALES SE SELECCIONAN SEGÚN EL TIPO DE ALEACIÓN, A TRAVÉS DE SISTEMAS COMPUTARIZADOS QUE PERMITEN SABER LAS MEZCLAS DE UN MATERIAL; TAMBIÉN SE SELECCIONAN DE ACUERDO AL PROCESO DE FABRICACIÓN, COMO P. EJM. SI FUERON FUNDIDOS O FORJADOS.**

↳ **DESPUÉS LOS MATERIALES SE CONSOLIDAN EMPACÁNDOLOS, TRITURÁNDOLOS, O EMBALÁNDOLOS PARA SU TRASLADO, TRABAJO QUE HACEN LOS PROTOTIPOS 4.**

VER TABLA DE FUENTES Y USOS

metales no ferreos: Fuentes comunes y usos finales

Metal	Porcentaje suministrado para el reciclaje ^a	Fuentes típicas	Productos y usos
Aluminio	34	Recipientes, tubería, muebles para exterior, canales, chapa, puertas, ventanas, baterías de cocina, serpentines y aletas refrigerantes, automóviles, barcos, camiones, aviones	Recipientes, tuberías, muebles para exterior, canales, chapa, puertas, ventanas, baterías de cocina, serpentines y aletas refrigerantes, automóviles, barcos, camiones, aviones
Cobre (incluye latón y bronce)	50	Alambre, tubería, instalaciones de fontanería, válvulas, serpentines y aletas refrigerantes, radiadores, cojinetes	Los mismos que las fuentes más aleaciones, electrónica, productos químicos, electrochapado
Plomo	61	Pesos de neumáticos, baterías, cables, soldaduras, selladores de botellas de vino, cojinetes	Baterías, soldadura, cojinetes, perdigones, aleaciones
Níquel	27	Aleaciones de alta resistencia y resistentes a la corrosión, motores a chorro, maquinaria industrial	Aleaciones de alta resistencia y resistentes a la corrosión, aceros inoxidables
Acero inoxidable ^b	NA	Instalaciones de cocina comerciales, mostradores, charra industrial	Aleaciones resistentes a la corrosión y al calor para diversos productos
Estaño	18	Soldaduras, bronce, materiales de cojinetes, hojalata	Soldaduras, aleaciones, recubrimientos, planchado
Cinc	27	Chatarra de aleaciones, automóviles y electrodomésticos, residuos de galvanizado	Productos galvanizados, latones, aleaciones

PAPEL Y CARTÓN

En base al peso, el papel constituye el componente mayor de los RSU. Incluyendo a los contenedores ondulados y al cartón de las cajas, el papel representa del 25 al 40/100 del total de residuos.

COMO ES TAN GRANDE EL PORCENTAJE DE GENERACIÓN, PODRÍA PENSARSE QUE REICLAR MAYOR CANTIDAD DE PAPEL SERÍA LA SOLUCIÓN AL VOLUMEN DE RESIDUOS, DESAFORTUNADAMENTE SÓLO SE PUEDE REUTILIZAR UNA PARTE DEL PAPEL DESECHADO, DEBIDO A CONSIDERACIONES DE ORDEN ECONÓMICO Y LOGÍSTICO:

- ↪ LA FIBRA VIRGEN ES ABUNDANTE Y RELATIVAMENTE BARATA EN EL NORDESTE Y NOROESTE DEL PACÍFICO, DONDE HAY EXTENSOS BOSQUES EN U.S.A. Y CANADÁ. (CONSIDERACIÓN PUESTA EN JAQUE POR LA DEFORESTACIÓN MUNDIAL)
- ↪ MUCHOS CENTROS URBANOS ESTÁN UBICADOS LEJOS DE LAS FÁBRICAS DE PAPEL, LO QUE ENCARECE EL TRASLADO.
- ↪ LA CAPACIDAD INSTALADA DE LAS FABRICAS PARA DESTINTAR Y REUTILIZAR EL PAPEL USADO, ES LIMITADA.
- ↪ LAS FÁBRICAS REICLAN PREFERENTEMENTE FIBRA DAÑADA Y RECHAZO IND. PORQUE LA COMPOSICIÓN DEL MATERIAL ES CONOCIDA, SIN IMPRESIÓN Y A MENUDO PUEDE UTILIZARSE COMO SUSTITUTO DE LA PULPA.
- ↪ EN 1989 SE RECICLO EL 25/100, POR PROBLEMAS ECOLÓGICOS Y ECONÓMICOS SE PIENSA QUE EL USO DE FIBRAS SECUNDARIAS (PAPEL RECICLADO) CREZCA A MÁS DEL DOBLE.

LOS PRINCIPALES TIPOS DE PAPEL RECICLADO EN LA ACTUALIDAD SON:

- ↔ **PAPEL PERIÓDICO.-** EL PAPER STOCK INSTITUTE , SEÑALA QUE EN EL PERIÓDICO, LA CLASE DESTINTADOR QUE SIRVE PARA PRODUCIR PAPEL DE CALIDAD PARA PERIÓDICO, PAPEL HIGIÉNICO, PAÑUELOS, ETC., LAS OTRAS CLASES DE PERIÓDICO SE UTILIZAN PRINCIPALMENTE PARA PRODUCIR CARTÓN Y PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN.
EN 1988 APROXIMADAMENTE EL 33/100 DE LOS PERIÓDICOS PUBLICADOS ERAN RECICLADOS, DE ESA CANTIDAD APROX. EL 77/100 SE UTILIZABA PARA

PAPEL DE PERIÓDICO RECICLADO O PARA CONVERSIÓN A CARTÓN Y CONTENEDORES ONDULADOS, EL 23/100 RESTANTE SE UTILIZABA PARA OTRAS CALIDADES DE PAPEL, AISLANTE DE CELULOSA Y CAMAS DE ANIMALES.

⇔ **CARTÓN ONDULADO.- ES LA FUENTE INDIVIDUAL MÁS GRANDE DE PAPEL RESIDUAL PARA EL RECICLAJE, EN 1988 SE RECOGIERON APROX. 9.7 MILLONES DE TONS. DE CAJAS DE CARTÓN USADO, LO QUE REPRESENTABA UNA TASA DE RECICLAJE DEL 45/100. LAS CAJAS DE CARTÓN SON UTILIZADAS PARA FABRICAR MATERIAL PARA LÁMINA O CAPA EXTERIOR; O MEDIO, CAPA INT. ONDULADA PARA LAS CAJAS NUEVAS.**

⇔ **PAPEL DE ALTA CALIDAD.- SE LLAMA ASÍ AL PAPEL PROCEDENTE DE INFORMÁTICA, PAPEL DE CUENTAS BLANCO Y COLOREADO (PAPELES DE HILO PARA MÁQUINAS DE ESCRIBIR Y OTROS PAPELES), LIBROS SIN TAPA NI DORSAL, Y PAPEL DE REPRODUCCIÓN. ESTE PAPEL SE CONSIDERA DE BUENA CALIDAD PORQUE NO ESTÁ TRATADO, NO ESTÁ SATINADO Y CONTIENE UN ALTO PORCENTAJE DE FIBRAS LARGAS (EL PAPEL DE PRIMERA, TIENE FIBRAS SUSCEPTIBLES DE RECICLARSE HASTA EN TRES OCASIONES SIN MERMA EN LA CALIDAD); PUEDE SUSTITUIR DIRECTAMENTE A LA PULPA DE MADERA O PUEDE SER DESTINADO PARA PRODUCIR PAPEL HIGIÉNICO O PAPELES DE HILO DE LATA CALIDAD.**

⇔ **PAPEL MEZCLADO.- EN ESTA CLASE DE PAPEL LAS LIMITANTES ESTÁN EN LOS PAPELES NO APTOS, (COMO PAPEL CARBONO), LOS QUE SE PRESENTAN EN UN PORCENTAJE DEL 10/100; PUEDE ESTAR FORMADO POR PERIÓDICOS, REVISTAS Y DIVERSOS PAPELES DE FIBRAS LARGAS. SE UTILIZA PARA PRODUCIR: CAJAS DE CARTÓN Y PRODUCTOS PENSADOS MISCELÁNEOS.**

USOS IMPORTANTES DEL PAPEL RECICLADO:

LAS CUATRO CALIDADES DE PAPEL SEÑALADAS ANTERIORMENTE SE COMBINAN FRECUENTEMENTE EN TRES CATEGORÍAS, SEGÚN SU FORMA DE PROCESAMIENTO O TIPO DE PRODUCTO FINAL.

1. **SUSTITUTOS DE PULPA.- PAPER RECICLADO QUE PUEDE AÑADIESE DIRECTAMENTE A UNA PULPEADORA DE PAPEL, SIN TRATAMIENTO. AQUÍ LAS FÁBRICAS DE PAPEL PREFIEREN RESIDUOS INDUSTRIALES LIMPIOS, LOS MÁS FRECUENTEMENTE UTILIZADOS SON LOS DE PAPEL DE IMPRESIÓN SIN PASTA DE MADERA.**
2. **CALIDAD DE DESTINTAMIENTO.- PAPER RECICLADO QUE SE CONVIERTE EN PULPA, SE DESTINTA QUÍMICAMENTE Y SE BLANQUEA CON LEJÍA ANTES DE INTRODUCIRLO A LA MASA PRINCIPAL DE LA PULPA. LAS CALIDADES TÍPICAS SON: PAPEL PERIÓDICO DESTINTADO, PAPEL DE CUENTAS COLOREADO Y PAPEL DE CUENTAS BLANCO IMPRESO. LA MAYOR PARTE DE PAPEL DESTINTADO SE DESTINA A LA PRODUCCIÓN DE: PAPEL PERIÓDICO, PAPEL HIGIÉNICO, SERVILLETAS, ROLLOS DE COCINA Y CARTÓN DE CAJAS DE ALTA CALIDAD.**
3. **CALIDADES BRUTAS.- PAPER RECICLADO QUE SE USA SIN DESTINTAR PARA PRODUCIR LÁMINA Y MEDIO DE CAJAS DE CARTÓN, HUEVERAS, CARTÓN COMPRIMIDO, Y PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN COMO PAPEL FIELTRO Y TABLA DE FIBRA PENSADA. ESTA CALIDAD INCLUYE PAPEL PERIÓDICO Y PAPEL MEZCLADO. ESTOS PAPELES FORMAN LA MAYOR PARTE DEL FLUJO DE RSU Y TEÓRICAMENTE SE PODRÍAN DESVIAR DE LOS TIRADEROS, PERO EN NUESTRO PAÍS FALTA CULTURA DE RECUPERACIÓN Y MAYOR CAPACIDAD DE RECICLAMIENTO EN LAS FÁBRICAS.**

OTROS USOS DEL PAPEL RECICLADO.- ADEMÁS DE LOS USOS CITADOS EL PAPEL RECICLADO PUEDE USARSE PARA:

- ◆ **ELABORAR PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN, COMO: CARTÓN DE YESO, PAPEL SATURADO DE FIELTRO PARA TEJADOS, AISLAMIENTO DE CELULOSA.**
- ◆ **COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS, EL CDR O COMBUSTIBLE BIOMASA ES USADO EN PELETS PARA LA INDUSTRIA.**
- ◆ **PARA EXPORTACIÓN, U.S.A ESTÁ CONSIDERADO COMO EL MAYOR EXPORTADOR MUNDIAL DE PAPEL, EN 1989 EXPORTÓ 6,3 MILLONES DE TONELADAS DE PAPEL RESIDUAL, DEL CUAL MÉXICO ES RECEPTOR DE UNA BUENA CANTIDAD. SE DICE QUE EL PAPEL RESIDUAL DE U.S.A. ES DE ALTA CALIDAD POR EL LARGO DE SUS FIBRAS.**

EL PAPEL RESIDUAL SE OBTIENE DE:

OFICINAS DE GOBIERNO, ESCUELAS, NEGOCIOS, CORPORACIONES, CENTROS DE ACOPIO Y TIRADEROS.

ESTE ES UN MERCADO GRAVEMENTE AFECTADO POR LA ECONOMÍA GLOBAL, YA QUE EN LA ACTUALIDAD HAY MÁS PAPEL RESIDUAL QUE CAPACIDAD DE FABRICACIÓN, LA OFERTA Y LA DEMANDA ESTÁN TAMBIÉN REGULADAS POR LAS LEYES Y LAS ESPECIFICACIONES DE FABRICACIÓN ESTABLECIDAS POR LOS PAÍSES CONSUMIDORES.

LOS CONTAMINANTES:

SON MATERIALES QUE SON PERJUDICIALES PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN O QUE PUEDEN CAUSAR DAÑO A LA MAQUINARIA, ESTOS PUEDEN SER:

PAPEL QUEMADO POR EL SOL

ENVASES DE COMIDA

PLÁSTICO Y METAL

PAPELES ENCERADOS O TRATADOS

PAPEL HIGIÉNICO O TOALLAS DE PAPEL

CATÁLOGOS

GUÍAS TELEFÓNICAS ENCUADERNADAS

POST IT

PAPEL DE FAX

PAPEL DE CARBONO SIN CARBONO (AUTOCOPIANTE)

PAPEL IMPRESO EN LÁSER (NO SE DESTINTA)

EL PAPEL RECICLADO SE INSPECCIONA Y SELECCIONA MANUALMENTE ANTES DE EMPACARSE.

EL RECICLADO DEL VIDRIO.

Antecedentes:

El descubrimiento del VIDRIO de acuerdo a las leyendas fue un accidente. El historiador romano PLINIO señala que hace aprox. 4,000 años una noche los primeros navegantes Fenicios atracaron sus naves en la rívera de Siria, y buscando piedras para hacer su hoguera soportaron sus trastos con rocas que al calentarse modificaron su forma, iniciándose así una verdadera revolución en la forma de contener los líquidos y alimentos, cuya verdadero impacto tomó cuerpo al diseñar John Landis Mason en 1858, el primer envase con tapa de tuerca: esto dió un cambio radical a la dieta de muchos países, ya que se hizo posible guardar y preservar frutas y alimentos.

El vidrio constituye aprox. el 8 por 100 del peso de los RSU, el 90/100 es vidrio de botella o recipiente blanco, verde o ámbar, el 10/100 restante es vidrio plano y de vajilla.

El reciclado de envases de vidrio en nuestro país tiene más de 50 años de existencia. Utilizado por la industria y dentro del ramo artesanal como materia prima, tuvo un importante auge en los inicios de los años 80's debido a su impacto en relación con el ahorro de energéticos, y posteriormente, en estos últimos años se le ha otorgado un enfoque holístico, como a todos los materiales reciclables; al considerarse sus beneficios ecológicos, sociales, políticos, económicos y psicológicos.

BENEFICIOS DE LA INDUSTRIA AL UTILIZAR VIDRIO RECICLADO:

* Reemplaza a las mezclas básicas como materia prima. (Una mezcla básica está compuesta de soda ash, arena sílica y caliza que son los ingredientes principales en la formación de vidrio para envases).

* Cuando es utilizado en el proceso de fundición los hornos pueden operar a menor temperatura que cuando trabajan con mezclas básicas, conduciendo ello a ahorros de energía y a una mayor vida del horno.

* Lleva a operar a una planta a una mayor capacidad en comparación a cuando se utilizan mezclas.

* Reduce las emisiones contaminantes a la atmósfera.

CUIDADOS QUE SE DEBEN TENER AL RECICLAR ENVASES DE VIDRIO:

* El vidrio reciclado no únicamente es un material heterogéneo en cuanto a su composición y color (proviene de diferentes fabricantes), sino que también contiene toda clase de impurezas como son: materiales orgánicos (papel, cartón, plástico, madera), metales magnéticos (especialmente hierro), metales no magnéticos (aluminio, plomo, estaño, zinc, etc.) y materiales orgánicos (pedazos de cerámica, barro, porcelana, grava, escoria, piedras, etc.

* Además de lo anterior, el vidrio de envases, reciclado, es contaminado con vidrios de composición diferente, como son: vidrio plano, vidrio de ventana, vidrio de foco, vidrio de laboratorio, platos y tazas de cerámica, etc. Todos estos materiales no son compatibles con el vidrio de envases, por lo cual deberían de ser separados.

EFFECTOS DE LOS CONTAMINANTES EN EL VIDRIO RECICLADO:

*El material orgánico es relativamente inofensivo cuando no lo hay en exceso. En grandes cantidades puede causar distorsiones en la reacción química.

* El hierro, es peligroso principalmente por su ataque al fondo del horno, ya que la formación de fusiones de silicatos de hierro conducen a la destrucción de los materiales refractarios.

* Metales ligeros no magnéticos se quedan en el vidrio fundido formando inclusiones de silicio, los cuales afectaran la resistencia de los envases.

* Pedazos de cerámica y grava, no llegan a disolverse durante el periodo de fundición, cuando se trata de pedazos demasiado grandes; resultando en pérdidas de producción.

Por lo anterior, en la práctica se han establecido límites que no deben sobrepasarse, sobre la cantidad admisible de impurezas.

ESPECIFICACIONES PARA VIDRIO DE ENVASES RECICLADOS.

COLOR.- Separar por colores: transparente, verde y ámbar.	
MÉTALOS MAGNÉTICOS Y NO MAGNÉTICOS:	0.10% MÁXIMO
PIEDRAS Y PORCELANA:	0.05% MÁXIMO
PAPEL, PLÁSTICOS, CORCHO Y OTRAS SUBSTANCIAS ORGÁNICAS:	1.00% MÁXIMO
TIERRA Y BARRO:	1.00% MÁXIMO

OTROS USOS DEL VIDRIO RECICLADO

Para fabricar FIBRA DE VIDRIO, se utiliza el vidrio triturado como parte integral del proceso de fabricación, pero como las especificaciones son muy estrictas, éste se obtiene por lo general de los propios fabricantes de vidrio.

EL PLÁSTICO, UNA INTERROGANTE.

Definición: El plástico es el resultado de la polimerización de numerosos grupos de átomos que repiten la misma fórmula, es un material susceptible de moldearse.

El Polímero es el material sintético de resinas artificiales moldeable bajo presión o altas temperaturas, es un compuesto químico de varias moléculas idénticas.

El plástico es un material que se ha utilizado durante casi cincuenta años, sin embargo su uso para envases se ha incrementado dramáticamente durante los últimos veinte años; de modo que en 1990 en los EE.UU. se produjeron 24,5 billones de kilos, el doble del que se utilizaba en 1973, y para el año 2000 se espera un incremento en su producción de un 70 por 100.

En las sociedades de consumo en que habitamos, el desechar como parte inherente de las mismas, ha propiciado un mercado *creciente* para productos sustituibles, en los que el plástico ha encontrado un lugar de privilegio, desplazando en su uso al vidrio y a los metales, como materiales para recipientes, y al papel como material para embalaje.

Las ventajas que este material proporciona son constantemente mencionadas como parte de la propagación de su uso, se menciona que es ligero, térmico, versátil, seguro (no se rompe), es aislante y sirve para cocinar en microondas.

Como la mayoría de envases plásticos son desechables, la cantidad de plásticos en los residuos sólidos urbanos se ha incrementado del 3/100 (en peso) de los años 70, al 7/100 de los 90, y aunque en peso no sea una gran cantidad si lo es en volumen, lo que ha generado un problema creciente por la falta de espacios para vertederos.

Con frecuencia se crítica acremente a la industria del plástico por estar creando un problema con los residuos que genera sin aportar una solución válida. A menudo, se sugiere que los plásticos deberían ser sustituidos por materiales biodegradables, o bien debiera propiciarse más reciclaje de este material para no seguir generando producto nuevo que se convierte en montañas de desechos que no se degradan. Si bien se reconoce al reciclaje del producto como una alternativa, hasta ahora en Estados Unidos se recicla solamente el 2 por 100 de la producción virgen, en comparación con el 10 por 100 de Holanda o el 6 por 100 de Alemania y al 1 por 100 de México.

En la actualidad, en México se generan infinidad de productos plásticos que no especifican su composición; la mayoría de los fabricantes de envases de plástico en otras partes del mundo codifican ahora sus productos con un número del 1 al 7, que representa las resinas más comúnmente producidas, lo cual facilita su clasificación y reciclaje. Por ello, con el objeto de propiciar su recuperación, a continuación reproducimos la clasificación de acuerdo a la tabla proporcionada por la Society of the Plastics Industry (SPI):

Código SPI

1- PET - Polietileno tereftalato.

material: botellas de refrescos carbónicos, recipientes para comida.

2-PE-HD - Polietileno de Alta Densidad.

material: botellas de leche, botellas de detergente, productos en forma de lámina, tales como bolsas, etc.

3- PVC - Policloruro de Vinilo

material: Recipientes domésticos y de comida; tubería.

4- PE-LD - Polietileno de Baja Densidad.

Envase de película fina y envoltorios; otros materiales de lámina.

5- PP - Polipropileno

Cajas para botellas, maletas, tapas y etiquetas.

6- PS - Poliestireno

Vasos y platos de espuma, artículos moldeados por inyección.

7-Otros - Todas las demás resinas y materiales multilaminados.

Plásticos no seleccionados.

Los plásticos más comúnmente reciclados son el PET/1 y el PE-HD/2.

Siendo el plástico una gran interrogante en cuanto a reciclaje creímos conveniente señalar sus posibles usos, es decir responder al cuestionamiento de qué uso pueden tener una vez reciclados:

El PET/1 - se recicla en fibras de poliéster utilizadas para fabricar sacos de dormir, almohadas, edredones y ropa de invierno. Se utiliza también para bases y fibras de moqueta, películas, correas, envases de comida, y plásticos para la industria automotriz.

Un uso alternativo a este material es el logrado en base a la despolimerización de botellas y se repolimerizan en resinas de calidad virgen para nuevas botellas de refresco.

El PE-HD/2 - Este material se regranula, es decir se limpia el plástico y se granula, para producir botellas de detergente o de aceite para auto, para envolturas protectoras, bolsas de plástico y productos moldeados como juguetes y cubos.

El PVC/3 - El PVC es una resina de alta calidad que necesita poco o ningún tratamiento, pero se recicla muy poco porque los costos de recolección y selección son sumamente caros. Se recicla en cortinas para baño, alfombras plásticas, tubería para riego, macetas y juguetes. Y se dice que tiene un enorme mercado potencial en para la

elaboración de accesorios, molduras, láminas y piezas moldeadas por inyección a partir de PVC reciclado.

PE-LD/4 - Polietileno de baja densidad, es la llamada película plástica de la cual se fabrica: el PACK que se usa para empacar comida, es la funda plástica de los pañales y también se usa para elaborar bolsas de basura. Es un plástico que no genera volumen y que por lo general termina en los basureros, por lo cual, algunos países están legislando para que los fabricantes creen tecnología que lo haga biodegradable, o reciclable, sin embargo el costo del reciclamiento es elevado, por lo que suele usarse para elaborar bolsas oscuras, lonas plásticas, y mezclado con otros componentes también se usa para fabricar cuerdas y cables.

PP/5 - Polipropileno.- Suele regranularse para elaborar cajas de baterías de automóvil, tapas de recipientes, etiquetas de botellas y bidones, tablas de plástico, postes y muebles de jardín; se usa en poca cantidad para envases de comida.

PS/6 - POLIESTIRENO - El 25 por 100 de este material se usa para elaborar envases de comida rápida, para empaquetar carne, para embalaje, para vasos y cubiertos. Es un plástico que según el PSI ocupa sólo el 1 por 100 del volumen de los residuos sólidos, sin embargo su transportación y recuperación, dado el bajo peso que tiene, es costosa; es por eso que se ha considerado como un producto inútil del que podría prescindirse. Sus productores en U.S.A. han hecho grandes inversiones en plantas de reciclamiento y el producto que se obtiene son: tablas de espuma aislante de cimentación, accesorios de oficina, charolas para comida, recipientes de basura, juguetes.

7 - PLÁSTICOS MEZCLADOS Y MULTILAMINADOS

Se usan para envasar Ketchup y mayonesa, no tienen mercado como producto regranulado, por lo que se les utiliza en los flujos de plásticos usados - especialmente el polietileno y el polipropileno-, para elaborar productos que no tienen grandes especificaciones, como serían: las defensas para auto, postes, vigas, vallas, etc.

Para que el reciclamiento del plástico pueda ser una realidad debe trabajarse con los fabricantes para que todos sus productos traigan el número de clasificación que permite de una manera rápida separarlo, y de este modo, propiciar su recuperación y transformación. Siendo este un producto de las sociedades de consumo, que no es biodegradable y que es el generador de los mayores volúmenes en los tiraderos, debe ser un producto al que debe prestársele la mayor atención con el objeto de incentivar su reciclamiento y generar nuevas tecnologías.

PROCESO DE RECICLAMIENTO:

- ➡ **Del tiradero al centro de acopio, selección y separación del material**
- ➡ **El Recuperador elabora balas (pacas) de plástico que pueden ir desde 136 hasta 770 kls.**
- ➡ **El mayorista transforma en copos limpios el plástico recuperado mediante el procedimiento de:**
 - 1. Las pacas se rompen y colocan en una banda transportadora para su selección final, manualmente se separa el material de color y el no deseado.**
 - 2. Se granula el plástico, los copos se lavan en agua caliente, detergentes y por agitación se separan las etiquetas, gomas y residuos.**
 - 3. Por centrifugado se eliminan las impurezas después del lavado**
 - 4. Se depositan los copos en un Depósito y por asentamiento se separa, el PET se hunde y el PE-HD flota, cuando es muy homogénea la mezcla, se utiliza proceso de centrifugado.**
 - 5. Se usa nuevamente el centrifugado para eliminar los líquidos y se secan los copos con aire caliente.**
 - 6. Se hace un nuevo proceso de Clasificación por aire para eliminar los resos de polipropileno.**
 - 7. Algunas botellas de PET suelen traer tapas de aluminio por lo que se hace una separación electrostática para eliminarlo.**

- 8. El PET limpio se vende en copos.**
- 9. El PE-HD se peletiza, mediante este proceso la resina fluye libre de polvo, lo que mejora la fundición y cribación dando al material mayor homogeneidad y pureza.**
 - 9.1. Los procesadores y fabricantes intentan minimizar la "historia calorífica" (Número de veces que se calienta) porque cada calentamiento degrada la resina.**
 - 9.2. Mediante un tornillo de extrusión los copos se conducen a una boquilla de extrusión, en donde el calor combinado con fricción provoca la fundición; antes de llegar a la boquilla el líquido pasa por un proceso de filtración que elimina las impurezas restantes.**
 - 9.3. El líquido extraído por la boquilla tiene la forma de un fideo largo, mientras pasa por el orificio una cuchilla giratoria lo corta en segmentos cortos que caen a un secador centrífugo, una vez seco el plástico está listo para ser procesado y convertido en nuevos productos.**

PUBLICACION TRIMESTRAL ABRIL-JUNIO'95
Número 1

INFORMA

Informa



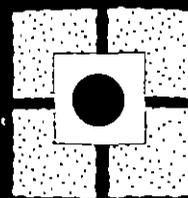
Una Revista del
**INSTITUTO
NACIONAL DE
RECICLADORES A.C.**

EJEMPLAR
NS 15.00

Por un reciclamiento consciente

100% Reciclado

DIMEXA



Compra-Venta,
Importación y Exportación
de desperdicios de
METALES INDUSTRIALES:



Aluminio
Cobre
Acero Inoxidable
Antimonio
Bronce, etc.



La cultura Maya consideraba el cuadrado y el círculo, como símbolos de la perfección y en sus esculturas y pirámides los estampaban, representando así: los cuatro puntos cardinales, el universo, el infinito, la naturaleza, la vida, el trabajo, la inteligencia, la destreza, la energía, la fuerza y la superación.

DIMEXA hace suyos estos símbolos y su significado, con el objeto de retomar la filosofía de esa gran cultura y hacerla su bandera de trabajo en cada uno de sus integrantes.

Av. Hidalgo Predio Salinas S/N San Cristóbal Ecatepec, Estado de México
Tels. 770 0730 770 3214 770 2215 770 1400 Fax 770 1347



CONTENIDO

- 1.....Editorial
- INFORMACION GENERAL**
- 2.....¿Porqué Agrupamos?
- 3.....Qué es el INARE-MEXICO
- 4.....III CONGRESO NACIONAL
- 5.....Panorama de la economía Mexicana para 1995
- 8.....Porqué somos Recicladores
- EL RECICLADOR INVITADO**
- 9.....Unidos para Servir
- 10.....El Futuro, un interés común
- FISCAL**
- 11.....Cómo se tributa en el estado de California, EEUU
- 11.....Lic. Fernando Heftye
- ECOLOGIA**
- 12.....Terminología Ambiental
- INFORMACION TECNICA**
- 12.....Información Sistematizada
- 13.....Un modelo para el manejo integral de los residuos
- 13.....Agradecimiento a los amigos
- ACTIVIDADES**
- 15.....Visita al Senado de la República
- 16.....Resúmen del II Congreso INARE
- 17.....Resúmen de Actividades INARE
- 18.....Mención de Honor
- PARA CONOCER**
- 19.....Museo Dolores Olmedo
- VALORES**
- 20.....Mi bandera
- MAQUINARIA;**
- 21.....**METALES;** compra-venta y transformación
- 23.....**PAPELY CARTON**
- 23.....**VIDRIO;** compra-venta y transformación
- 24.....**SERVICIOS**

**ANUNCIASE
EN NUESTRA
SECCION
COMERCIAL**

EDITORIAL

Tenemos un compromiso

Ante un poco más de cinco años para arribar al segundo milenio, en medio de lo que se vislumbra como la más severa recesión mundial después de la guerra, la necesidad de conjuntar intereses de grupo para subsistir ante la "globalización económica", es la 'piedra de toque' para nuestra desgastada moral.

México, el país indómito que combate su desesperanza con el enfoque jocoso de la vida, convierte su "ai se va" que, dicen, caracteriza al mexicano, en la hospitalidad y solidaridad que siempre lo han distinguido.

La incertidumbre, la ira, la impotencia y el miedo son sentimientos que nos acompañan junto con el asombro de las "nuevas" de cada día y nos comprometen cada vez más con nosotros mismos!

Los mexicanos tenemos hoy en día el compromiso de retar a nuestro destino trágico, de combatir a la indiferencia, de participar para cambiar, de profesionalizarnos, de combatir a la resignación para con el trabajo consistente de cada uno, transformar, día a día, estos sexenios de devastación y dejar de participar con morbo en la corrupción y falta de moral que se han hecho cotidianos. Tenemos el compromiso de crear un mexicano nuevo, creativo, trabajador, pensador, con ética y moral a la manera de nuestros ancestros, con concepto de Patria, con dignidad y respeto para sí. En resumen, tenemos el compromiso de reservar lo mejor de nosotros, para preservar lo mejor de México para el mundo.

No te aisles, ¡PARTICIPA!

Lic. María de Jesús Antúnez Castro



¿Porqué agruparnos?

Por Victor Benítez Vázquez
Presidente Nacional de INARE-México

Desde que el hombre se manifestó como especie viviente, formó grupos para alcanzar metas que se fijaba en comunidad, lo cual permitió que se integrara en grupo y que éste encauzara sus potencialidades y aumentara sus motivaciones a través de los logros obtenidos gracias al trabajo común. De ahí surgieron, seguramente, las familias, los clanes, los pueblos, las ciudades y finalmente las naciones.

A partir de que la sociedad se constituyó como tal, los integrantes de la misma han buscado agruparse con los más diversos fines: desde benéficos, hasta comerciales, religiosos u otros diversos pues la base del éxito al agruparse ha sido y seguirá siendo el empeño que el grupo ponga en su trabajo de conjunto.

En el mundo actual, y específicamente en nuestro país, las condiciones de vida son tan difíciles, que la única fórmula viable para resolver nuestros problemas y seguir adelante, es luchar juntos.

De esta misma manera, surgió el Instituto Nacional de Recicladores, Asociación Civil, agrupación formada por recuperadores de desperdicios susceptibles de reusarse para la industria, convertidos por los recicladores en insumos. Esta asociación busca hacerse escuchar; realizar acciones concretas que resuelvan los problemas específicos de sus miembros; dignificar al gremio, que, hasta ahora, ha sido incomprendido y menospreciado; hacer del conocimiento de la sociedad en general los beneficios en materia de sanidad y conservación del equilibrio ecológico que brinda la actividad del reciclaje; conseguir una legislación que rija este trabajo en un marco de equidad y justicia; buscar la tasa cero en el IVA, ya que este impuesto propicia la competencia desleal y deja a los recicladores mexicanos fuera de competencia en relación a los mercados internacionales; generar más empleos, y captar más impuestos.

Dada la importancia de estos objetivos que persigue el Instituto ya citado, te invitamos a participar, a agruparte; no puedes seguir esperando a que los demás decidan qué debes hacer o cómo se van a resolver tus problemas. Juntos lograremos el mejoramiento del medio ambiente y la preservación de nuestros recursos naturales, haciendo compatibles los procesos productivos con el ecosistema; así quedaremos agrupados para el triunfo.



EDITOR

Lic. Ma. de Jesús Antúnez Castro

DIRECTOR GENERAL

Victor Benítez Vazquez

COORDINADOR GENERAL

C.P. Elías Vánegas

DIRECTOR DE COMERCIALIZACION

Ing. Joaquín Baez Pineda

DISEÑO Y PRODUCCION

Area Gráfica

Marco Márquez

LDG. Octavio Márquez

PORTADA

LDI. Rodolfo Arévalo

CORRECCION DE ESTILO

LLH. Magdalena Padilla Tovar

INARE Informa, es una publicación trimestral, editada por el Instituto Nacional de Recicladores A.C., Av. 545 N° 33, San Juan de Aragón, C.P. 07920, México D.F., Editor responsable: Lic. Ma. de Jesús Antúnez C.; Número de Certificado de litud de Título (en Trámite), Número de certificado de litud de contenido (en trámite); Numero de reserva al Título en Derechos de Autor (en tramite). Impreso en México por Matiz Foto Diseño S.A. de C.V., Av. Puerto Mazatlán N° 6, La Pastora. Tiraje de 3000 ejemplares



Qué es el INARE-MEXICO

El Instituto Nacional de Recicladores, A.C. (INARE), fundado en febrero de 1994, es una agrupación dentro de la industria ambiental que representa a más de 700 personas físicas, empresas de diversos tamaños y capacidades, y afilia a Asociaciones y a diversos Grupos del Sector (Carreros, Carretoneros, etc), que recuperan, comercializan y transforman en etapa incipiente, residuos y desechos domésticos e industriales, para su reciclado y reuso, en toda la República Mexicana.

El INARE está dividido en Delegaciones que representan los intereses del sector en diversas zonas geográficas, por ejemplo la Noroeste, integrada por los estados de Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila que por su gran desarrollo industrial representa un polo de gran repercusión económica en nuestro sector. Las zonas que por su tamaño requieren de mayor atención cuentan con Subdelegaciones. Todo el cuerpo Directivo del Instituto está integrado por empresarios que trabajan los diversos ramos de nuestro comercio, por ejemplo: los metales no ferrosos, los ferrosos, el cartón y papel, el vidrio, etc.

INARE constituye una organización de negocios *sui generis*, ya que nuestro comercio es inverso del normal, pues compramos al menudeo y vendemos de mayoreo, por lo que enfrentamos la problemática de que las disposiciones fiscales no tienen una aplicación práctica a la realidad de nuestra actividad. Además, por nuestro giro y las características de manejar productos que han concluido su vida útil, conformamos un sector que aún no es plenamente definido tanto por algunas autoridades regulatorias, como de fomento. Sin embargo, resulta evidente que el sector contribuye con importantes objetivos de desarrollo

económico y social, así como con el combate a la problemática ecológica que presenta nuestro País.

Por nuestra actividad, los recicladores contribuimos de manera importante a la generación de empleos e ingresos, con la ocupación de sub-empleados y desempleados, constituyendo una fuente de ingresos para la población marginada (pepenadores, carretoneros, ancianos, etc.). Con nuestra labor coadyuvamos de paso, a aminorar el problema socioeconómico de carencia total de ingresos familiares que, en estos momentos de recesión, resulta fundamental para aliviar la eventual tensión social.

La relevancia económica de nuestra actividad se manifiesta por:

- 1). La derrama económica de las miles de personas y familias involucradas en el proceso;
- 2). El ahorro significativo de recursos escasos y no renovables
- 3). El ahorro de divisas a través de la sustitución de importaciones, y, en la actualidad, con el déficit mundial de insumos, la entrada de divisas a través de la exportación de materiales recuperados.
- 4). La cada vez más importante reducción del impacto ecológico, en virtud de los compromisos en el Tratado de Libre Comercio y los Acuerdos Paralelos.

Según estimaciones propias, directamente se ocupan alrededor de veinte mil personas y otras setenta y dos mil de manera indirecta, con los evidentes beneficios para sus familias, casi todas de escasos recursos y clase media en ingresos. A esto habría que agregar los efectos multiplicadores y los empleos que se mantienen en la industria de transformación final.

En general, pueden distinguirse cuatro prototipos de comercios que participan en la industria ambiental del reciclaje, en función del monto de compras, el número de operaciones diarias que efectúan, la cantidad de facturas



que expiden dada la cuantía de las operaciones y los desperdicios y residuos que compravenden.

Problemática:

La problemática grave que enfrentamos en general los recicladores representados por INARE, consiste en que, por la naturaleza de

nuestra actividad, no contamos con un marco fiscal que proporcione certidumbre jurídica y que sea adecuado a nuestras características particulares, de forma tal que nos permita cumplir con las obligaciones fiscales, se elimine la evasión y, de paso, la competencia desleal.

La falta de integración como sector ha propiciado, además del problema fiscal, el que enfrentamos continuamente la presión de los mercados en los que participamos, hasta ahora, en situación casi marginal. La apertura de los mismos ha generado inquietud por exportar, la cual debe ser canalizada debidamente con el objeto de propiciar el equilibrio en los precios del mercado interno. Por otra parte, a nivel gubernamental se generan disposiciones de comercio, ecología, tránsito, etc., de las que, por lo general, no participamos y, a la larga, si padecemos.

Propuesta:

Desde la constitución del INARE y en representación de nuestro gremio, hemos establecido comunicación constante con la Secretaría de Hacienda, con el Senado de la República, con la Cámara de Diputados, con la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, con la Asamblea de Representantes, etc., siempre con el propósito de ser escuchados para tener una participación más directa en las decisiones que se tomen en torno a nuestra actividad.

El INARE busca también, desde la óptica del empresario, tener toda una serie de beneficios complementarios, que sólo como grupo pueden lograrse, como sería un tratamiento especial para la compra de maquinaria y equipo; para la obtención de créditos blandos a través de la formación de una sociedad de crédito para el gremio; para el aseguramiento con precios de flotilla, en fin, para todo aquello que pueda redundar en favor de nuestras empresas.

INARE desea, además, propiciar la profesionalización de nuestra actividad, a través de Seminarios relacionados con las nuevas tendencias en el manejo empresarial, la optimización de recursos, el conocimiento de las regulaciones ecológicas y fiscales, etc., a través del intercambio de información con los diferentes Institutos, Asociaciones y Grupos relacionados con la preservación del medio ambiente para que nuestro lema "**Por un reciclamiento consciente**" se lleve a la práctica a partir de la conciliación de los procesos productivos con el medio ambiente.

Asista al III CONGRESO NACIONAL



Si eres recuperador de desperdicios industrializables (chatarra de fierro, metales, cartón, papel, vidrio, plástico, etc.) o participas de este mercado, te invitamos a participar de nuestra Tercera Reunión Anual, que tendrá verificativo en la ciudad de México, D.F.,

**EN SEPTIEMBRE
1995**

Tendremos sesiones de trabajo, conferencias, y un espacio de intercambio comercial a lo largo del día.

Si deseas asistir o tener un Stand Comercial, comunícate al Instituto en su sede de la ciudad de México,

tel/fax (915) 751 9704

C.P. Elías Vanegas

tel/fax (915) 771 0354

Lic. Ma. de Jesús Antúnez C.

Informes a partir del 22 de mayo



Panorama de la Economía Mexicana para 1995

Juan Manuel Quiroga Lam

MAESTRO EN ECONOMIA, UNIVERSIDAD OTAWA

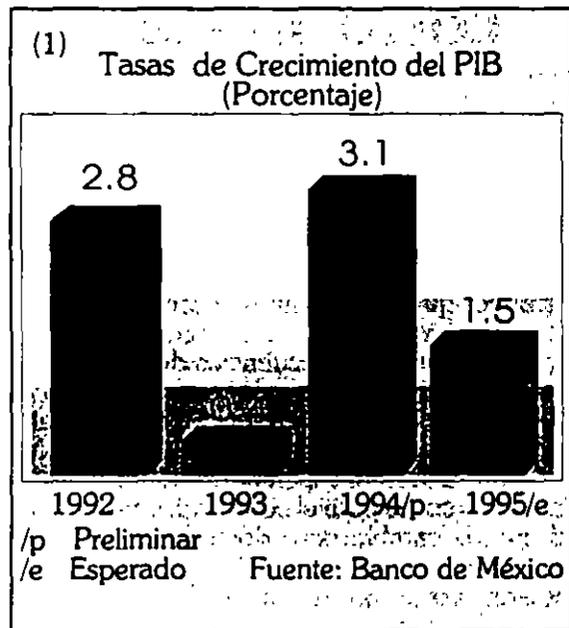
DIRECTOR GENERAL DEL CONSEJO NACIONAL DE COMERCIO EXTERIOR DEL NORESTE, MONTERREY N.L.

ARTICULISTA DE EL FINANCIERO

ANTECEDENTES

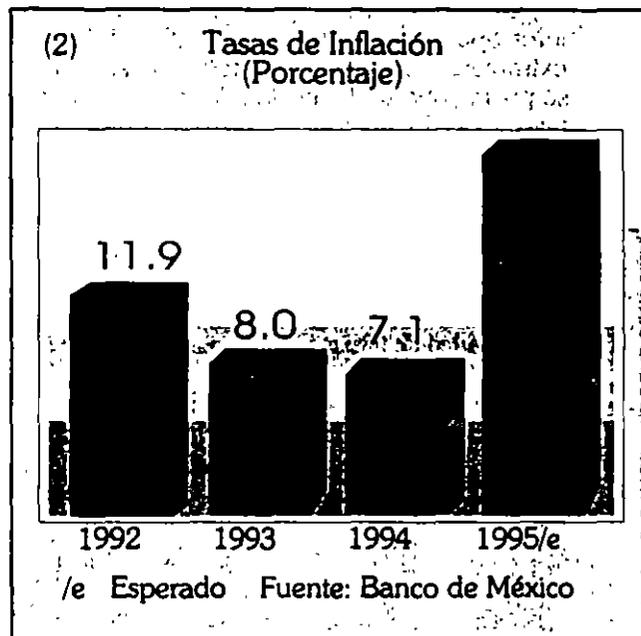
Durante el gobierno de Carlos Salinas se continuó con el programa económico iniciado por Miguel de la Madrid, el cual buscaba como meta principal crecer con estabilidad, es decir, reducir el nivel de aumentos de los precios en nuestro país de manera drástica. La meta, casi un ideal, era tener una inflación similar a la de los países ricos, como los Estados Unidos y Canadá, para, con ello, crecer con estabilidad y, después, poder distribuir el ingreso a través del gasto social.

Durante los últimos dos años del sexenio pasado, algunos indicadores hicieron creer que las medidas adoptadas eran acertadas, pues la inflación "oficial" parecía controlarse: en 1993 fue de 8%, y en 1994 bajó al 7% (cuadros 1 y 2).



Todo parecía indicar que 1995 sería el año de la consolidación del "milagro mexicano" con tasas de inflación menores al 5% y un crecimiento del producto doméstico mayor al 4%, incluso superiores a los de EEUU. Seríamos el modelo de Latinoamérica.

Dicho modelo implicaba la aplicación de una apertura comercial que permitiría a México tener mayor competencia, con el acceso a productos de otros países y, por otro lado, vender fácilmente las mercancías mexicanas a los demás países del mundo. El "milagro" se consumaría cuando México, gracias a las bondades del proyecto Salinista, estuviera en las ligas mayores, codeándose con los países ricos.

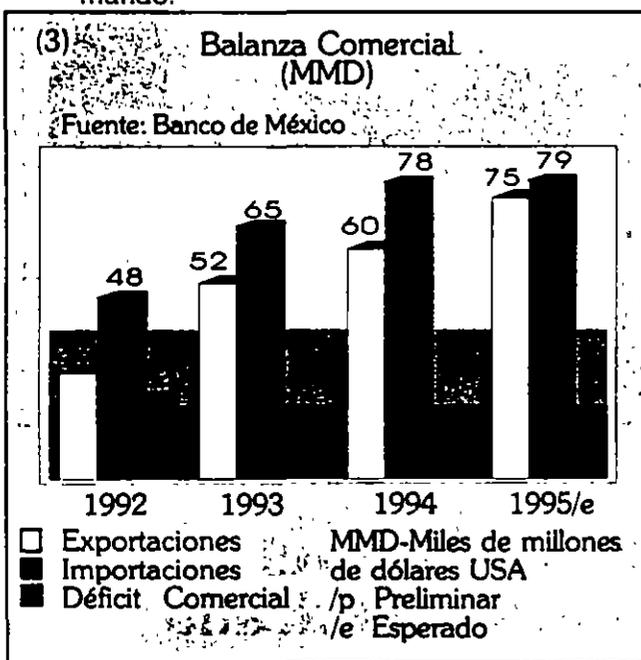


Porqué falló el milagro mexicano

El mantener un tipo de cambio sobrevaluado, es decir con una paridad peso-dólar mayor a la que el mercado señalaba, (resultaba más barato importar que producir y era aún más difícil exportar), ocasionó que las ventas mexicanas no crecieran igual que las compras a otros países, lo que provocó un saldo comercial negativo (exportaciones menos importaciones de mercancías), resultando en un faltante de dinero para cubrir esas compras del exterior, cada vez más cuantiosas.

Desde 1992, el modelo ya mostraba su fragilidad, pues el déficit comercial ascendió a los 21 mil millones de dólares, casi el mismo monto de las ventas al exterior (cuadro 3). Ya desde entonces la presión para devaluar era inminente. Esta presión se compensó, manteniendo altas tasas de interés para que siguieran entrando dólares a los mercados de dinero y de capitales, encareciendo el crédito.

Ciertamente, los capitales que no tienen patria sino que buscan los mayores rendimientos en tanto haya seguridad de recuperarlos (riesgo país), estarían dispuestos a dejarlos en México mientras no existieran mejores opciones. Por eso aumentó la inversión extranjera y las reservas internacionales. Pero se presionaba ya la inestabilidad de esos capitales y, por lo tanto era un alto riesgo depender todo el modelo mexicano de ese aspecto. Esa fue la apuesta de Salinas y así convenció al mundo.



Se escuchaba que llegaban a México carretadas de dinero de los países desarrollados, principalmente de EE.UU. (aunque nunca las vimos), pero también había una lucha de los países por atraer los capitales. Nuestro vecino, el país más poderoso, enfrentaba posibilidades de mayor inflación, por lo que su política exigía aumentar la tasa de interés, a fin de disminuir la demanda y las presiones inflacionarias. Esto genera de inmediato mayor pago por la deuda de México, pero, además, un atractivo para desviar los capitales de aquí para allá, por menor riesgo.

A esta situación crítica se agregaron: el levantamiento de Chiapas, los asesinatos políticos, la inseguridad social, la lucha por el poder y el resultado fue que nada evitó que: 1) los flujos de dinero dejaran de llegar igual que antes; 2) el déficit en la balanza comercial creciera a ritmos acelerados y 3) el mismo capital nacional no tuviera ya certidumbre y confianza. El resultado fue la caída de las reservas y la imposibilidad de sostener el precio del dólar en pesos, lo que orilló al nuevo gobierno a devaluar, a fin de evitar que siguieran saliendo dólares del país y tener que declararse en suspensión de pagos de la deuda.

Las personas que tenían ahorrado su dinero en papeles del gobierno (en forma de Cetes o Tesobonos), ya no tuvieron confianza de que se les pagara su inversión en dólares, por lo que retiraron su dinero al vencimiento del plazo. El Gobierno entonces se ha visto en la necesidad de subir mucho sus tasas de interés, a fin de hacer atractivo a los inversionistas de otros países mantener depósitos en México, pero ni así ha aumentado el flujo de capitales.

Panorama a corto plazo

La historia se repite... no tenemos memoria

El plan de emergencia quiere evitar que se dispare la inflación, y la experiencia y la teoría dicen que hay que reducir la demanda y no aumentar los salarios; por ello, éstos serán los que se muevan más lentamente.

Las consecuencias de la situación actual y las medidas que está tomando el gobierno de Zedillo se traducirán en una fuerte reducción y encarecimiento del crédito para las empresas y las personas, tanto para la inversión como para el consumo, y no se fijará el tipo de cambio peso dólar porque no hay dinero para sostener una demanda fuerte por dólares, por lo que su precio (la paridad), se ajustará por demanda y oferta. Por eso el dólar ha subido hasta más de N\$6, pues la demanda sigue siendo mayor que la oferta, apuntalada por la incertidumbre y el riesgo.

Inclusive, con el paquete de garantías de EE.UU. para asegurar cubrir los compromisos con tesobonos, el panorama puede no ser tan favorable para 1995, pues

existen varios factores que impedirán alcanzar un buen crecimiento del producto interno bruto (PIB), y, con ello más empleo. Esto se explica en función de que este producto (que mide el crecimiento económico) está conformado por las compras, gastos e inversión de los consumidores, las empresas y el Gobierno y, finalmente, por la resta de las importaciones y exportaciones.

El análisis separado de estos componentes de la demanda y las medidas adoptadas, nos indican que impactarán negativamente en su comportamiento. El aumento de los precios y el pequeño crecimiento en los salarios hará que el poder de compra disminuya, por lo que no se podrá demandar o comprar productos de la misma manera que el año pasado.

En el caso del gobierno, el gasto gubernamental disminuirá fuertemente (1.3% del PIB), por lo que este renglón también caerá, afectando a las empresas constructoras y sus proveedores. La inversión tampoco crecerá, ya que las altas tasas de interés impiden que los inversionistas soliciten créditos para generar nuevos proyectos y empleos, por lo que el único rubro que puede impulsar el crecimiento serán las exportaciones.

En general, el mercado de bienes duraderos, (como automóviles, refrigeradores, lavadoras, estufas, etc.) sufrirán una caída, en tanto que su mercado de repuesto, productos usados o reparados, así como su mantenimiento tendrán mayor incremento. En particular, por la situación de desempleo, el negocio de la chatarra atraerá más gente, como una fuente de recursos adicionales, y la industria requerirá más abasto nacional, dado el mayor precio en pesos de la importación que antes.

Por lo que respecta a las expectativas de mayores ventas al exterior por la devaluación, esto se ve difícil, porque muchas empresas no están preparadas para hacerlo, y otros tantos productores nacionales están desintegrados, ya que por la apertura comercial y lo barato del dólar en el sexenio pasado, se importaron insumos que se producían en México, ocasionando la desaparición de industrias.

Este mismo hecho se observa en los productos exportables, por lo que la devaluación obliga a las empresas mexicanas a buscar sustitutos en el mercado mexicano,

pero como ya habían desaparecido esos sectores, finalmente es necesario seguir importando a un precio mayor. En el caso de las exportaciones, se observa que debido a que una gran parte del producto final lleva componentes extranjeros, el alto precio del dólar encarece el producto terminado, y el efecto favorable de la devaluación se desvanece ante el incremento de su precio.

Por ello, resulta urgente que el gobierno redefina la política Industrial de México con un fuerte impulso a través de la desregulación a las pequeñas y medianas empresas, y otorgue incentivos mayores a los exportadores para aprovechar los beneficios de la devaluación. De otra manera se desperdiciará su enorme costo.

Será necesario que se modifique la política que se basaba en capitales extranjeros que financiaran las inversiones. Ahora, resulta obligado un fuerte ahorro de los mexicanos, para lo que se deberán crear esquemas más eficaces que el Seguro Social y el SAR, para lograr financiar la inversión y crecimiento del país.

El panorama luce muy complejo para los próximos meses: las tasas de interés no disminuirán lo que debieran, dada la escasez del crédito ya comentada, y el alto costo de los insumos extranjeros generará presiones sobre los precios. Ante esto, es poco probable que las empresas o los consumidores generen el crecimiento a través de la demanda de productos y, ante ello, la obligada disminución de costos para ser competitivos generará una reducción del empleo en lo que resta del año.

De lograrse el control de los precios y la estabilidad en el mercado financiero, se esperaría que para el último trimestre de este año, hubiera una recuperación de la producción y empleo, pero mucho dependerá de que mejoren las expectativas sobre el país, con adecuada y continua aplicación de las medidas anunciadas.

Reconocimiento Especial al Lic. Jesús Gutiérrez Arroyo y al Sr. Rafaél Gutiérrez Arroyo de la papelería Gutiérrez S.A. de C.V. por el apoyo brindado a la publicación de esta revista.

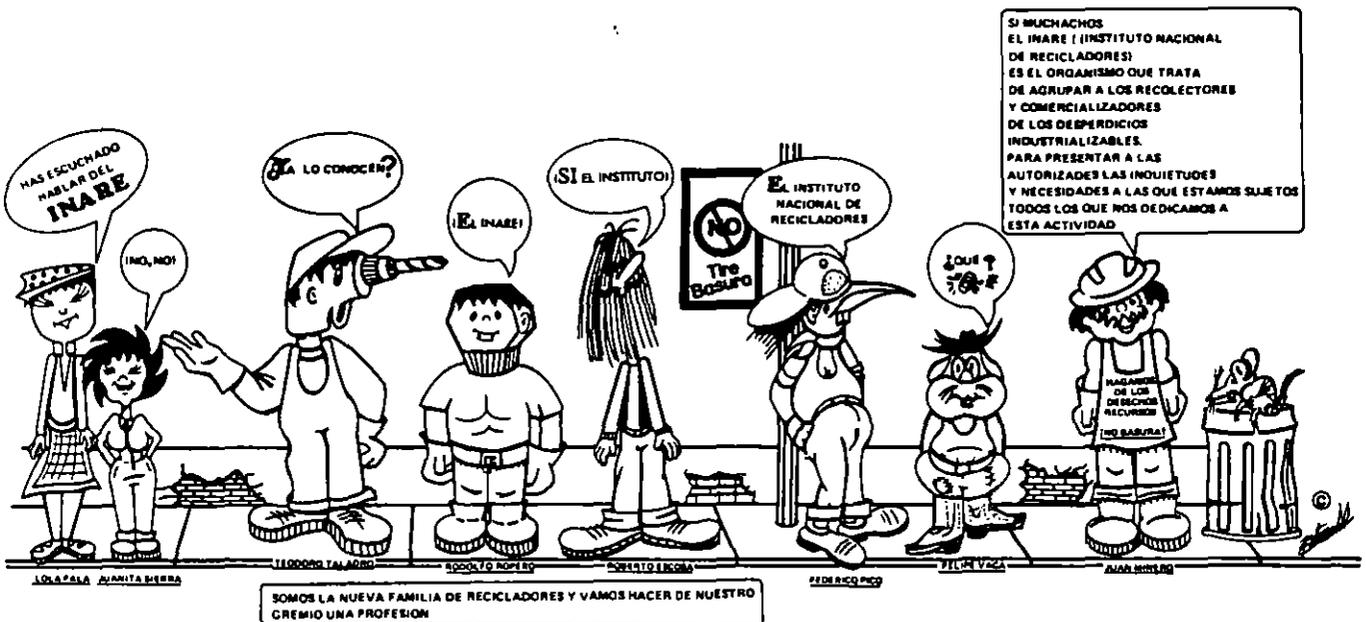


¿PORQUE SOMOS RECICLADORES?

La recuperación de los llamados desechos y su reuso se ha convertido desde hace más de medio siglo en un creciente mercado generador de materias primas baratas para la industria, en un generador de economía, empleos y subempleos, que con el crecimiento de la población mundial da la respuesta a la apremiante necesidad de hacer "algo" con la basura que como sociedades de consumo generamos.

La recuperación, que tiene su origen primario en la pepena, recolección manual de

productos que pueden volver a utilizarse o que se pueden reciclar, se efectúa en las calles y basureros por pepenadores, personas que se dedican a recoger desechos con propósitos de comercio. O en los hogares, en donde amas de casa, niños, jóvenes y ancianos separan de su basura todo aquello que se pueda reciclar, ya sea con propósitos sociales -preservar la ecología a través de la separación de los desechos en orgánicos e inorgánicos-, o con fines económicos, ya que la venta de estos productos genera un ingreso extra en muchos hogares.



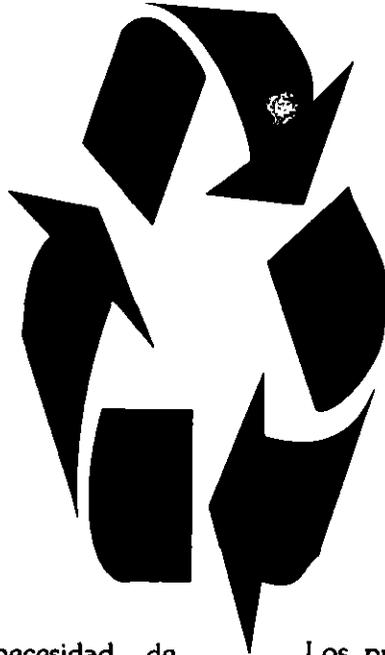


UNIDOS PARA SERVIR

Al fin juntos

Cuando se me invitó a pertenecer al INARE, pensé que este nuevo intento por reunirnos fracasaría como los anteriores. Asistí al principio un poco escéptico, pensando que sólo eran buenas intenciones y, con gran sorpresa, me encontré con un grupo de recicladores tesoneros, con la mira bien puesta en los objetivos que plantearon para el Instituto y con la férrea voluntad de reunirse sin importar el esfuerzo que ello significara, lo que culminó después de dos años en una organización representativa de los intereses de los recicladores que, con visión futurista, se dieron cuenta de la necesidad de organizarse para hacer frente a los retos que significa una economía de mercado abierto, en el que los empresarios pequeños estamos expuestos a desaparecer si no somos capaces de adecuar nuestras empresas a los requerimientos de las nuevas reglas del juego; por ello la importancia de conocernos y unimos para complementarnos y protegemos, ya que de no hacerlo así, no sólo se amenaza a las utilidades sino a la existencia misma de la empresa.

En esta primera participación, en la que se me brinda la oportunidad de comunicarme con mis compañeros a través de INARE INFORMA, la revista que nos servirá de órgano informativo y de vinculación, quiero hacer público mi agradecimiento a la directiva fundadora del Instituto por su tiempo y dedicación a la ardua tarea de reunirnos, y asumo el compromiso de sumarme a ese esfuerzo hasta lograr la total integración del gremio y el reconocimiento de las autoridades a nuestra actividad, hasta ahora, ignorada y discriminada. Espero que no pase mucho tiempo para que la sociedad mexicana entienda los beneficios del reciclaje ya que el desconocimiento y desatención de las cuestiones ambientales será motivo de reclamo de nuestros hijos.



Hago votos porque el INARE, a través de esta revista, logre sumar más voluntades orientadas a buscar el mejor uso de NUESTROS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES Y EL MEJORAMIENTO DE NUESTRO MEDIO AMBIENTE.

De Norte a Sur, Del Golfo al Pacífico, por este conducto invito a industriales, comerciantes y particulares que de alguna manera participan en el ciclo del reciclado de desperdicios industriales o domésticos, a unir su esfuerzo al nuestro, inscribiéndose al Instituto Nacional de Recicladores y, de esta manera, unir su voz para seguir avanzando en la conformación de una sociedad mexicana más comprometida con su medio ambiente, con sus recursos naturales y en busca de un mejor mañana para nuestros hijos.

Los problemas económicos que hoy enfrenta nuestro País no se resolverán sin la participación activa de todos los Mexicanos; el tirón debe ser parejo, hacia adelante, sin amedrentarnos, trabajando más y mejor.

Los que por suerte tenemos una empresa afrontamos el reto de sostenerla para seguir generando empleos y recursos mediante el pago de impuestos, aumentando nuestras exportaciones, etc., pero esto sólo se logra con calidad y eficiencia, tenacidad y esfuerzo. Unámonos para ser más fuertes, complementémonos y juntos saldremos adelante, no perdamos tiempo en lamentaciones, finquemos nuestra confianza en nuestro esfuerzo y trabajo cotidiano, desde la trinchera de los recicladores: Unidos afrontemos el reto de salir adelante.

Solicitamos a nuestras Autoridades comprensión, estímulos y reglas claras. Todos unidos saldremos adelante. Con esta reflexión terminé mi participación y, si me vuelven a invitar seguiremos en contacto. Hasta pronto.

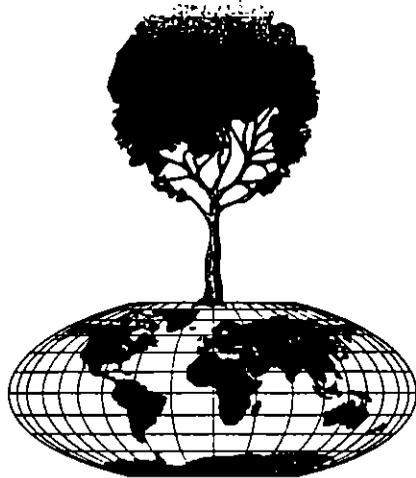
HUMBERTO JARAMILLO RODRIGUEZ

RECICLADOR PRINCIPALMENTE DE METALES NO FERROSOS. DESARROLLA SU ACTIVIDAD ENTRE LA FRONTERIZA CIUDAD DE Tijuana, BAJA CALIFORNIA NORTE Y LA CIUDAD DE SAN DIEGO, CALIFORNIA, EEUU.



EL FUTURO

UN INTERES COMUN



Es innegable la importancia que han tomado en los últimos años a nivel mundial los temas relacionados con la ecología. El reciclamiento ha acaparado mayor atención, es por esto que debemos darles a nuestras empresas la relevancia que deben tener, puesto que juntos buscamos una solución a los problemas de la modernidad.

Con base en esto, es necesario estar mejor informados sobre la tecnología, medidas ecológicas y económicas, reglamentos y decisiones que se tomen, no solo a nivel nacional sino a nivel internacional, especialmente en los Estados Unidos, dada nuestra posición geográfica.

Según información de los recicladores estadounidenses, el futuro de las fibras secundarias va a cambiar en este 1995, ya que por el mismo auge del reciclamiento se prevé escasez de desperdicio y, como consecuencia, de nuevas tecnologías, y nuevas normas de clasificación. Tampoco podemos perder de vista la devaluación del peso mexicano que, como sabemos, motiva el consumo de desperdicio nacional.

Estos aspectos impactarán favorablemente a nuestras empresas, que se han visto en crisis por casi siete años, por condiciones que, en su mayoría, serán permanentes en un futuro, por lo que debemos aprender a vivir con ellas.

De aquí la importancia de hacerlos más competentes automatizando procesos hasta donde nos sea posible, según las condiciones particulares de cada uno de nosotros; tampoco debemos perder de vista los costos y, como lo mencionamos al principio, tenemos que estar lo mejor informados que sea posible.

Esta comunicación puede darse entre nosotros mismos; dejar de vernos como enemigos y retomar lo que somos: compañeros de gremio.

Desde un punto de vista totalmente idealista, este compañerismo nos permitiría ponernos de acuerdo en cuestiones de precios de compra (de acuerdo al tamaño de la empresa), y si éstos se llegaran a estandarizar, nos veríamos obligados a competir en otras circunstancias, dándole la importancia debida a aspectos tales como: servicio, atención personalizada, calendario de pagos, oportunidad de respuesta, optimización de las instalaciones, a fin de facilitar maniobras, horario de recepción, confiabilidad, etc.

De esta forma, la competencia sería más profesional y, probablemente, desaparecerían los actos derivados de competencias desleales y acciones equívocas que dañan la imagen de todos nosotros.

Es necesario comprender la fuerza que proporciona la cohesión de un grupo; no es el mismo un individuo que se esfuerza por resolver un problema particular, que manejar problemas y oportunidades comunes a través de la unión de varias personas.

Un instrumento que tenemos a la mano para lograr este objetivo, es el INARE; debemos aprender a usarlo, ya que nuestro giro es muy específico y tenemos problemas muy particulares, muchas veces no contemplados aún por la misma legislación. A través de él, podemos cooperar compartiendo conocimientos, experiencias, opiniones y oportunidades.

Unidos podemos alcanzar el éxito

Patricia Ramírez

LIC. EN INFORMÁTICA UNIVERSIDAD ANAHUAC
DIPLOMADO EN FINANZAS Y ADMINISTRADORA DE TACOPAPELES



Cómo se tributa en el Estado de California, EE.UU.

De acuerdo con la información proporcionada por el Despacho de Contadores Públicos "WILLIAMS & RIBB", de la ciudad de Los Angeles California; quienes se dedican al reciclaje de desechos (scraps) en el estado de California se rigen por una forma única para sus ventas locales, de acuerdo a la ley de impuestos de dicho lugar. El sistema es el siguiente:

1.- EL RECICLADOR AUTORIZADO

compra insumos del público en general a un precio que incluye el VALOR DE REEMBOLSO en California, más una cantidad por el valor del desperdicio. Es decir, todo material reciclado tiene un precio especificado por el gobierno, a ese precio se le agrega el valor específico del material que se compra.

2.- **EL RECICLADOR AUTORIZADO** vende el material reciclado a un **PROCESADOR AUTORIZADO**, que transforma el material (fundándolo, empacándolo, triturándolo, etc.). El procesador archiva la comprobación para apilarla a sus impuestos.

3.- **EL PROCESADOR AUTORIZADO** vende el material transformado a un usuario o fabricante que lo transformará de acuerdo a sus necesidades, por ejemplo: el desperdicio de aluminio se selecciona, se procesa, se lamina y se convierte en latas para bebida. En el momento que la lata se expende en una tienda, el **CONSUMIDOR** final paga el impuesto sobre el total del precio.

La cadena de tributación queda pues establecida de la siguiente manera:

CONSUMIDOR*
RECICLADOR AUTORIZADO*
PROCESADOR AUTORIZADO*
USUARIO*
FABRICANTE*
TIENDA*
CONSUMIDOR*

* No se cobra ningún impuesto por la venta de estos productos, porque se están vendiendo a revendedores autorizados.

* Se cobra un impuesto en base al precio de venta al mayoreo.

Agradecemos el apoyo incondicional del Sr. Humberto Jaramillo R., a quien debemos la información de este artículo, y al Lic. Ricardo Huerta Herrera, quien nos brindó su apoyo en la traducción correspondiente.

CURRICULUM VITAE



LIC. FERNANDO HEFTYE ETIENNE

Fernando Heftye Etienne fue designado Administrador General Jurídico de Ingresos en enero de 1995, teniendo a su cargo el manejo de aspectos legales en materia tributaria de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Anteriormente, desde enero 1993, Fernando Heftye se desempeñó como Director General de Inversión Extranjera, siendo el responsable directo de la instrumentación de la política en materia de inversión extranjera dentro de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

El Lic. Heftye fungió como Secretario Técnico de la Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras, puesto que ocupó desde marzo de 1990.

Antes de dicho cargo, el Lic. Heftye fue jefe de la Unidad Legal de financiamiento de Petróleos Mexicanos (1988-1990), Coordinador Jurídico de la Dirección General de Inversiones Extranjeras (1987-1988) y Secretario Particular del Director General de Inversión Extranjera (1984-1987).

El Lic. Heftye es Licenciado en Derecho egresado de la Universidad Iberoamericana y obtuvo la maestría en Derecho en la Universidad de Harvard en Estados Unidos. Asimismo desde 1984, es profesor de Derecho Internacional en la Universidad Iberoamericana.

El INARE hace patente su agradecimiento al Lic. Heftye por su amabilidad y comprensión para escuchar los problemas que afectan al gremio.



ECOLOGIA

Con el propósito de irnos familiarizando con la terminología usada por la Secretaría del Medio Ambiente y Pesca, cada número iremos publicando los términos más comunes usados en la "Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente"* que nos rige.

Normas - Cap. I - Propósito de la Ley:

V.- El aprovechamiento racional de los elementos naturales de manera que sea compatible la obtención de beneficios económicos con el equilibrio de los ecosistemas.

Definiciones:

Artículo 3°. Para los efectos de esta Ley se entiende por:

I.- **AMBIENTE:** El conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinados;

IV.- **CONTAMINACION:** La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico;

V.- **CONTAMINANTE:** Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición o condición natural;

VI.- **CONTINGENCIA AMBIENTAL:** Situación de riesgo, derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que pueden poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas.

XIII.- **EMERGENCIA AMBIENTAL:** Situación derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que al afectar severamente a sus elementos, pone en peligro a uno o varios ecosistemas;

XVII.- **IMPACTO AMBIENTAL:** Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza;

XX.- **ORDENAMIENTO ECOLOGICO:** El proceso de planeación dirigido a evaluar y programar el uso del suelo y el manejo de los recursos naturales en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger el ambiente.

XXVI.- **RESIDUO:** Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó;

* Véase.- GACETA ECOLOGICA, Volumen I, Número 1, junio de 1989, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

INFORMACION SISTEMATIZADA

por Lic. Ariel Castañeda Neri

Cuando compramos una computadora, generalmente lo hacemos pensando en que ésta será una solución para la organización y concentración de información de nuestra empresa. Pocas veces pensamos en que este moderno aparato aparte de ser reciclable en sí mismo -desde los chips, hasta la pantalla de cristal-, tiene un importantísimo papel en el ahorro de recursos: tanto económicos, pues reduce considerablemente el número de personas que intervienen en un control administrativo; como ecológicos, pues es un factor determinante en el ahorro de papel para oficinas particulares y gubernamentales, ya que a través de sus diversos programas de captura de información se simplifica el archivo de la misma al guardarse en el disco duro de la máquina o en un disco flexible de respaldo.

Toda esta reducción se ha hecho posible debido a que la información que se maneja, es ahora, virtual. La información virtual es aquella que viaja por medios electrónicos y disminuye el almacenamiento de viejos y molestos reportes.

Entrar a una computadora, es, entrar a un mundo virtual, en el que no hay más fronteras que el límite de la memoria y la capacidad de almacenamiento de la misma. Podemos tener herramientas de integración Contable, de Inventarios, de Costos, de Personal, etc., todo esto por un gasto único aproximado de 4000 USD.

Disponer de toda la información concentrada en una hoja de Cálculo como puede ser la de Lotus o Excel, constituye, hoy día, la alternativa más confiable para poder tomar decisiones acertadas para nuestra empresa. Los seres humanos estamos hechos para pensar, dejemos pues que las máquinas hagan la talacha.

En esta sección de Información Sistemática, daremos respuesta a las preguntas que ustedes nos hagan llegar a la Redacción acerca del tema, así como también, iremos conformando, de la manera más simple, una suerte de manual de términos básicos para el manejo de un sistema de cómputo.

En esta primera edición hablaremos del Hardware y el Software:

El Hardware

Es la parte tangible de todo sistema. Si vemos la televisión, hemos de considerar que la pantalla, los botones, el control y los cables mismos son el hardware. En computación, el hardware, es: la computadora, el regula-

dor, los dispositivos periféricos que pueden conectarse a ella y los diskettes donde se almacena la información.

El Software

Por su parte es la parte abstracta de todo sistema. En la televisión, podemos considerar, que, el sonido, la imagen de la pantalla, el efecto de stereo o monoaural son el software. En computación el software son los programas, los sistemas, la información virtual que viaja entre redes; en fin, aquello que sabemos que está en la máquina pero que no podemos tocar, que es intangible para el ser humano y no para la máquina.

AGRADECIMIENTO A LOS AMIGOS

Con el propósito de complementar la información que el INARE venía recabando para sustentar los escritos que habríamos de presentar ante diferentes instancias gubernamentales, y en la búsqueda de apoyo, el Instituto solicitó respaldo a diferentes agrupaciones afines a la nuestra.

Obtuvimos una inmediata respuesta a nuestra solicitud por parte de: "El Grupo de los Cien" presidido por el escritor Homero Andjís e integrado por los cien artistas e intelectuales más destacados del país; del Instituto Mexicano del Aluminio (IMEDAL); del Grupo Vitro de Norteamérica; Nacional de Cobre (NACOBRE); la Cámara Nacional del Acero (CANACERO); la Cámara Nacional de las Industrias del papel, y la Celulosa (CANICYP) y Metalúrgica de Plomo entre otras, las cuales colaboraron ampliamente proporcionando información actualizada de la generación y consumo de materiales reciclables en el país.

Aquí cabe mencionar que a pesar de que la mayoría de nuestras empresas están afiliadas a la CANACO, ésta fue una de las pocas organizaciones que no quiso comprometerse con nosotros a través de un respaldo de información ni un apoyo escrito.

Es por eso que en este espacio damos honor a quien honor merece, haciendo un amplio reconocimiento a las empresas y organizaciones amigas, sin cuyo respaldo nuestra labor hubiera sido mucho más ardua y difícil.



UN MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS

En el laboratorio de Contaminación L-301 de la carrera de Biología del Campus II (Facultad de Estudios superiores Zaragoza UNAM), surgió la inquietud de implementar un proyecto destinado al manejo, disposición y reaprovechamiento de los residuos sólidos y líquidos que se generan en el Campus, siguiendo la línea de investigación que se trabaja desde 1983. Dicha inquietud nació debido al problema de contaminación ambiental que estos residuos ocasionan a nivel nacional y en particular en el Campus II de la Facultad en donde se forman profesionales que ayudarán a mantener y mejorar la salud y calidad de vida humana, así como la del medio que la rodea.

Por tanto, resulta de gran importancia realizar acciones que disminuyan la producción de grandes volúmenes de basura, para lo cual la FES Zaragoza cuenta con un CENTRO DE ACOPIO en el que se pretende recopilar, seleccionar, clasificar y almacenar residuos sólidos para su posterior reciclaje y/o reutilización, ya que al disminuir los residuos desde su fuente de generación se evita que se conviertan en basura y el volumen de ésta, que llega a las zonas de disposición final (basureros), sufre un decremento muy significativo. Asimismo, se inculca en la comunidad de la Facultad (trabajadores, profesores y alumnos) la importancia del reciclaje de los residuos.

Para llevar a cabo este fin, actualmente se desarrolla en la Facultad el PLAN PARA MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS en el cual se contemplan dos fases: una con los residuos sólidos y otra, con los residuos líquidos, en el que se plantean los siguientes objetivos:

- 1.- Analizar la problemática sobre la generación y manejo de los residuos y plantear alternativas de solución a través de la separación de los mismos.
- 2.- Establecer un modelo integral de los residuos para evitar la generación de basura y el impacto de sustancias químicas, tóxicas e inocuas en el drenaje de la FES Zaragoza.
- 3.- Realizar campañas de difusión y concientización en la institución.

4.- Capacitar al personal involucrado en la recolección y clasificación de los residuos sólidos.

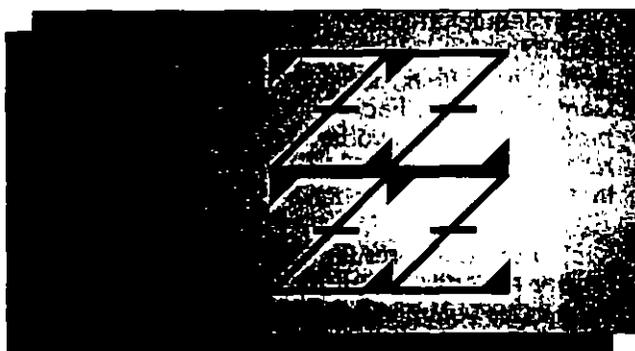
5.- Recuperar desde su fuente de generación, residuos que sean reciclables y/o reutilizables (papel, vidrio, plástico, etc.)

6.- Establecer mecanismos adecuados para la recolección de este tipo de residuos.

7.- Almacenar adecuadamente dichos residuos para su posterior reciclamiento o reutilización.

8.- Promover la participación permanente de la comunidad en el plan.

9.- Dar alternativas de biosolución para cada uno de los residuos generados en la FES.



Papel y cartón

Plástico

Vidrio

Materia Orgánica y similares

Suelo

Desechos sanitarios

Amarillo

Azul

Café

Verde

Negro

Naranja

Para los reactivos:

a) orgánicos e inorgánicos

b) Ácidos y bases

Una vez formalizado el Plan, tuvo un impacto mayor en la comunidad de la Facultad y se vieron resultados más concretos como son la participación de cada uno de los integrantes de las oficinas que ahora separan sus residuos y evitan que éstos se conviertan en basura. Así mismo, se ha iniciado la participación de los alumnos en la separación de los residuos en cada uno de los contenedores para tal fin, aunque ésta no se ha dado al 100%.

Con este plan, la comunidad de la FES ha ayudado a la Ecología de esta Institución, ya que al reciclar los residuos, se está evitando la quema de éstos, la generación de humos y partículas en suspensión, así como el deterioro de la estética del lugar y contribuyendo a la no tala de árboles para producción de papel y ahorrando gasto de energía y utilización de agua.

En un principio, los integrantes del laboratorio nos dedicamos a investigar el tipo y la cantidad de residuos que se generan en el Campus II y se encontró lo siguiente:

Papel	24.35 KG
Vidrio	2.99 KG
Cartón	11.30 KG
Trapo	1.24 KG
Materia orgánica	4.60 KG
Fierro	1.31 KG
Acrílico	0.06 KG
Madera	0.01 KG
Varios	19.05 KG
Total	64.91 KG

(al día en período intersemestral.)

DESARROLLO DEL PLAN

Se estuvo trabajando de manera informal en la recuperación de los residuos hasta septiembre de 1992. A partir de octubre de 1992, se formalizó el PLAN PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS y, desde esta fecha se empezó la separación en botes o contenedores de acuerdo al código de colores siguientes:

En la facultad se han recuperado de abril a marzo de 1995 los siguientes materiales:

Papel blanco	7,676 kg
Papel revolución	7,778 kg
Papel color	233 kg
Periódico	2,267 kg
Fólder amarillo	59 kg
Cartón	3,336 kg
Vidrio	1,065 kg

Si se suman todas las cantidades excepto el vidrio, tenemos un total de 21,339 kg, lo cual nos ayuda a evitar cortar 210 árboles (Deffis,1980)

Si estas actividades se realizaran a todos los niveles, se ayudaría a evitar los cambios climáticos propiciados por la destrucción de bosques y selvas.

*LETICIA LOPEZ VICENTE * MARIA DE LOS ANGELES GALVAN VILLANUEVA* ESTHER MARIANA GARCIA AMADOR * ANA LAURA MALDONADO TENA * EDUARDO LOYO ARNAUD*



VISITA AL SENADO DE LA REPUBLICA

EL INARE MEXICO VISITO AL PRESIDENTE DEL SENADO DE LA REPUBLICA DE LA LIII LEGISLATURA



(De izquierda a derecha: Sr. Humberto Jaramillo, Sr. Víctor Benítez V., Senador por Hidalgo Lic. Humberto A. Lugo Gil)

El 30 de agosto de 1994, el senador por Hidalgo, Lic. Humberto A. Lugo Gil, quien a la sazón fungía como Presidente del Senado y Coordinador de la Comisión Legislativa, de la LIII Legislatura, tuvo a bien recibir en el salón Benito Juárez del Senado de la República al Comité Directivo del INARE MEXICO, representado por su Presidente el Sr. Víctor Benítez Vázquez; su Vicepresidenta, Lic. Ma. de Jesús Antúnez Castro; su Coordinador Nacional, el Ing. Joaquín Baez Pineda, y una representación de Delegados Nacionales que fue encabezada por el Sr. Humberto Jaramillo, de Baja California, la Lic. Yolanda González, de Nuevo León; el Sr. Carlos García, de Mérida; el Sr. Humberto García, de Querétaro, y un grupo de los asesores legales y contables del Instituto, entre los que se encontraban los contadores Felipe Díaz, Elías Vanegas, Victor M. Zamora y Pedro Guerrero.

El objeto de la visita fue externar nuestro más amplio reconocimiento a la innegable sensibilidad del Senador Lugo Gil y de sus Secretarios el Lic. Joaquín R. Pineda y el Lic. Vieyra, quienes incondicionalmente se prestaron a dar apoyo y asesoría para la buena consecución de nuestros fines.

Tras una cordial charla, el Presidente del Senado nos incentivó a seguir trabajando en colaboración con las Comisiones de Hacienda de las nuevas Legislaturas a fin de lograr la creación de normas adecuadas a nuestra actividad.



II CONGRESO DEL INSTITUTO NACIONAL DE RECICLADORES A. C. CIUDAD DE MEXICO

El pasado 31 de agosto de 1994, se efectuó el Segundo Congreso del INARE MEXICO, habiendo tenido como sede el salón Oxford del Hotel Flamings Plaza, de la Ciudad de México.

El congreso tuvo un aforo de aproximadamente 450 representantes de empresas de todo el país, dedicadas a la recuperación de desperdicios industrializables, y fue inaugurado por el Presidente del Instituto, el señor Victor Benítez Vázquez, quien agradeció la entusiasta respuesta a la convocatoria y a nombre del cuerpo directivo les dió la más cordial bienvenida a los asistentes.

Enseguida, la Lic. María de Jesús Antúnez Castro, Vicepresidenta de la Organización, tomó la palabra para hacer una breve semblanza del Instituto, y un resumen de las actividades desarrolladas por el mismo desde octubre de 1993 a la fecha, les hizo saber que el resultado de las gestiones del INARE ante la SHCP para regularizar fiscalmente las compras que por su origen carecen de comprobación, había sido positivo y que, a partir del 26 de julio de 1994, a través de una resolución particular, los socios del INARE estaban facultados para usar la Auto Factura como recurso legal para comprobarlas; y para aquellos que habían estado usando este mecanismo de comprobación, a pesar de que la norma había sido derogada; a través de la misma resolución se les daba la oportunidad de regularizar su contabilidad desde octubre de 1992 a diciembre de 1994.

Después tomó la palabra el señor Humberto Jaramillo, Delegado de la Zona Noroeste, quien hizo una enfática exposición de las incidencias de nuestra actividad y su impacto en la ecología.

A continuación, la Delegada de la zona Noreste, Lic. Yolanda González, habló de la importancia que nuestra actividad tiene dentro del marco económico nacional.

Como corolario de esta primera parte de la sesión, tomó la palabra el Ing. Roberto Molinar, Delegado de la zona Norte Centro, quien expuso la problemática que enfrentan las empresas dedicadas al reciclaje, en la Franja Fronteriza y los problemas que genera para estas empresas comercializar con IVA sus ventas, cuando en el mercado del reciclaje de los Estados Unidos no se usa este impuesto, generando para quienes realizan comercio exterior un financiamiento extra, que, en muchos casos, les impide ser competitivos en el mercado internacional.

Después de un receso, la asamblea conoció desde el punto de vista contable y fiscal la Resolución otorgada por la SHCP para 1994, exposición que estuvo a cargo de los contadores Elías Vanegas V., Víctor M. Zamora, Felipe Díaz y Pedro Guerrero.

Tras la participación de los congresistas en una sesión de preguntas, se pasó a Clausurar el evento con un breve resumen de las inquietudes de la concurrencia, y se hizo un planteamiento de los aspectos a trabajar para el siguiente periodo.

**CONVIERTETE EN SOCIO
DEL
INARE
Y PARTICIPA DE LOS
BENEFICIOS
QUE ESTO REPRESENTA**

**INFORMES AL
TELEFONO
751 97 04**



RESUMEN DE ACTIVIDADES DEL INSTITUTO

**OCTUBRE
17
1993**

I Congreso Anual de Recicladores.

Lugar: Salón Cuauhtémoc del Hotel Riazor
Sede: Ciudad de México.

Con la asistencia de 150 recuperadores de desperdicios industrializables de todo el país y con la representación de la mayoría de las Asociaciones existentes en la República Mexicana, se estableció una sesión plenaria donde se trataron los principales problemas del gremio, y las estrategias a seguir. Se acordó fusionar a las agrupaciones existentes en una sola con el objeto de tener la representatividad necesaria para realizar trámites a favor de nuestra actividad comercial.

**MARZO
4
1994**

Se funda el Instituto Nacional de Recicladores, A.C.

Propósito: Agrupamos

Dar voz y voto a nuestra actividad ante las autoridades de Hacienda, Comercio, Ecología, Procuraduría de justicia, Tránsito, etc. Mejorar las condiciones de nuestro trabajo a través de regulaciones adecuadas a nuestro comercio. Profesionalizamos.

**AGOSTO
31
1994**

II Congreso Nacional.

Lugar: Salón Oxford del Hotel Flamingos Plaza

Sede: Ciudad de México, D.F.

Con la asistencia de 450 recicladores de México se estableció una sesión plenaria en donde se informó a los recuperadores del país, que como resultado de nuestra unión la Administración General Jurídica de Ingresos, y la Administración Central de Asistencia al Contribuyente de la S.H.C.P., otorgaron a nuestro grupo a través de una Resolución particular, el uso de la Auto-Factura,

como un recurso legalmente válido para justificar las compras de materiales que, por su naturaleza, carecen de comprobación de origen. Además, se nos otorgó la facilidad de actualizar las compras que, a través de este recurso, hubiéramos realizado de octubre de 1992 a diciembre de 1994, y se dio una explicación contable del tema.

**OCTUBRE
A
DICIEMBRE
DE
1994**

Se solicitó a las autoridades de la Secretaría de Hacienda las aclaraciones pertinentes sobre la Resolución otorgada, y se solicitó una prórroga para la entrega de la Declaración Informativa que, sobre el uso de la Auto-factura, hubieran hecho los asociados al INARE.

Se obtuvo respuesta satisfactoria a todas nuestras aclaraciones y se nos otorgó una prórroga.

A través de algunos asociados, se mandó diseñar un Programa de Cómputo para la captura de información de Auto-Factura el cual se puso a disposición de los demás socios. Se proporcionó asesoría y el cuerpo directivo visitó algunas de las delegaciones para responder a las inquietudes de los socios. Se envió por mensajería información y documentos en original para la Declaración.

**ENERO
A
MARZO
DE
1995**

Se atendió la problemática generada de la presentación de la información.

El INARE, en conjunción con un despacho de consultoría, inició el trabajo de investigación para sustentar la petición de una prórroga de la resolución de 1994.

Se solicitó una sesión de trabajo con el nuevo Administrador General Jurídico de Ingresos de la S.H.C.P., Lic. Fernando Heftye Ettiene.

ENERO
1995

Se registra al órgano informativo del Instituto "INARE INFORMA" ante la SEP y Gobernación. Se da cuerpo a lo que será la revista de los recicladores de México. La publicación verá la luz en el mes de abril del año en curso.

ENERO
29
1995

El INARE firma un convenio con la cadena de Hoteles Calinda de México, según el cual todos los socios del Instituto con credencial vigente podrán gozar de descuentos del 25 al 30% de descuento en la renta de habitaciones y el 15% en el consumo de comidas y bebidas en cualquiera de sus 15 hoteles del país.

FEBRERO
7
1995

Con la asistencia de 100 recicladores del D.F. y área conurbada, se propició en conjunto con la Secretaria de Hacienda, una reunión de actualización fiscal a cargo del Lic. Armando Berlanga Velázquez y del C.P. Pedro Meléndez Quiroz, personal adscrito a la Adm. Local jurídica de Ingresos Oriente, quienes expusieron las principales Reformas Fiscales para 95. En tanto que el C.P. Mauricio Márquez García, del equipo de trabajo de la Administración Central de Asistencia al Contribuyente, expuso las incidencias en el uso de la Auto Factura y dio lineamientos generales sobre el Régimen Simplificado. La reunión tuvo lugar en el Salón Embajadores del Hotel Calinda Geneve de la Zona Rosa de la Cd. de México.

MARZO
1
1995

El Lic. Fernando Heftye Étienne, Adm. General Jurídico de Ingresos y la Lic. María Nora Caballero Verdejo, Adm. Central de Asistencia al Contribuyente, conceden una sesión de trabajo al cuerpo directivo del INARE con el objeto de discutir personalmente las propuestas del gremio. Se hacen algunos acuerdos verbales que serán confirmados por escrito, entre ellos la prórroga a la resolución que nos faculta para Auto Facturar.

MENCION DE HONOR

Dentro de las instancias oficiales, queremos hacer hincapié en la política de puerta abierta que han dado el Administrador General Jurídico de Ingresos, Lic. Fernando Heftye Étienne, la Lic. María Nora Caballero Verdejo, Administradora Central de Asistencia al Contribuyente; el Lic. Alejandro Gutiérrez Astorga, Administrador de Prevención y Resolución de problemas al contribuyente, y el Lic. Fernando Martínez Coss, Administrador de Investigación y Estudios de la Administración General Jurídica de Ingresos de la S.H.C.P., de quienes hemos tenido un apoyo irrestricto para la resolución de nuestras demandas y dudas, por lo cual, públicamente les expresamos nuestro más amplio reconocimiento.

Así mismo hacemos extensivo nuestro agradecimiento a quienes en 1994 se desempeñaban como Director del Comité de Atención Ciudadana de la Asamblea de Representantes a cargo del Lic. Miguel Ángel León P. y al encargado del Depto. Jurídico de la Contraloría Interna de la S.H.C.P.; Lic. Nefali Toxtle Tlamani. En conjunto, formaron el pull que nos permitió, después de casi un año y medio de gestiones a través de diferentes instancias, lograr una respuesta a nuestras demandas.

A nombre de todos los beneficiados por el resultado de esta gestión, hacemos patente nuestra gratitud.



MUSEO DOLORES OLMEDO PATIÑO

DONACION SUI GENERIS DE UNA ILUSTRE MEXICANA

POR ACT. ANGEL RODRIGUEZ SOTO
SUBDIRECTOR GENERAL DE LA
FUNDACION DOLORES OLMEDO PATIÑO

El museo Dolores Olmedo Patiño encuentra su fundamento, como todas las grandes realidades, en una idea concebida desde lo más íntimo de una personalidad que se ha venido gestando desde la más tierna infancia.

Es en ese entonces cuando se es demasiado sensible y receptivo a la figura materna. Tal es el caso de su fundadora la Sra. Dolores Olmedo Patiño, quien es Presidenta Vitalicia y Directora General del Museo que lleva su nombre y que siempre recuerda las enseñanzas de su Sra. madre, la Profa. María Patiño Vda de Olmedo, quien siempre le dijo: "Todo lo que tengas compártelo con tus semejantes".

Es así como se fue forjando un gran espíritu nacionalista a la vez que una vocación enorme por el mundo del arte, que encuentra su más sublime expresión en esta donación hecha al pueblo de México a través del Gobierno Federal con cargo a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con la finalidad de que generaciones presentes y futuras, tanto nacionales como extranjeras, admiren ese patrimonio cultural.

El Museo Dolores Olmedo Patiño se constituyó a través de un Fideicomiso heredado al pueblo de México. Fue inaugurado el día 5 de Septiembre del año pasado por el Lic. Carlos Salinas de Gortari a la sazón Presidente de la República.

El recinto se encuentra enclavado al pie de Tzonmoico (cerro que se desgaja), en la región más pintoresca del sur de la ciudad de México, Xochimilco (lugar de flores). Ahí se asienta la Hacienda de "La Noria"; ésta fue construida entre los años 1538 y 1568 y perteneció a APOCHQUIYAUTZIN, el último rey xochimilca. Su nieto, Martín Zerón de Alvarado, indio cacique "Señor de muchas tierras", fue uno de

los protectores asiduos del Convento de San Bernardino, a quien dejó, entre otros importantes legados, la Hacienda en cuestión.

Ahí se expone la más importante colección Diego Rivera, ciento treinta y ocho obras en total. Se incluye desde un retrato de su madre que el maestro realizó a los 10 años de edad, hasta su último cuadro "Las Sandías", terminado y firmado en 1957. También se cuenta con 25 obras de Frida Kahlo, 42 grabados y dibujos de Angelina Beloff, además de una espléndida colección de piezas prehispánicas de incalculable valor, cientos de piezas de arte popular de varios



estados de la República y una valiosa aunque pequeña colección de Santos estofados de los siglos XVI y XVII. Cuenta con un área jardinada de 18,000 metros cuadrados aproximadamente, los cuales son habitados por patos, gansos, guajolotes, gallinas, pavorreales, etc. Existen ahí más de 20 especies de árboles y plantas mexicanas.

Este nuevo Recinto Cultural muestra a los visitantes un acervo trascendente, reflejo de las distintas etapas históricas que conforman el perfil histórico de la Nación.

El museo se encuentra en:
Av. México 5843
La Noria, Xochimilco, México, D.F.



Mi Bandera.

de Guillermo Ríos.

La camisa café oscuro del oficial estaba zurcida a la altura del ombligo, también tenía un par de manchas de grasa y algo que podría ser café o salsa morita, todo esto observó Samuel, mientras evitaba la mirada del agente que, con toda parsimonia, desenvolvía un chocolate. El 37651 de la Secretaría de Protección y Vialidad le recordaba a Mario Moreno; sin embargo, este uniformado estaba a punto de causarle un ataque hepático por el coraje que le estaba haciendo pasar.

Samuel pensó: "seguro que esto es 'que se te derrame la bilis'", como decía su abuelita, cada vez que le pegaban una muina sus veintisiete nietos.

El policía le preguntó por séptima vez:

- ¿Tú tarjeta de circulación?

Por reflejo, Samuel se quiso acomodar un mechón que siempre le cubría los ojos, pero cuando sus dedos tocaron su frente, se acordó que esa mañana su papá lo había rapado. Frustrado el intento, contestó: No tengo, no.. no es cierto, se me olvidó.

-Bueno, ¿tu licencia?- le preguntó con aire de Mario Almada, que invariablemente terminaba siendo más como de Chelelo o del 777.

- ¿Cómo voy a tener licencia, si tengo trece años?

El agente, en una reacción que él mismo sintió ágil y de deslumbrante inteligencia, le dijo:

- ¿Tons, pa' qué circula?. Es un delito andar así sin documentos.

- Pero nunca me habían dicho nada, contestó el adolescente.

Mientras, a unos metros, unos manifestantes del Movimiento Cívico Civil de los Ciudadanos Organizados pero sin Hogar Propio ni Propiedad, bloqueaban el tráfico.

- Ssss, nunca te habías encontrado con alguien responsable y celoso de su deber, pero cáete con una feria y te doy una clave para que sigas circulando- dijo el gendarme haciendo caso omiso de los claxonos y las mentadas que les dirigían los automovilistas a los inconformes manifestantes.

- Una señora bajó de su autofinanciado Jetta rojo bermellón y se dirigió a gritos al uniformado:

- ¿Qué no ve? Haga algo. El 37651 interperrito dijo:

-Estamos es un país libre y los del movimiento ese son del PRI, por lo tanto, según la constitucionalidad tienen derecho a manifestar.

Un vistazo rápido al uniformado permitió a la señora del Jetta deducir que, ni la elocuencia de Casanova ni la sabiduría de Platón la conducirían a algo. Se rindió y volvió a su vehículo, al que algún inconforme, en tan breve lapso, le sustrajo el estéreo.

Al mirar eso, Samuel pensó que su última esperanza se había esfumado, pero en un desesperado intento y apelando a los comerciales del Consejo Nacional de Publicidad, el chamaco sacó la casta; saltó a su destaralada carreta; buscó debajo de su tesoro de cartón, botellas y latas hasta encontrar su recogedor y su escoba, y se los mostró al representante de la ley:

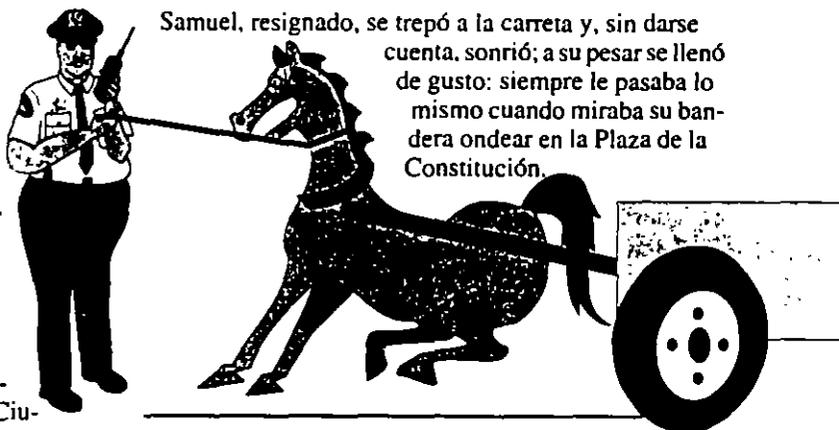
-Mire, sí traigo; ya déjeme ir, no sea malo, me van a regañar y luego van a creer que me fui al Arcade.

- ¿Al qué?

- Al Arqueid, a las maquinitas, maik.

Mientras sacaba el edicto que exigía portar recogedor y escoba, además de licencia de conducir y tarjeta de circulación a los recicladores que aún utilizaban como medio de carga su carreta tirada por una mula o un caballo, el policía ofendido por la confianza con que el chamaco lo había llamado "maik", tomó al cuadrúpedo peludo de la rienda y se lo llevó al corralón.

Samuel, resignado, se trepó a la carreta y, sin darse cuenta, sonrió; a su pesar se llenó de gusto: siempre le pasaba lo mismo cuando miraba su bandera ondear en la Plaza de la Constitución.



Guillermo Ríos, joven actor y escritor, becado por el FONCA (Fondo Nacional para la Cultura y las Artes), ha creado esta historia basándose en la increíble situación que viven los recuperadores de carretas. Sujetos a un reglamento que les obliga a que su animal porte un certificado de salud y buen trato (para que no se los recoja la Sociedad Protectora de Animales), y a portar escoba y recipiente para recoger de las calles el excrementos del mismo. Estas personas son ahora, merced a ese Reglamento, extorsionados por agentes del orden, quienes detienen al animal y exigen una dádiva cuantiosa a cambio de la liberación del mismo so pena de pasar al corralón. ¡ Para Ripley!



INDUSTRIAS HIDRAULICAS MEXICANAS (pag. 23)
16 de Septiembre N° 5 Col. Sta. Martha Acattla
México D.F. 738 1359 733 3770
REFACCIONES, FILTROS Y MAQUINARIA
Calle 32 N° 19 Col. Progreso Nacional
C.P. 07600 Méx. D.F. 391 26 12

REFACCIONES, FILTROS Y MAQUINARIA

René Alcántara Alcántara

Venta de refacciones para maquinaria pesada y extenso surtido en filtros de:
aceite
aire
agua
hidráulicos
especiales

Calle 32 N° 19
Progreso Nacional
CP 07600 Méx. DF
tel 391 26 12
Servicio a Toda la República

DIMEXA (pag. 0)
Av. Hidalgo, Predio Salinas S/N San Cristóbal
Ecatepec 770 07 30 770 1347

RASSA (pag. 25)
Av. 510 N° 424 San Juan de Aragón, México, D.F.
(5) 789 7557 771 0354

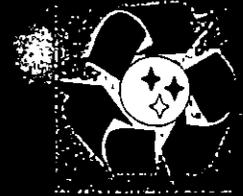
RECICLADORA CACHANILLA (pag. 22)
Tijuana, Baja California
(66) 89 4108 (66) 89 4968

RECURSOS METALICOS DEL NORESTE S.A.
Carr. Victoria Km.5 Matamoros, Tamps.
(88) 17 1061 y 17 1062, Edo. de México.

VAPROMEX (contra-portada)
16 de Septiembre No.3 Sta. Clara, Edo. de México.
C.P. 55540 Tel. 790 4238 755 7315

Compra-Venta
ACERO INOXIDABLE
Calle 12 iztapalapa 4061 iztapalapa
México D.F. Tel/Fax 693 6786

RECURSOS METALICOS DEL NORESTE, S.A.



Carretera Victoria Km.5
H. Matamoros, Tamps.
México

Tel. (88) 17-10-16
17-10-62

Fax 17-00-91

Lic. Rafael Gomez Hinojosa
Administrador

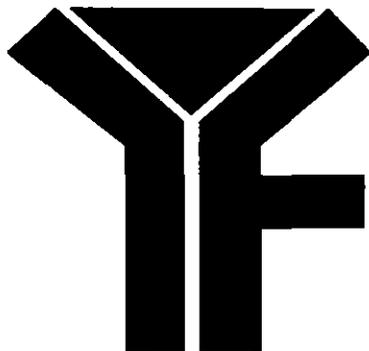
YONKE FENIX S.A. de C.V. Av. Tecnológico 7260
Cd. Juárez, Chih. Tel (16) 19 1119 y 20 4037

BODEGA TACUBAYA S.A. (pag. 25)
Mártires de Tacubaya N° 5 Col. Tacubaya
C.P. 11870 México D.F. 273 1483

RAMYBA S.A. (pag. 25)
Hombres Ilustres N° 40 Los Reyes la Paz, Edo. de
México. C.P. 56400 855 0949

TLCOPAPELES S.A. (pag. 25)
Cerezas N° 82 Col. del Valle 03100, México D.F.
575 0232

GLASS INTERNATIONAL RECYCLING S.A. de C.V.
At'n.: Ing. Mario Eloy Pérez 693 2843



YONKE FENIX
RECICLADORES
METALES EN GENERAL

s.a. de c.v.
Teléfonos
(16) 19-11-19
20-40-35
fax 20-40-37

Av. Tecnológico No.7260 Ciudad Juarez, Chihuahua.



RECICLADORA CACHANILLA

DIVISION METALES



**COMPRA VENTA DE
METALES FERROSOS
Y NO FERROSOS**

Recicladora Cachanilla

Km, 14.5 Carr. Tecate
No. 1647 C.P. 22680
Tijuana, Baja California

Tel. (9166) 89 41 08
Fax (9166) 89 49 68



ARTÍCULOS

LA MAS AVANZADA TECNOLOGIA EUROPEA EN
PRENSAS COMPACTADORAS,
AL SERVICIO DE LAS INDUSTRIAS MEXICANAS



- ◆ Prensas Verticales y Continuas
- ◆ Atados Automáticos
- ◆ Trituradores de Archivos
- ◆ Empacadoras de Lámina y Metales
- ◆ Poligrapas
- ◆ Cintas Transportadoras

INDUSTRIAS HIDRAULICAS MEXICANAS
16 de Septiembre No 5 Col. Sta. Martha Acatitla, México D.F.
TEL (5) 738 1359 FAX (5) 733 3770

SEGUROS
COMERCIAL
AAMERICA



Vida Individual
Vida grupo y Colectivo
Gastos Médicos Mayores

Accidentes y Enfermedades
Incendio
Responsabilidad Civil

Maritimo y Transportes
Diversos
Automóviles

**ASEGURAMOS SUS BIENES PATRIMONIALES CON EL MEJOR
PLAN Y EL MEJOR COSTO DEL MERCADO**

PROMOCION DEL TRIMESTRE:
25% DE DESCUENTO EN LA CONTRATACION
DE SEGURO DE VIDA INDIVIDUAL
*APLICA RESTRICCIONES

ATN SR. SERGIO VILLANUEVA
RADIO VIP. 359-1333
CLAVE 4698



W Servicios Contables
Fiscales y de Auditoría

C.P. Elias Vanegas Velázquez
915 391 2612

Para tener más Clientes & más Ventas

le ofrecemos el diseño de elementos publicitarios funcionales:

**anuncios
folletos
logotipos
revistas
etc.**

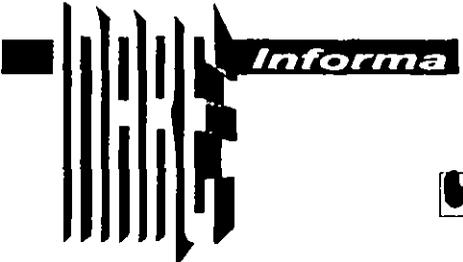
área
Gráfica

MaTANZaS 1087
LINDaVISTa
07360 MEXICO D.F.
Tel / Fax 752 4225

 **UGARTECHEA HERNANDEZ**
CONTADORES PUBLICOS

UGARTECHEA HERNANDEZ ALEJANDRO

SUR 109 N° 1222 TELEFONOS
COL. A. MILITAR 552 15 30
MEXICO D.F. 764 23 29

 Envíe hoy mismo este cupón por fax al 751 97 04 o por correo a la dirección que aparece abajo

SI, DESEO OBTENER UNA:

SUSCRIPCION ANUAL a la Revista INARE Informa

INSERCION DE ANUNCIO comercial de mi Empresa

NOMBRE
EMPRESA
DIRECCION
COLONIA
CIUDAD
TEL FAX
C.P.

INARE INFORMA Av. 545 No.33 San Juan de Aragón CP 07920 México D.F. Tel 751 9704

RECUPERACION DE DESPERDICIOS INDUSTRIALIZABLES

CHATARRA DE FIERRO
LAMINA
COLADO
METALES
ACERO INOXIDABLE

RECICLADO DE
ACEROS DEL SUR
S.A. DE C.V.

789 7557
558 5145
711 3875
711 0354 fax

Atención:
Lic. Ma. de Jesús Antúnez C.
Dr. Humberto Antúnez C.

Av. 510 No. 424 San Juan de Aragón 07950 México D.F.

COMPRA-VENTA de toda clase de PAPEL

Cartón
Archivos
Periódico
Revista
Virutas
Etc.



TACUBAYA
Bodega Tacubaya S.A.
Martines de Tacubaya N° 5
273 14 83 y 271 60 71

LOS REYES LA PAZ, EDO. MEX.
Ramírez S.A.
Hombres Ilustres N° 40
855 09 49

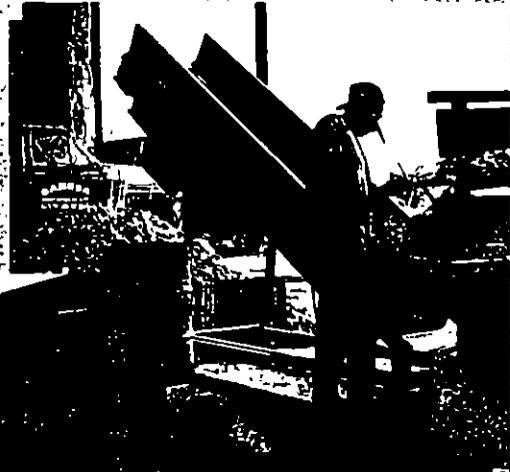
DEL VALLE
Fracturados S.A.
Cerezas N° 82
00 00



VAPROMEX



COMPRA - VENTA DE METALES NO FERROSOS



- ALUMINIO
- COBRE
- BRONCE
- LATON
- MAGNESIO
- ETC.

AL SERVICIO DE LA ECOLOGIA

16 de Septiembre No. 3, Col. Santa Clara, Edo. de México, C.P. 55540
790 1790 790 4238 790 1605 790 3214 790 0581 FAX 755 7315



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

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE RESIDUOS SOLIDOS
Y PELIGROSOS .**

**MODULO III PROCESOS DE TRATAMIENTO PARA EL CONTROL
DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES Y PELI-
GROSOS.**

TEMA: FUNDAMENTOS Y OPERACION DE LA INCINERACION

EXPOSITOR: VICTOR HUGO PARAMO

INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES

9. TRATAMIENTO

CONJUNTO DE TRANSFORMACIONES PREVIAS A LA DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS

- **SEPARACION:** manual y/o mecánica de subproductos orgánicos e inorgánicos a fines de reciclaje
- **RECICLAJE:** proceso por el cual se utiliza nuevamente un material de desecho ya sea en el mismo ciclo de producción o en otro ciclo que permita dar al residuo un valor económico positivo (vidrio, papel, cartón, metales, ciertos plásticos)
- **COMPOSTEO:** proceso biológico aerobio de degradación de la materia orgánica que da como resultado la composta. Se utiliza como mejorador de suelos o abono.
- **INCINERACION:** proceso de quema de los residuos en un horno, reduciéndolos a cenizas; proceso controlado de tal forma que no se emiten contaminantes a la atmósfera. Si grandes cantidades de residuos, posibilidad de recuperar energía.

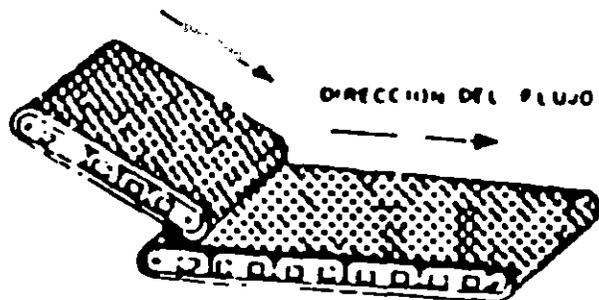
INCINERACIÓN

MÉTODOS

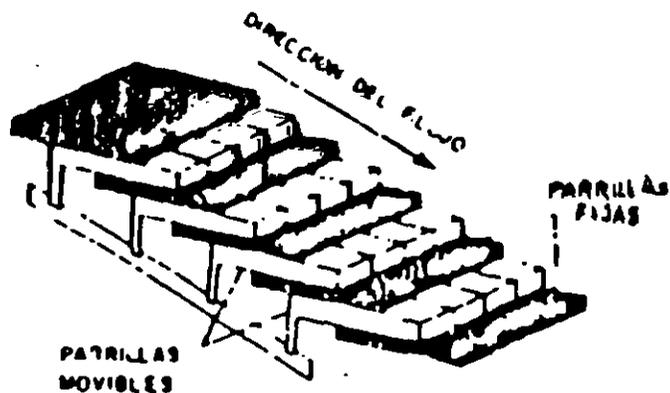
- ◆ MÉTODO DE INCINERACIÓN CONTINUA. (PARA GRANDES VOLÚMENES)
- ◆ INCINERACIÓN "BATCH" O INTERMITENTE. (BAJOS VOLÚMENES)

(DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CONTINUO)

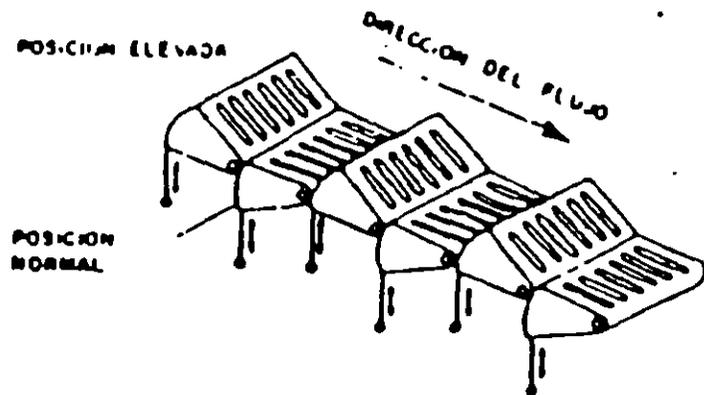
- 1) ABASTECIMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS**
- 2) INCINERACIÓN**
- 3) ENFRIAMIENTO DE LOS GASES (TEMPERATURA 800-900)**
- 4) TRATAMIENTO DE LOS GASES**
- 5) EXPULSIÓN DE CENIZAS Y ESCORIAS**
- 6) APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA**
- 7) EMISIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN**



(a) Parrillas Transportadoras



(b) Parrillas Reciprocentes



(c) Parrillas Osculantes

Figura 8.- Parrillas típicas usadas en incineradores de encendido total (ajudado en parte de la Ref. 6).

A 3.4.2

LOS HORNOS

HORNOS DE BAJA CAPACIDAD

- Capacidad térmica / hora $\leq 2500 \times 10^3 \text{kcal/h}$

Carga en residuos ≤ 1.5 a 2 ton/h

- Campo de utilización

Comunidades no superiores a 20 000 - 30 000 hab.

Comunidades rurales

- Desventajas

La inestabilidad térmica por la heterogeneidad de los residuos y la baja carga provoca

- * Consumo combustible secundario, lo que implica un costo suplementario
- * Dificultades de funcionamiento
- * Problemas de mantenimiento
- * Contaminación atmosférica por combustión incompleta

LA INCINERACION

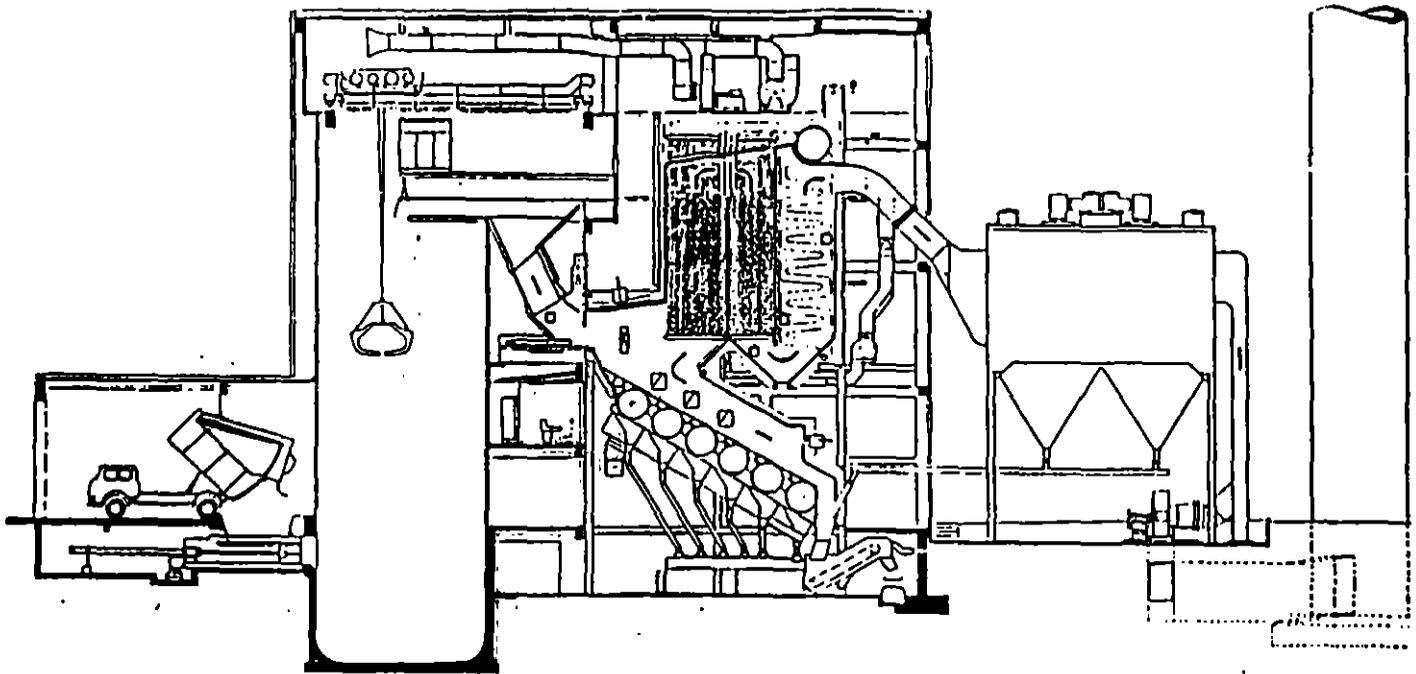
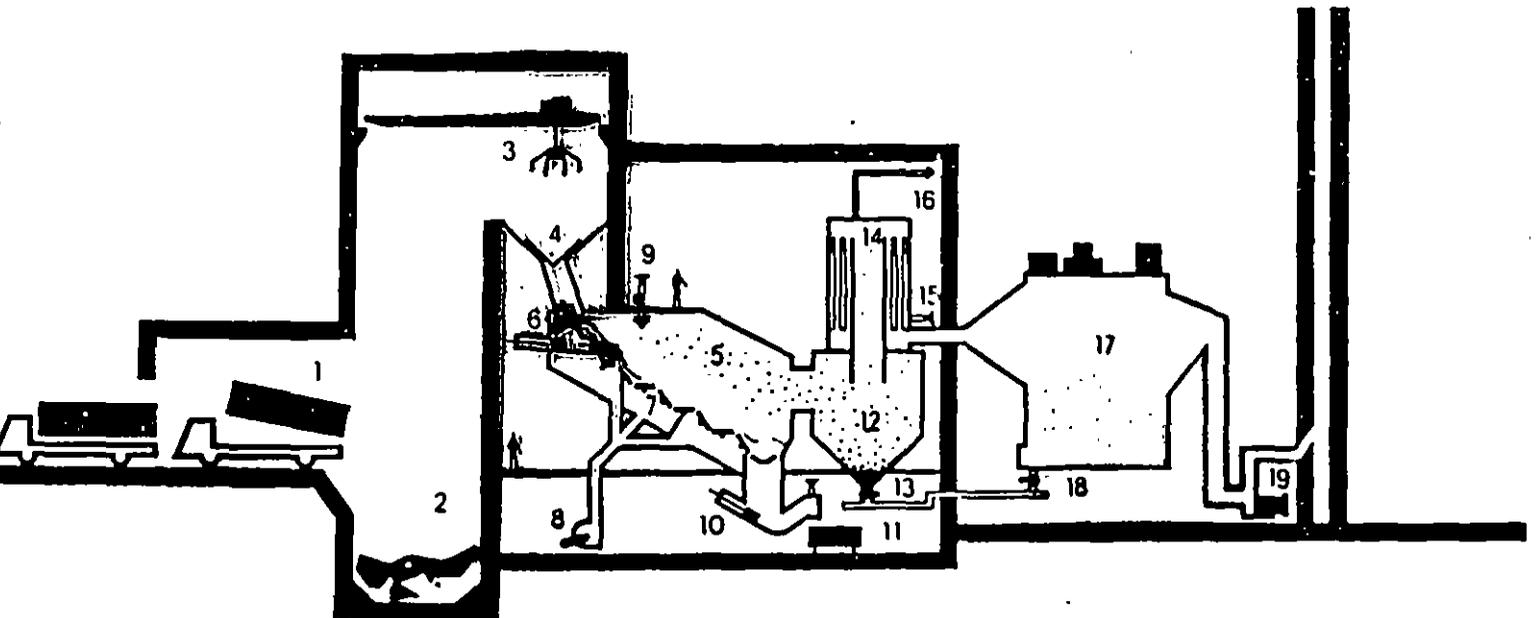


Figure 30. Cross section through a VKW Dusseldorf system steam raising incineration plant (courtesy of VKW, West Germany)



21. Typical lay-out of a Bruun & Sorensen incineration plant in Denmark. 1, Reception hall; 2, bunker; 3, crane plant; 4, receptio. r; 5, incinerator; 6, feeder; 7, grate-type W; 8, primary air system; 9, secondary air system; 10, slag discharger; 11, slag transport; 12, combustion chamber; 13, ash discharge; 14, waste heat boiler; 15, boiler inlet; 16, boiler outlet; 17, electrostatic precipitator; 18, fly ash discharge; 19, exhaust fan

HORNOS DE GRAN CAPACIDAD

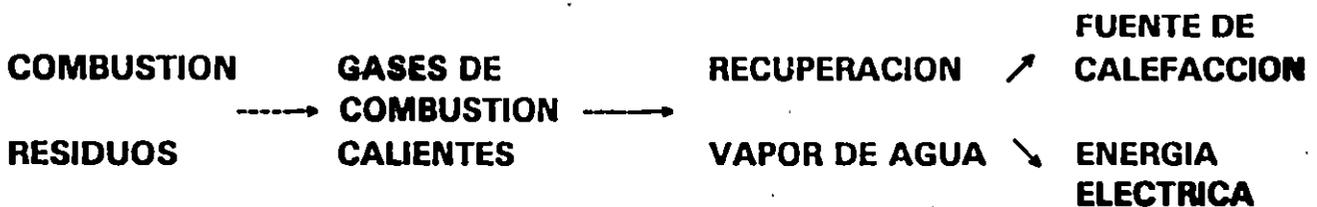
- Capacidad térmica por hora $\geq 2500 \times 10^3$ kcal/h

Carga de residuos hasta ± 50 ton/h

- Hornos fijos

móviles

- Recuperación de calor



* PCI bajos 1200 a 1600 kcal/kg

Contenido de humedad alto

--> Funcionamiento horno inestable

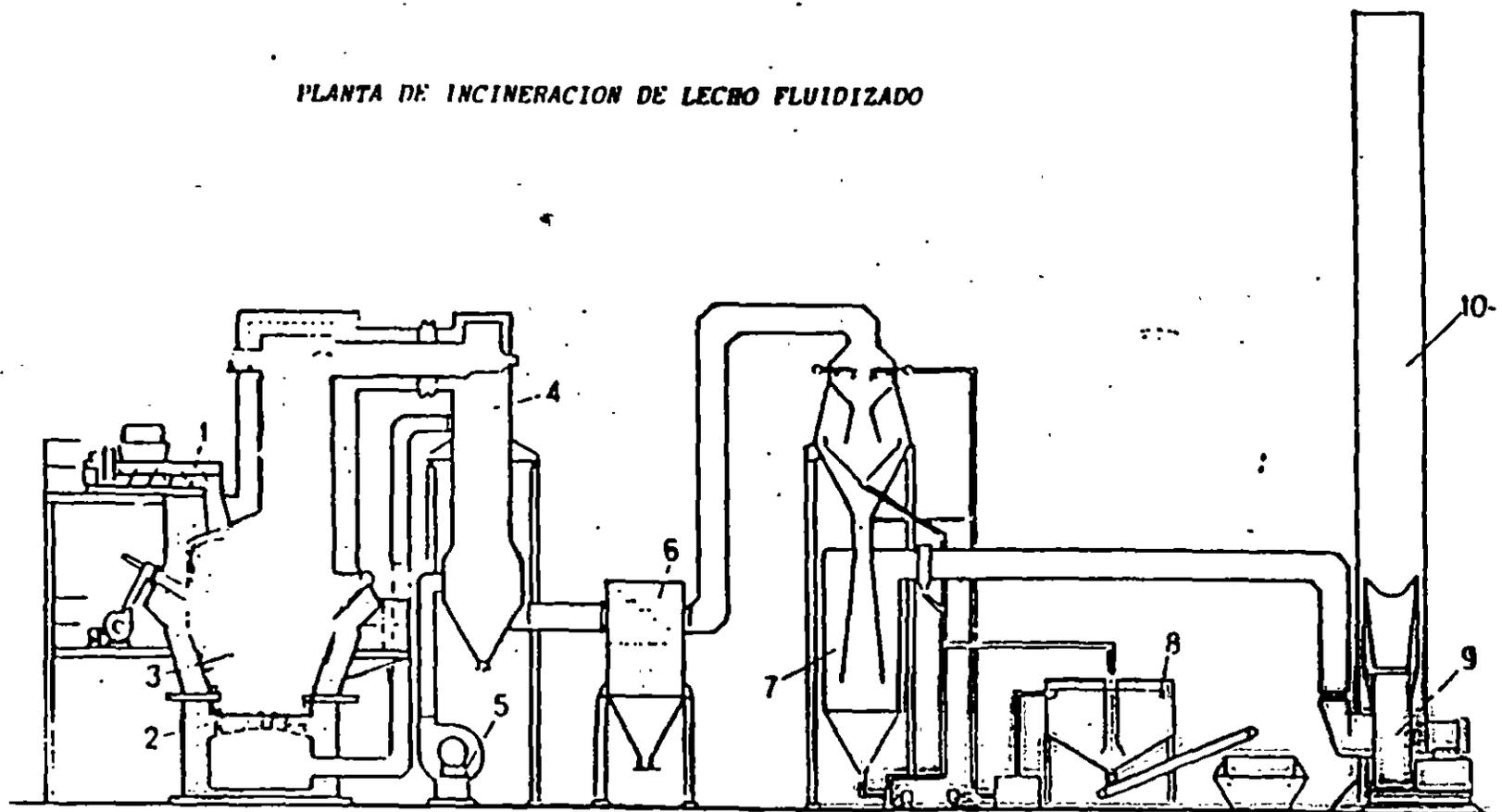
--> Impide buena calidad energía

* PCI medianos y altos ≥ 1600 kcal/kg

--> La energía es proporcional al pci de los residuos

--> La estabilidad permite buena calidad de energía

PLANTA DE INCINERACION DE LECRO 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. Chimeneu

CONTROL DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE.

◆ **PARTÍCULAS (80- MICRAS)**

◆ **GASES**

**ÓXIDOS DE AZUFRE,
ÓXIDOS DE NITRÓGENO,
ÁCIDO CLORHÍDRICO
FLUORHÍDRICO,
TRAZAS DE METALES
DIÓXINAS
FURANOS**

EQUIPO DE CONTROL

- **CICLONES**
- **MULTICICLONES.**
- **FILTROS DE BOLSAS.**
- **PRECIPITADORES ELECTROSTÁTICOS.**
- **LAVADORES (SCRUBBER)**

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

VENTAJAS.

- **PERMITE UNA REDUCCIÓN DEL 80 A 90% DEL VOLUMEN ORIGINAL DE LOS DESECHOS.**
- **ELIMINA COMPLETAMENTE LOS MICROORGANISMOS**
- **LAS CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS Y METEOROLÓGICAS NO AFECTAN AL PROCESO.**
- **REQUIERE DE POCO ESPACIO, PUDIENDO LOCALIZARSE DENTRO DE UNA ZONA URBANA.**
- **EN OCASIONES, LA RECUPERACIÓN DE ENERGÍA ES POSIBLE.**

POTENCIAL DE GENERACIÓN DE ENERGÍA.

LA ENERGÍA GENERADA EN LA INCINERACIÓN SE PUEDE RECUPERAR PRINCIPALMENTE EN FORMA DE CALOR. ESTE CALOR ES EXTRAÍDO DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN Y ES POSIBLE UTILIZARLO EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA, EN SUMISTRO DE AGUA CALIENTE O BIEN EN LA CALEFACCIÓN DE ESPACIOS CERRADOS.

PARA RESIDUOS SÓLIDOS, SE TIENE:

24% OTRO TIPO DE ENERGÍA
20% ENERGÍA ELÉCTRICA

DE UN KILOGRAMO DE RESIDUOS SÓLIDOS, SE ESTIMA QUE SE PUEDE GENERAR AL REDEDOR DE 0.0048 KWH DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

DESVENTAJAS.

- **IMPLICA ALTOS COSTOS DE CAPITAL, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**
- **SE REQUIERE DE PERSONAL ESPECIALIZADO**
- **SE DESTRUYEN MATERIALES POTENCIALMENTE RECICLABLES.**
- **SE REQUIERE EQUIPO PARA CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA.**
- **SE REQUIERE DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS CENIZAS Y ESCORIAS.**
- **PARA RESIDUOS CON BAJO PODER CALORÍFICO, ES NECESARIO UTILIZAR COMBUSTIBLE ADICIONAL.**

CLASIFICACION Y CARACTERIZACION
DE RESIDUOS

CLASIFICACION Y CARACTERIZACION DE RESIDUOS

LOS RESIDUOS PELIGROSOS SE PUEDEN CLASIFICAR EN 5 CATEGORIAS GENERALES:

1. ACEITES USADOS Y ACEITES CLORADOS
2. RESIDUOS FLAMABLES Y COMPUESTOS ORGANICOS SINTETICOS
3. METALES TOXICOS Y RESIDUOS DE GRABADO, LIMPIEZA Y RECUBRIMIENTO DE METALES
4. METALES Y COMPUESTOS EXPLOSIVOS Y REACTIVOS
5. SALES, ACIDOS Y BASES

CLASIFICACION Y CARACTERIZACION DE RESIDUOS

CARACTERIZACION DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS:

1. TIPOS DE RESIDUOS: FORMA FISICA, LIQUIDO, GAS, SOLIDO O MEZCLA
2. ANALISIS ELEMENTAL: C, H, O, N, S, P, Cl, F, Br, I, CENIZA, HUMEDAD (EMISIONES DE SO₂ Y HCl)
3. PODER CALORIFICO: BTU/LB (COMBUSTIBLE ADICIONAL?, LA PRESENCIA DE CLOROS LO REQUIERE)
4. SOLIDOS: TAMANO, FORMA Y CANTIDAD
5. LIQUIDOS: VISCOSIDAD COMO FUNCION DE LA TEMPERATURA, PESO ESPECIFICO, IMPUREZAS; COMPOSICION QUIMICA, DENSIDAD, CALOR DE COMBUSTION, CORROSIVIDAD, REACCIONES QUIMICAS, POLIMERIZACION, CONTENIDO DE SOLIDOS, REACCION DE CENIZAS-REFRACTARIOS, FORMACION DE ESCORIAS, ANALISIS DE GASES DE COMBUSTION, COMPOSICION EN NITROGENO (NO_x)
6. LODOS: DENSIDAD, VISCOSIDAD Y PORCIENTO DE SOLIDOS
7. INERTES: DENSIDAD, VISCOSIDAD Y PORCIENTO DE SOLIDOS
8. GASES: DENSIDAD, IMPUREZAS
9. CARACTERISTICAS ESPECIALES: TOXICIDAD, CORROSIVIDAD, FLAMABILIDAD, OTRAS CARACTERISTICAS INUSUALES
10. TASA DE GENERACION O DISPOSICION: PICO, PROMEDIO Y MINIMA (ACTUAL Y FUTURA); EL DISENO SE BASA EN CONDICIONES PICO
11. METALES EN TRAZAS: As, Ba, Cd, Cr, Pb, Hg, Se, Ag; SON IMPORTANTES PORQUE APARECEN EN LAS EMISIONES O EN LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE INCINERACION
12. PRINCIPALES GRUPOS DE COMPUESTOS ORGANICOS: AROMATICOS, ALIFATICOS, ETC.

CLASIFICACION Y CARACTERIZACION DE RESIDUOS

TIPOS DE RESIDUOS E INSTALACIONES DE INCINERACION:

1. FORMA FISICA: GAS, LIQUIDO, INERTE, LODO, O SOLIDO
(TIPO DE ALIMENTACION, TIPO Y DISEÑO DEL INCINERADOR)
2. RANGO DE TEMPERATURA REQUERIDO PARA DESTRUCCION:
 - (A) > 2000 F (> 1087 C)
 - (B) 1400-2000 F (757-1087 C)
 - (C) 700-1400 F (367-757 C)
 - (D) < 700 F (< 367 C)(EFICIENCIA DE DESTRUCCION)
3. EMISIONES DE GASES
 - (A) ESENCIALMENTE OXIDOS DE CARBONO Y NITROGENO, VAPOR DE AGUA
 - (B) HALOGENOS, AZUFRE, FOSFORO Y ESPECIES METALICAS VOLATILES(SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES)
4. CENIZA: INFUNDIBLE, FUNDIBLE, METALICA
(FORMACION DE ESCORIAS, CONTROL DE EMISIONES DE PARTICULAS)
5. PODER CALORIFICO:
 - (A) > 10000 BTU/LB (> 23 MJ/KG)
 - (B) 5000-10000 BTU/LB (12-23 MJ/KG)
 - (C) < 5000 BTU/LB (< 12 MJ/KG)(SE REQUIERE EN GENERAL MINIMO 8000 BTU/LB PARA SOSTENER LA COMBUSTION; REQUERIMIENTOS DE COBUSTIBLE SUPLEMENTARIO?)

PRINCIPIOS DE LA INCINERACION

PRINCIPIOS DE INCINERACION

INCINERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS: SE REFIERE A LA APLICACION DE LOS PROCESOS DE COMBUSTION BAJO CONDICIONES CONTROLADAS, PARA CONVERTIR RESIDUOS QUE CONTIENEN MATERIALES PELIGROSOS, EN RESIDUOS MINERALES INERTES Y GASES.

CONDICIONES:

1. SIEMPRE DEBE EXISTIR LA CANTIDAD ADECUADA DE OXIGENO LIBRE EN LA ZONA DE COMBUSTION.
2. DEBE EXISTIR TURBULENCIA, ES DECIR EL MEZCLADO CONSTANTE DEL RESIDUO CON EL OXIGENO.
3. LA TEMPERATURA DE COMBUSTION DEBE SER MANTENIDA; LAS REACCIONES EXOTERMICAS DE COMBUSTION DEBEN PROPORCIONAR EL CALOR SUFICIENTE PARA ELEVAR SUFICIENTEMENTE LA TEMPERATURA DE LA MEZCLA A INCINERAR, PARA DESTRUIR TODOS LOS COMPUESTOS ORGANICOS.
4. EL TIEMPO DE EXPOSICION TRANSCURRIDO, A LA TEMPERATURA DE COMBUSTION, DEBE SER LO SUFICIENTEMENTE LARGO EN DURACION, PARA ASEGURAR QUE INCLUSO LA REACCION DE COMBUSTION MAS LENTA SE PRODUJO COMPLETAMENTE; EN OTRAS PALABRAS, EL TRANSPORTE DE LA MEZCLA COMBUSTIBLE A TRAVES DE LA REGION DE ALTA TEMPERATURA DEBE OCURRIR DURANTE UN PERIODO DE TIEMPO SUFICIENTE PARA QUE SE LLEVEN A CABO TODAS LAS REACCIONES DE OXIDACION DE TODOS LOS COMPONENTES ORGANICOS.

PRINCIPIOS DE INCINERACION

- LOS INCINERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS OPERAN GENERALMENTE ENTRE 900-1200 C, EMPLEANDO COMO COMBUSTIBLE UNA MEZCLA DE RESIDUO(S) PELIGROSO(S) CON UN COMBUSTIBLE AUXILIAR (COMBUSTOLEO, DIESEL O GAS NATURAL).
- LOS TIEMPOS DE RESIDENCIA EN UN INCINERADOR VAN DE 0.2 A ALGUNOS SEGUNDOS.
- LA REACCION DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS CON EL OXIGENO PRODUCEN EMISIONES AL AIRE:
 - CO₂, CO, H₂O, MATERIAL PARTICULADO
 - SO_x, NO_x, ACIDOS, SALES, ORGANICOS HALOGENADOS, GASES HALOGENADOS, AMINAS
 - PRODUCTOS DE COMBUSTION INCOMPLETA (PIC'S) COMO LOS COMPUESTOS ORGANICOS POLICICLICOS (EJEMPLOS: BENZO(A)PIRENO Y LA 2,3,7,8-TETRACLORODIBENZO-P-DIOXINA (TCDD))
- SE RECOMIENDA QUE EL CONTENIDO DE HALOGENOS EN LA CARGA A INCINERAR NO SEA MAYOR A UN 35 %.
- LAS EFICIENCIAS DE DESTRUCCION REQUERIDAS EN UN INCINERADOR SON EN GENERAL DEL ORDEN DEL 99.99 %, PUDIENDO LLEGAR HASTA UN 99.9999 % (CASO DE DESTRUCCION DE LOS BPC'S).

CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y

OPERACION DE

INCINERADORES

CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y OPERACION

- ▣ PARA LLEVAR A CABO UNA INCINERACION ADECUADA DE UN RESIDUO PELIGROSO ES NECESARIO CONOCER LOS TIPOS Y CANTIDADES DE LOS RESIDUOS A SER QUEMADOS, ASI COMO LLEVAR A CABO UN ESTUDIO CUIDADOSO DE LOS PROBLEMAS DE MANEJO INVOLUCRADOS.

- ▣ EL DISEÑO DE UN INCINERADOR DEPENDE DE DOS FACTORES:
 - LA TASA PERMITIDA DE LIBERACION DE CALOR EN LA CAMARA DE COMBUSTION.
LA TASA DE LIBERACION DE CALOR (BTU/LB) SE CALCULA A PARTIR DE LOS PODERES CALORIFICOS Y TASAS DE ALIMENTACION DEL RESIDUO Y COMBUSTIBLE AUXILIAR.
 - LA TASA MAXIMA DE FLUJO DE GAS ESTABLECIDA POR EL DISEÑO DEL EQUIPO DE COMBUSTION.
LA TASA DE FLUJO DE GAS SE CALCULA PRINCIPALMENTE EN FUNCION DE LOS REQUERIMIENTOS DE OXIGENO (RELACION AIRE - COMBUSTIBLE) Y LA TEMPERATURA REQUERIDA PARA DESTRUIR LOS COMPONENTES TOXICOS DEL RESIDUO.
LA CAPACIDAD DE MOVIMIENTO DE GAS PUEDE SER DETERMINADA A PARTIR DE LA TASA DE FLUJO DE GAS Y LA TEMPERATURA EN LA ENTRADA AL VENTILADOR DE INDUCCION, Y LA CAIDA TOTAL DE PRESION A TRAVES DEL SISTEMA.

- ▣ EN GENERAL SE REQUIERE MAS OXIGENO EN EXCESO PARA INCINERAR RESIDUOS SOLIDOS EN COMPARACION CON LIQUIDOS, DEBIDO A QUE LAS PARTICULAS SOLIDAS SON MAS GRANDES QUE LAS GOTILLAS DE UN LIQUIDO ATOMIZADO. ADICIONALMENTE, EL PROCESO DE MEZCLADO COMBUSTIBLE/RESIDUO/OXIGENO ES MENOS EFICIENTE EN EL CASO DE RESIDUOS SOLIDOS.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y OPERACION

- DEBIDO A LA GRAN VARIEDAD QUE EXISTE DE RESIDUOS PELIGROSOS, GENERALMENTE LOS INCINERADORES SE DISEÑAN ESPECIFICAMENTE PARA CUBRIR REQUERIMIENTOS PARTICULARES.

- SIN EMBARGO, PARA LLEGAR A UN DISEÑO ÓPTIMO PARA INCINERAR UN RESIDUO O MEZCLA DE RESIDUOS, ES NECESARIO CONSIDERAR ALGUNOS DE LOS FACTORES SIGUIENTES:
 1. TIPO DE RESIDUO: SÓLIDOS, LODOS, LÍQUIDOS, GASES.
 2. ANÁLISIS DEL RESIDUO: VALOR CALORÍFICO, COMPOSICIÓN QUÍMICA, CANTIDAD, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, TOXICIDAD.
 3. MANEJO Y COMBUSTIÓN: TRASPORTE DEL RESIDUO; MEZCLADO; ALIMENTACIÓN; QUEMADO; VOLUMEN DEL HORNO; AIRE, TEMPERATURA, TIEMPO, INSTRUMENTACIÓN, CONTROL GENERAL DEL PROCESO.
 4. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN: REFRACTARIOS, AISLAMIENTO, CUBIERTAS.
 5. CONTROLES DE EMISIONES Y EFLUENTES: POSTQUEMADORES, LAVADORES, DISEÑO DE CHIMENEA, REMOCIÓN DE CENIZAS, TRATAMIENTO DE AGUAS.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y OPERACION

■ ASPECTOS IMPORTANTES A CONSIDERAR EN LA OPERACION DE UN INCINERADOR:

1. ANALISIS DE LOS RESIDUOS (PARA VER QUE TIPO DE CONTAMINANTES PODRAN SER EMITIDOS).
2. ASEGURARSE QUE EL INCINERADOR ESTA OPERANDO EN REGIMEN PERMANENTE PARA LLEVAR A CABO LA ALIMENTACION DEL RESIDUO PELIGROSO (LOS REGIMENES TRANSITORIOS SON ETAPAS POTENCIALES IMPORTANTES DE FALLAS).
3. MONITOREAR LOS EQUIPOS DE COMBUSTION Y CONTROL DE EMISIONES POR LO MENOS CADA 15 MINUTOS.
4. OBSERVAR LA PLUMA DE LA CHIMENEA CADA HORA.
5. CHECAR DIARIAMENTE EL INCINERADOR Y EQUIPO COMPLEMENTARIO PARA DETECTAR FUGAS, DERRAMES Y EMISIONES FUGITIVAS.
6. INSPECCIONAR TODOS LOS SISTEMAS DE PARO DE EMERGENCIA Y SISTEMAS DE ALARMA.

SISTEMAS DE PROCESOS
DE INCINERACION

SISTEMAS DE PROCESOS DE INCINERACION

■ COMPONENTES DE UN SISTEMA DE INCINERACION:

1. SISTEMA(S) DE ALIMENTACION DE RESIDUO
2. SISTEMA(S) DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE AUXILIAR
3. SISTEMA(S) DE COMBUSTION
4. SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES
5. SISTEMAS DE MONITOREO
6. INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS.

SISTEMAS DE PROCESOS DE INCINERACION

- SISTEMAS DE ALIMENTACION DE LIQUIDOS:
 - FILTRADO DEL RESIDUO
 - MEZCLADO RESIDUO/COMBUSTIBLE
 - PRECALENTAMIENTO DE LA ALIMENTACION.

- SISTEMAS DE ALIMENTACION DE SOLIDOS:
 - PNEUMATICOS
 - MECANICOS
 - POR GRAVEDAD.

- LOS INCINERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS DEBEN ESTAR EQUIPADOS CON UN SISTEMA DE COMBUSTIBLE AUXILIAR QUE ELEVE SU TEMPERATURA A LAS CONDICIONES DE OPERACION, ANTES DE INTRODUCIR EL RESIDUO PELIGROSO.

- SISTEMAS DE COMBUSTION:
 - QUEMADORES
 - CAMARA DE COMBUSTION (SE DEBE CONTROLAR LA ALIMENTACION DE AIRE Y COMBUSTIBLE PARA ASEGURAR UNA COMBUSTION COMPLETA; DEBE DISENARSE PARA CONTAR CON TEMPERATURA, TIEMPO DE RESIDENCIA, TURBULENCIA Y CONCENTRACION DE OXIGENO ADECUADOS PARA LA DESTRUCCION DEL RESIDUO PELIGROSO; LOS PRODUCTOS PRINCIPALES DE LA COMBUSTION SON BIOXIDO DE CARBONO, VAPOR DE AGUA Y CENIZA, MIENTRAS QUE LOS CONTAMINANTES DE INTERES AMBIENTAL SON LOS QUE CONTIENEN METALES PESADOS, AZUFRE, NITROGENO, HALOGENOS Y COMPUESTOS ORGANICOS NO QUEMADOS)
 - (POSTQUEMADORES).

SISTEMAS DE PROCESOS DE INCINERACION

- LOS SISTEMAS DE CONTROL DE CONTAMINACION DEL AIRE SON ESENCIALES EN CUALQUIER PROCESO DE INCINERACION DEBIDO AL TIPO DE CONTAMINANTES QUE SE GENERAN.

EL GRADO DE CONTROL REQUERIDO DEPENDE DE LA COMPOSICION DEL RESIDUO ALIMENTADO, LOS NIVELES ESPERADOS DE EMISIONES TOXICAS Y SU IMPACTO RESULTANTE EN LA CALIDAD DEL AIRE.

- SISTEMAS DE CONTROL PARA PARTICULAS INORGANICAS Y EMISIONES DE GASES ACIDOS:

- PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS HUMEDOS
- LAVADORES VENTURI DE ALTA ENERGIA (CON ELIMINADOR DE NEBLINA O TORRE)
- LAVADORES DEL TIPO DE TORRE DE PLATOS
- LAVADORES DE CAMA EMPACADA.

- SISTEMAS DE MONITOREO:

- ALIMENTACION DE RESIDUO
- CONTROL DE LA COMBUSTION
- GASES DE CHIMENEA (CO, CO₂, O₂, MP, HCl, NO_x)

(SON NECESARIOS PARA ALCANZAR CONDICIONES APROPIADAS DE INCINERACION Y OPERACION, TALES COMO PODER CALORIFICO, VISCOSIDAD, PORCIENTO DE HALOGENOS, PORCIENTO DE CENIZAS, METALES ESPECIFICOS, AZUFRE, FOSFORO, SODIO, SILICE Y ACIDEZ).

SISTEMAS DE PROCESOS DE INCINERACION

▣ INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS:

- AREA DE RECEPCION DE RESIDUOS (LIQUIDO, MATERIAL LIQUIDO Y SOLIDO EN CONTENEDORES, MATERIALES SOLIDOS SECOS, MATERIALES SOLIDOS HUMEDOS (BOMBEABLES Y NO-BOMBEABLES);

EQUIPO PARA MANEJO DE RESIDUOS:

- * BOMBEO DE LIQUIDOS
 - * TRANSPORTE DE CONTENEDORES
 - * TRASVACIADO DE SOLIDO A GRANEL.
-
- AREA DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS
 - * SEGREGACION DE RESIDUOS CORROSIVOS Y REACTIVOS INCOMPATIBLES
 - * RIESGOS DE FUEGO DE RESIDUOS LIQUIDOS Y SOLIDOS FLAMABLES
 - * RIESGOS POR RESIDUOS TOXICOS (ALMACENAMIENTO, TRANSFERENCIA Y POSIBILIDADES DE DERRAME)
 - (SISTEMA DE LAGUNAS PARA ENFRIAMIENTO Y/O TRATAMIENTO DE EFLUENTES PROVENIENTES DE LAVADORES DE GASES Y DRENAJES)
 - LABORATORIO PEQUENO PERO COMPLETO.

TECNOLOGIAS Y PROCESOS

DE INCINERACION

Incineration Processes and Their Typical Ranges

<u>Process</u>	<u>Temperature Range, °C</u>	<u>Residence Time</u>
Liquid Injection	650 to 1,600	0.1 to 2 seconds.
Rotary Kiln	820 to 1,600	Liquid and gases, seconds; Solids, hours.
Fluidized Bed	450 to 980	Liquid and gases, seconds; Solids, longer.
Multiple Hearth	320 to 540 Dry Zone 760 to 980 Incineration	0.25 to 1.5 hours.
Co-incineration	150 to 1,600	Seconds to hours.

Source: Draft Engineering Handbook for Hazardous Waste Incineration, USEPA Contract-No. 68-03-2550, Nov. 1980.

FIGURE 25.1

Horizontally fired liquid waste incineration system.

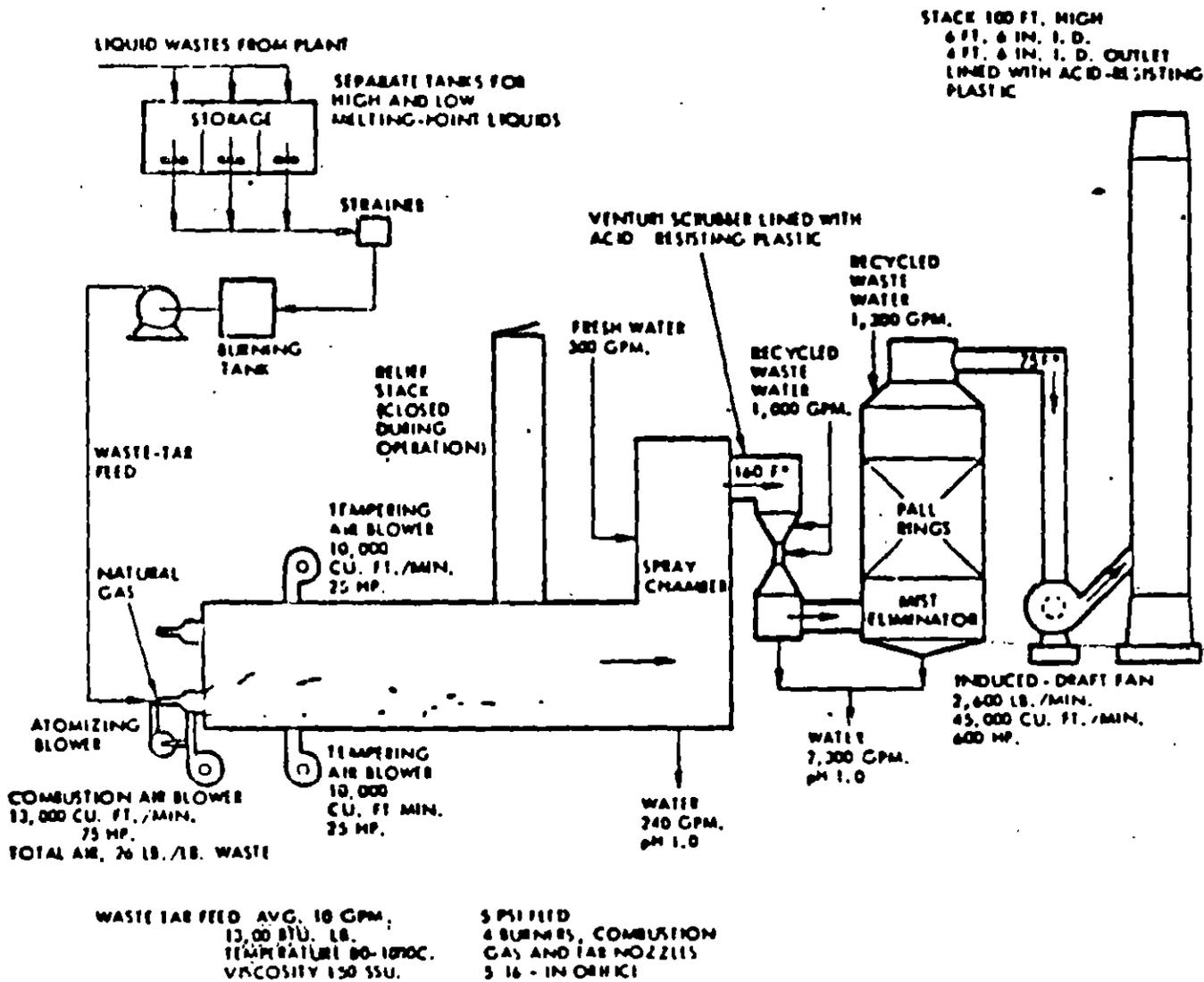
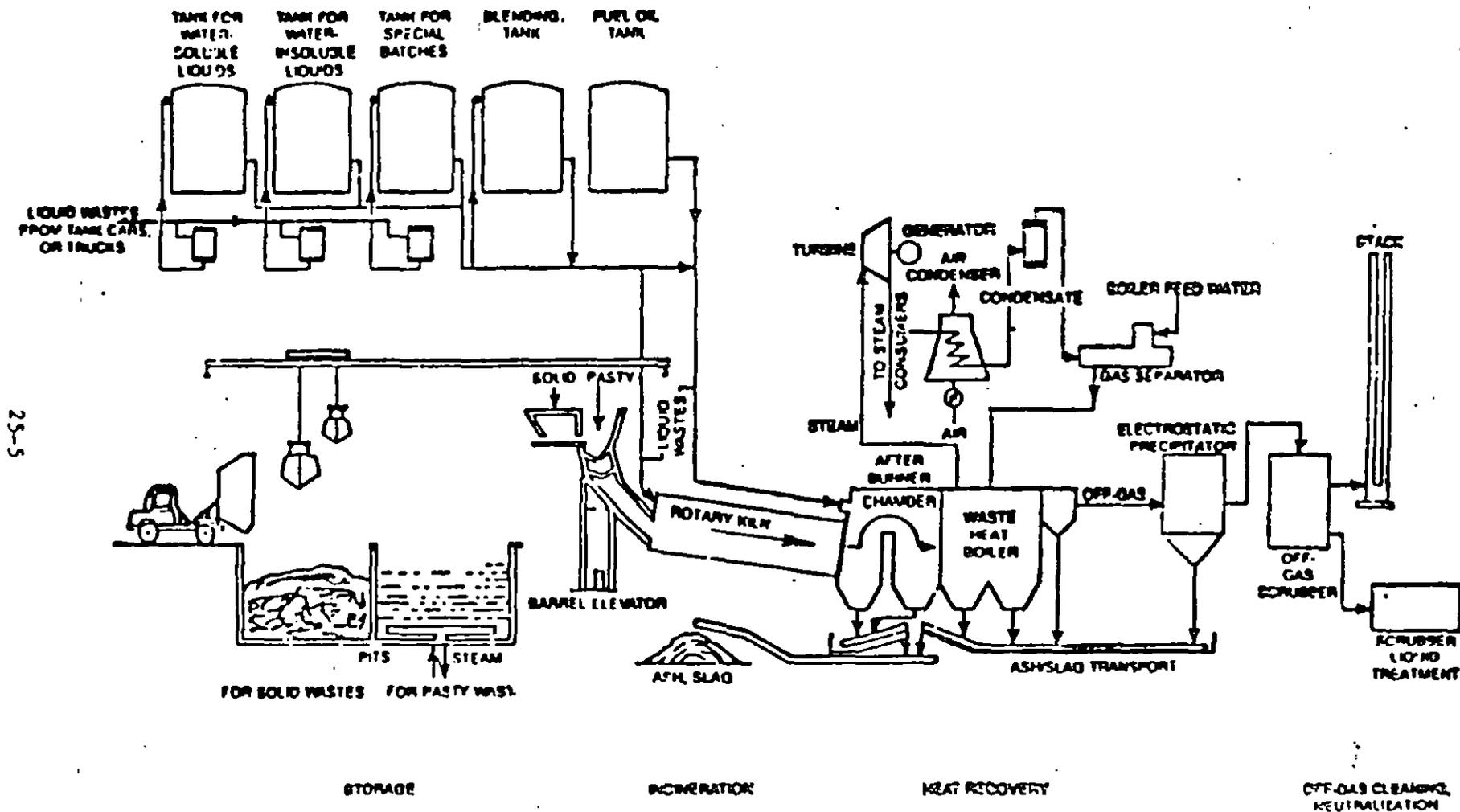


FIGURE 25.2

Typical major industrial rotary kiln incineration facility.

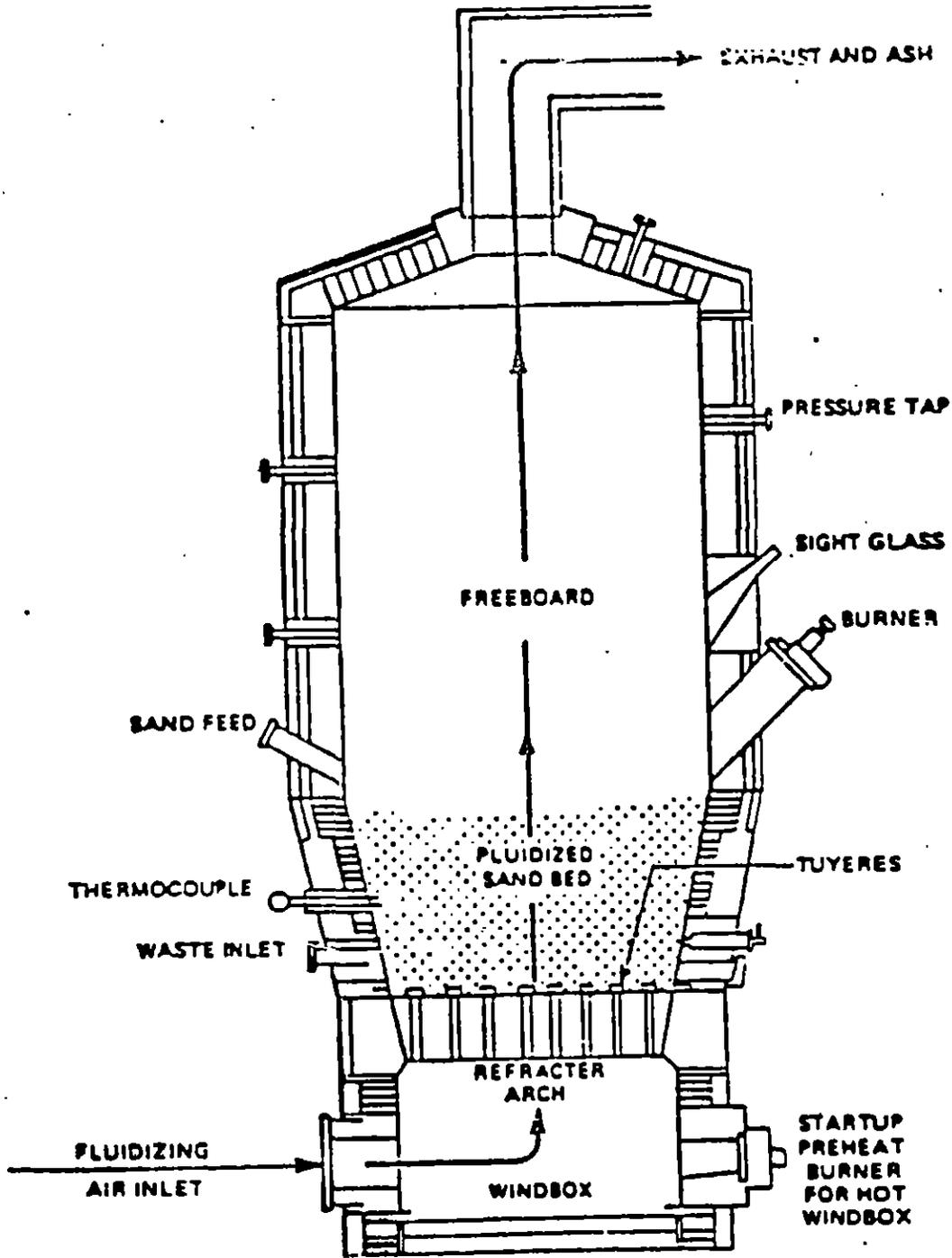


25-5

Source: Babcock Krauss-Maffei Industrieanlagen GmbH (Revised by P. Adle)

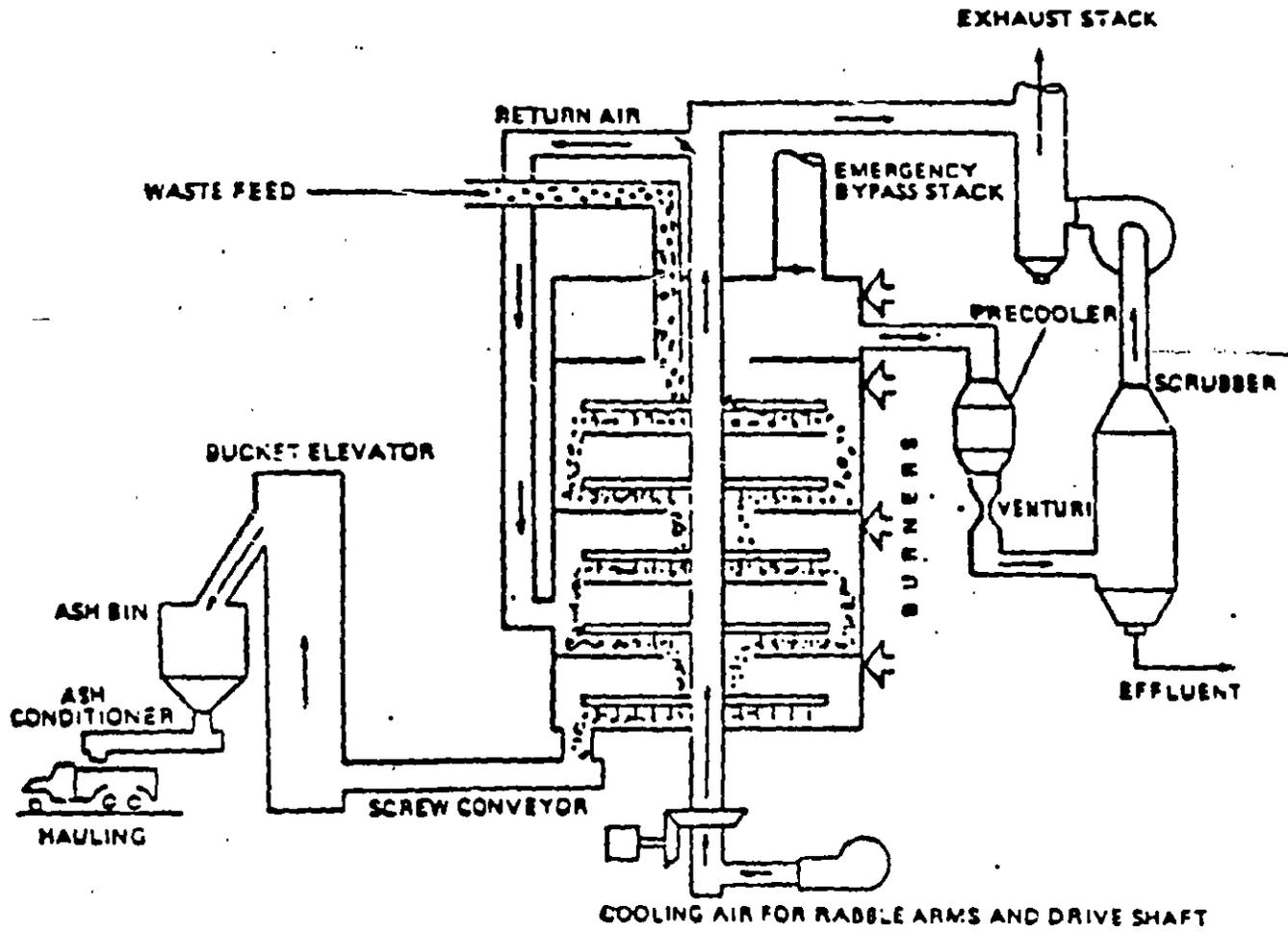
FIGURE 25.3

CROSS SECTION OF A FLUID BED FURNACE



Source: Hazardous Waste in Alberta, Volume 2, Reid, Crowther & Partners, Limited, December 1980.

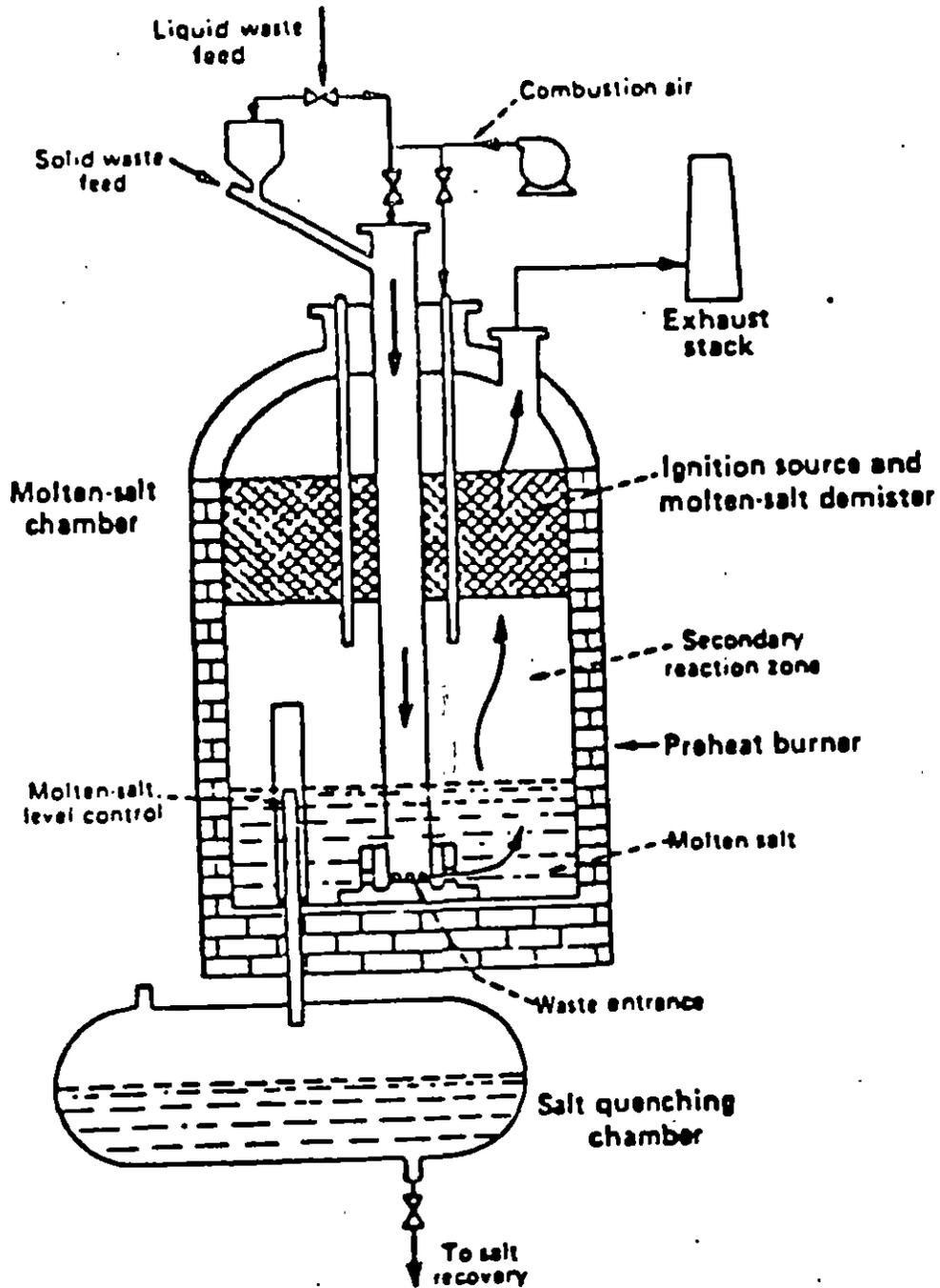
FIGURE 25.4
MULTIPLE HEARTH FURNACE



SOURCE: Hitchcock, D.A., "Solid Waste Disposal: Incineration,"
Chemical Engineering, May 21, 1979.

FIGURE 25.5

MOLTEN SALT DESTRUCTOR



(Chem. Eng.)

TABLE 25.4

**Summary of Required Performance Parameters
for High-Efficiency Boilers**

Parameter	Requirement
Concentration of PCB in contaminated liquid ^a	<500 ppm
Boiler capacity	>50 x 10 ⁶ Btu/hr
Boiler fuel	Natural gas, oil, or coal
Normal boiler temperature	No requirement
Typical stack CO	No requirement
Test stack CO	<50 ppm for gas, oil <100 ppm for coal
Typical stack O ₂	No requirement
Test stack O ₂	>3%
Amount burned, gal/yr	No requirement
CO monitoring	Continuous, if >30,000 gal/yr of waste is burned; hourly, if <30,000 gal/yr
O ₂ monitoring	Continuous, if >30,000 gal/yr of waste is burned; hourly, if <30,000 gal/yr
PCB waste as percentage of total feed to boiler	10%
Boiler fuel feed measured	Every 15 min.
PCB-liquid feed measured, recorded	Every 15 min.
Combustion efficiency	>99.9%
Constituents of PCB liquid to be analyzed (non-mineral oil dielectric fluid only)	C, H, N, S, Cl, B ₂ O, sediment, ash, heat content, carbon residue, flash point

Source: Ackerman, 1981

^aAn analysis must be submitted to EPA's regional office.

TABLE 25.1

HAZARDOUS WASTE INCINERATOR RATING

<u>Description</u>	<u>Liquid Injection</u>	<u>Rotary Kiln</u>	<u>Fluidized Bed</u>	<u>Multiple Hearth</u>
Noise	B	A	B	B
Burnout of Residue	A	A	A	B
Emission of Particulates	A	B	B	B
Emission of Toxic Gases	B	B	B	C
By-product Recovery	B	C	B	B
Bulky Waste	D	A	D	D
Organic Sludges	D	A	A	A
Liquid Waste	A	B	A	C
Plastics or Tars	D	A	D	D
Inorganic Salts	A	D	B	C
Flexibility of Operation	C	A	A	B
Adaptability	C	A	B	B
Design and Construction Difficulty	A	C	C	B

Notation: A = Preferred Application
 B = Capable Performance
 C = Marginal Performance
 D = Wrong Application

TABLE 25.2

Summary of Incineration Systems with the Greatest Applicability to PCB Destruction

Type	Advantages	Disadvantages
Rotary kiln	<p>Handles liquids and solids, alone or in combination</p> <p>Operates at high temperatures</p> <p>Feed system flexibility, ability to feed large containers</p> <p>Good mixing of air and solids</p> <p>Solids residence time easily adjusted</p> <p>Pretreatment of wastes not required</p> <p>No moving parts in hot zone</p>	<p>Careful attention to kiln temperature necessary to prevent refractory damage</p> <p>Relatively low thermal efficiency</p> <p>High capital cost</p>
Liquid injection	<p>Handles a variety of liquid wastes</p> <p>Fast response of temperature to change in fuel/waste feed</p> <p>No moving parts in combustion chamber</p> <p>Operates over a wide range of feed rates</p>	<p>Viscosities of liquids must be low enough that they can be pumped and atomized</p> <p>Burners are subject to plugging and corrosion from incompatible fluids</p>
Fluidized bed	<p>Large surface area, resulting from fluidization of the bed, contributes efficiency</p> <p>Fluctuations in feed rate and composition do not result in violent upsets in incineration temperature, because large amounts of heat are stored in bed</p> <p>Handles gases, most liquids, and some solids</p>	<p>Maximum combustion temperature is limited by bed material, which generally cannot tolerate temperatures as high as a refractory lining can</p> <p>Residues are difficult to remove from bed. Metal pieces from shredded capacitors would cause problems</p> <p>Operating costs, especially for power, are high</p>
Multiple hearth	<p>Residence times are long enough to volatilize PCBs from shredded capacitors and other solid wastes.</p> <p>A variety of wastes and auxiliary fuels may be used</p> <p>High fuel efficiency</p> <p>Capable of operating over a wide range of feed rates</p>	<p>Normal operating temperatures are probably too low for effective thermal destruction of PCBs unless fired afterburner is used</p> <p>Poor temperature response in incinerator makes control in supplementary-fuel firing difficult</p> <p>Moving internal parts are subject to damage and clogging from feed solids and from corrosion by hydrochloric acid, leading to high maintenance costs</p> <p>Poor gas-phase mixing</p>
Molten salt	<p>Particulates and pollutant gases formed during combustion are absorbed or react with salts in the bed, so that pollution control requirements are minimal</p> <p>Organic wastes are rapidly destroyed at lower temperatures than normally required</p>	<p>Continuous operation of a molten salt bed is difficult, and intermittent operation with frequent bed changes may be required</p>

CONTROL DE LAS EMISIONES

A LA ATMOSFERA DE

INCINERADORES

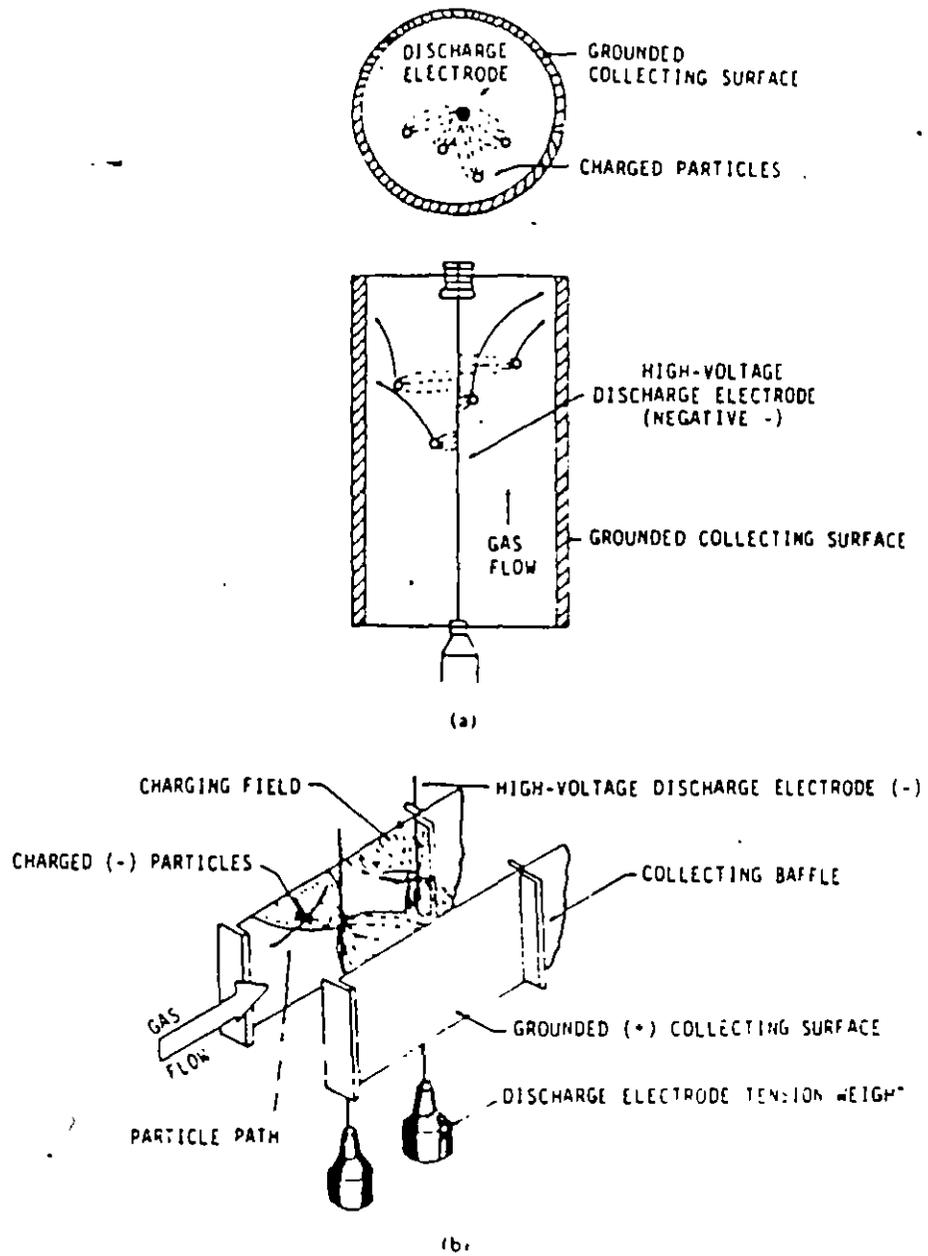


FIGURE 8.1 Collecting surface schematic for electrostatic precipitator. (a) Tubular-type precipitator. (b) Plate-type precipitator.

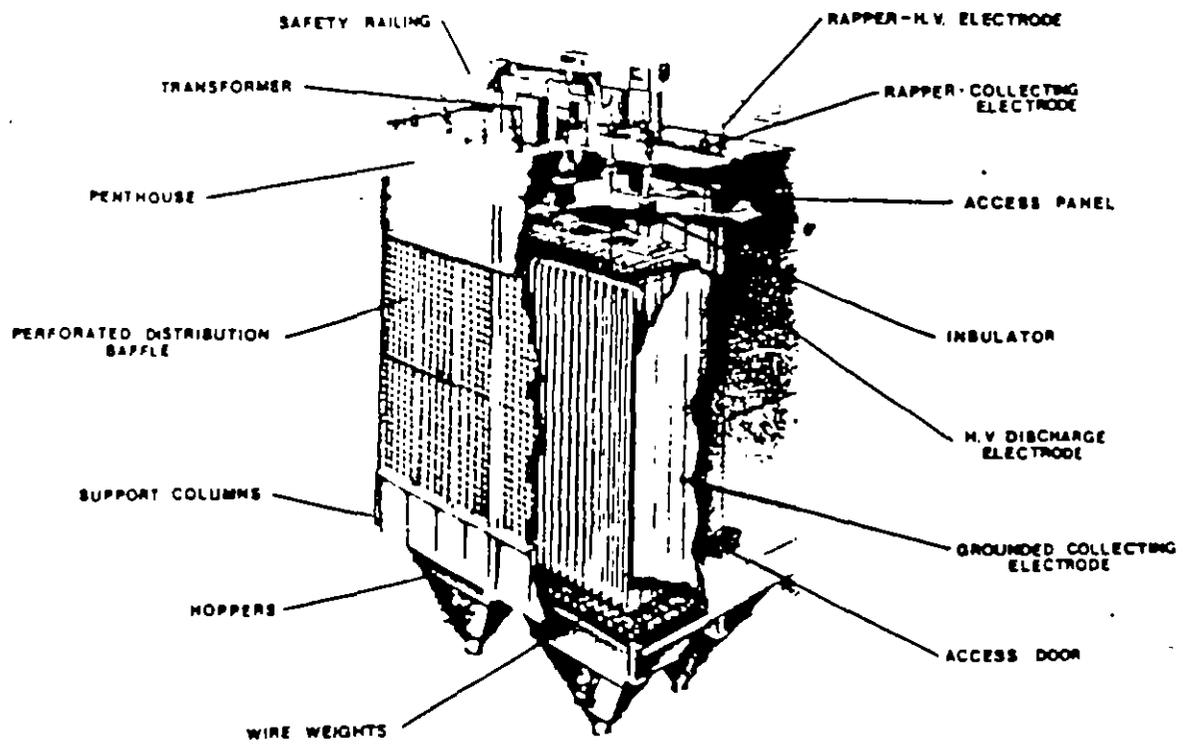


FIGURE 8.2. Cutaway view of a plate-type electrostatic precipitator. (Courtesy of UOP, Air Correction Division.)

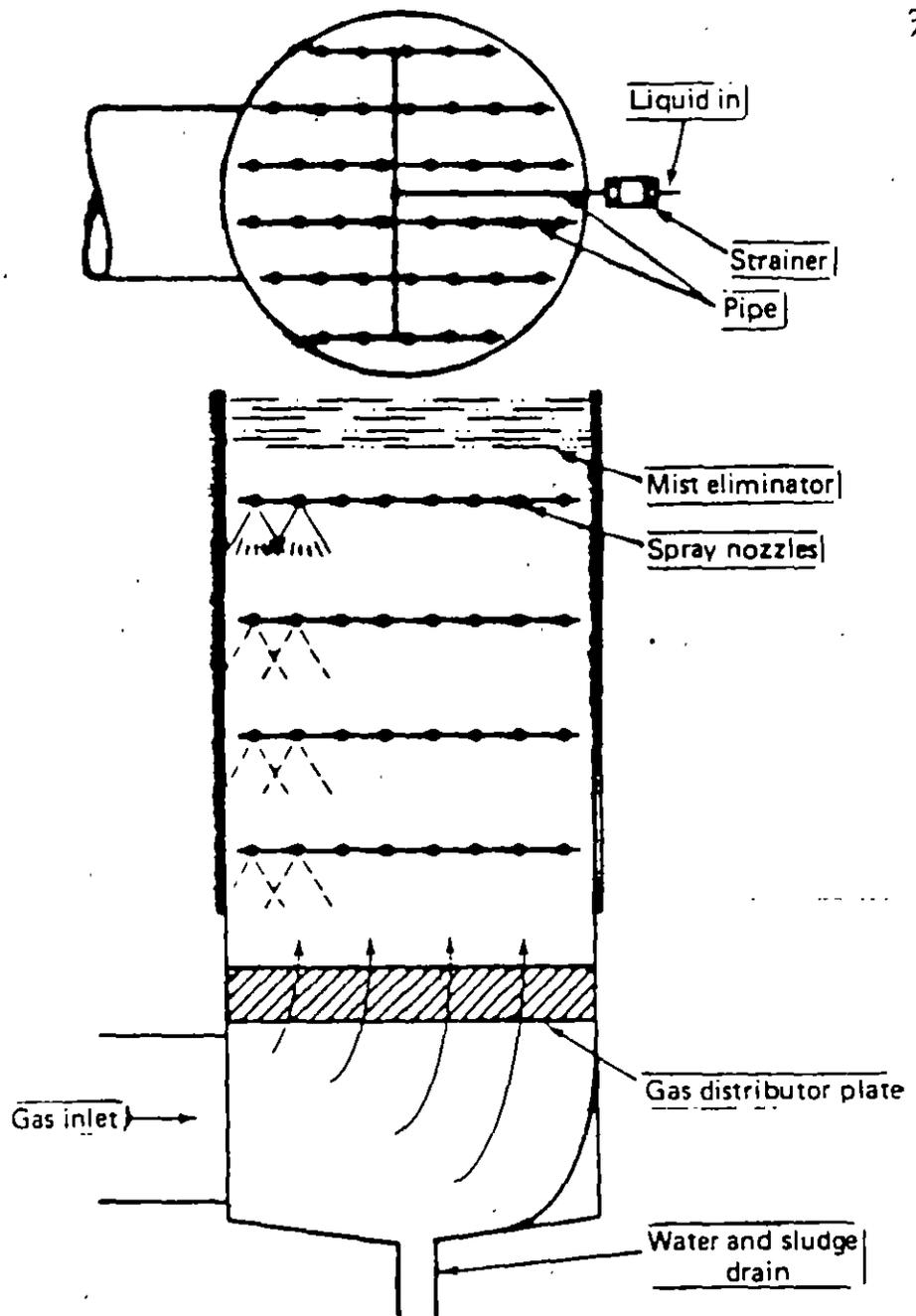
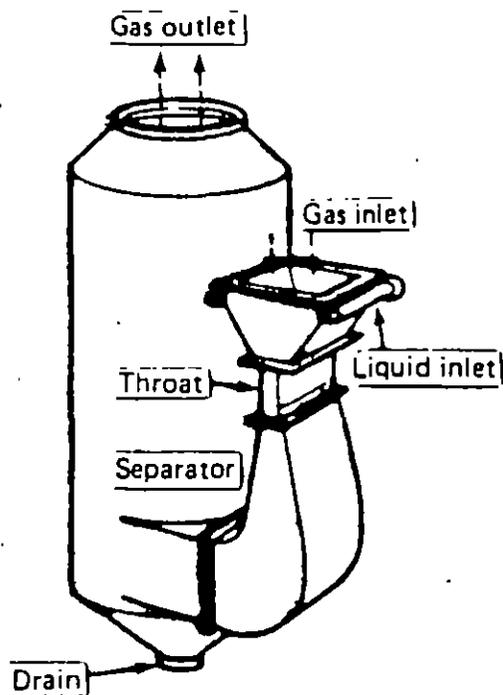
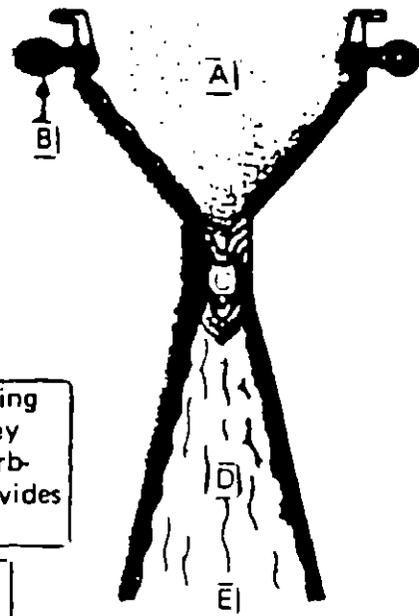


FIGURE 9.1 Gravity Spray Tower



A. The contaminated gas enters the venturi and is accelerated in the converging section.

B. The scrubbing liquid is introduced, uniformly, at the top of the converging section and cascades by gravity and velocity pressures toward the throat. (This feature keeps the walls of the converging section wetted and continuously flushed, thereby eliminating material buildup.)



C. The contaminated gas and the scrubbing liquid enter the venturi throat, where they are mixed at high energy and extreme turbulence. (This throat, with its length, provides an extended period of thorough mixing.)

D. The scrubbed gas and entrained droplets (with contaminants entrapped) enter the diverging section, where further collisions and agglomeration take place, creating larger drops.

E. The gases then proceed to the separator, where liquid drops are easily removed from the gas stream and collected.

FIGURE 9.4 Venturi Scrubber with Cyclone Separator

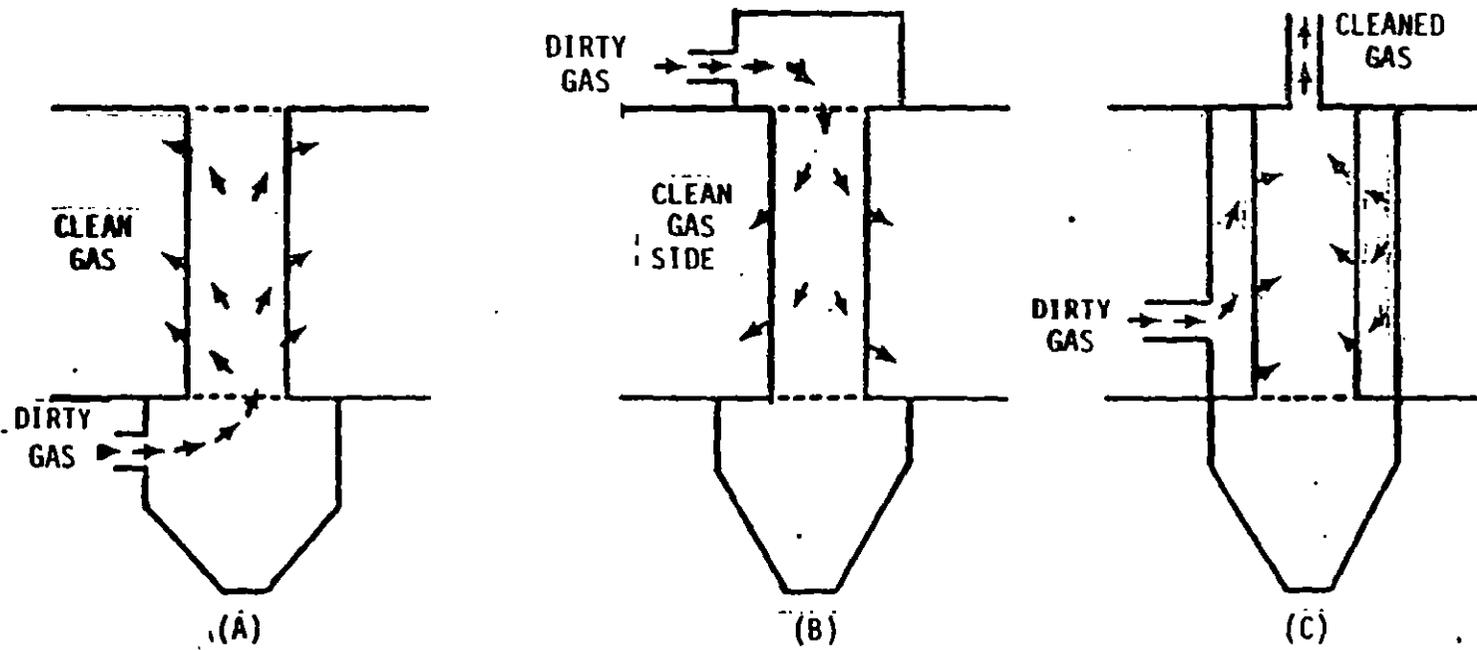


FIGURE 10.1 Types of filtering systems: (A) bottom feed; (B) top feed; (C) exterior filtration

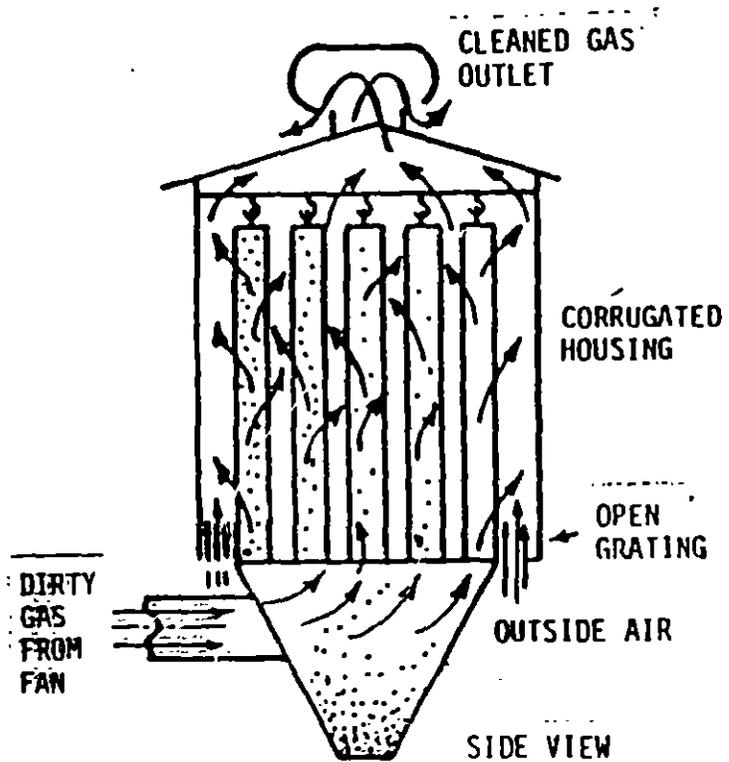


FIGURE 10.2 Open pressure baghouse

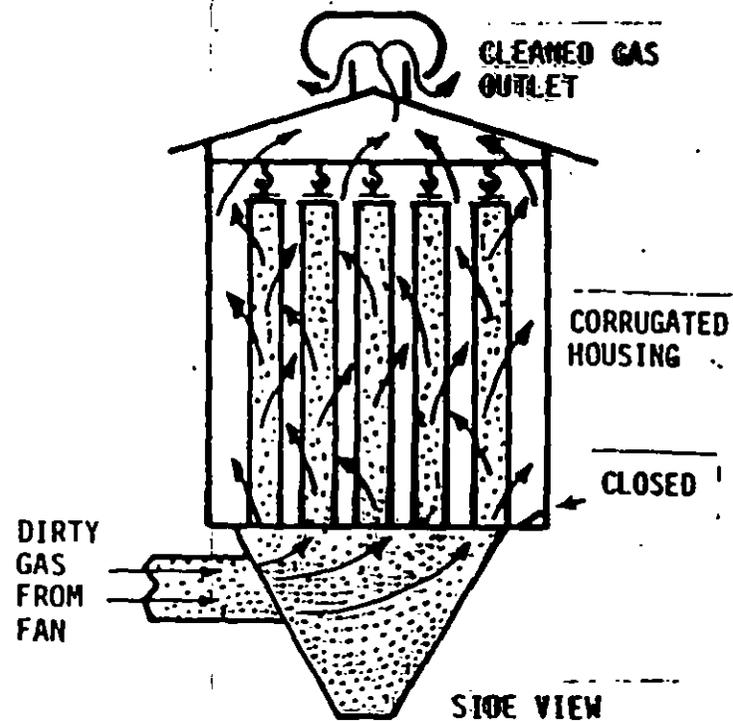


FIGURE 10.3 Closed pressure baghouse

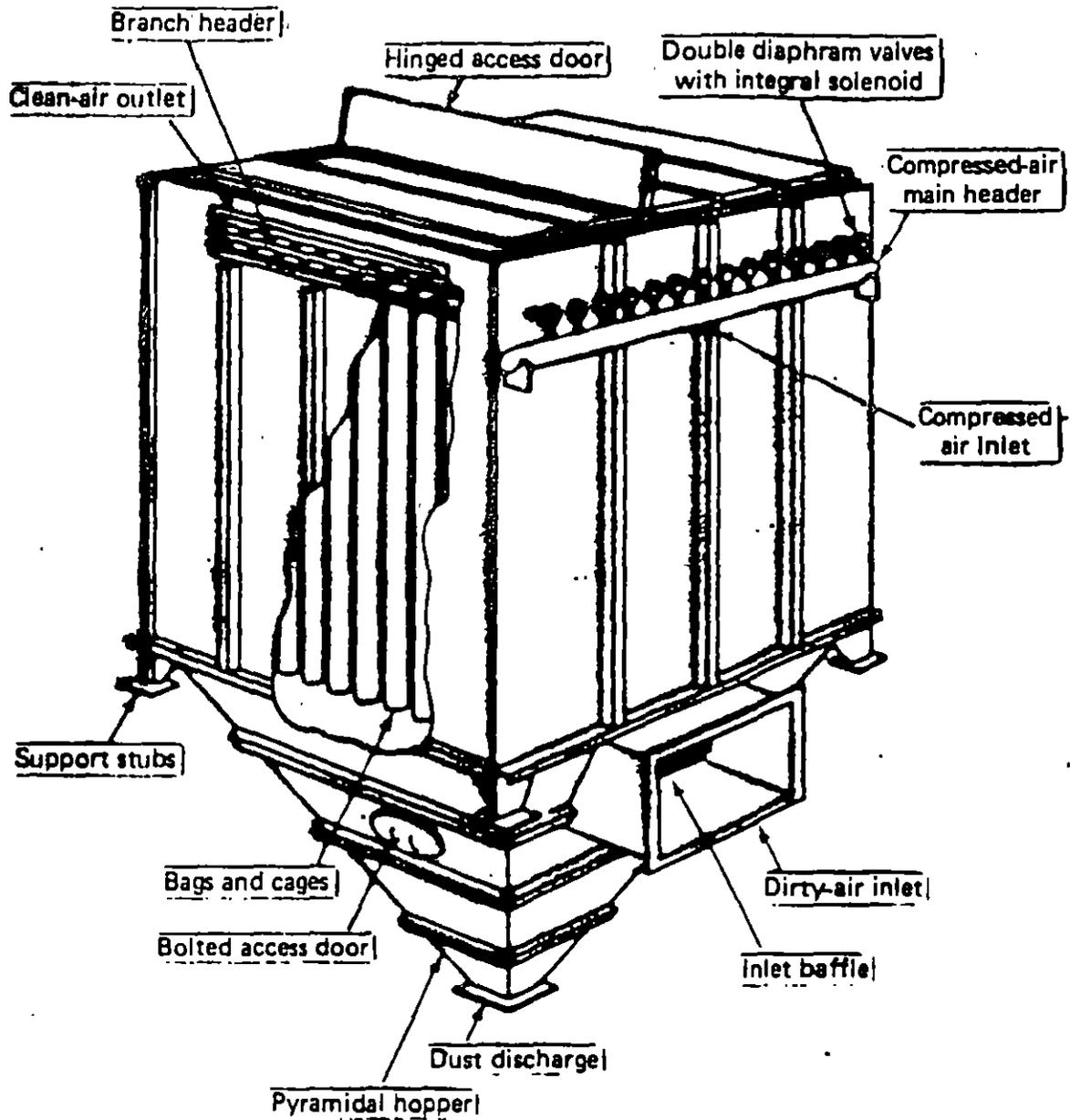


FIGURE 10.6 Continuous operating compartmentalized baghouse collector

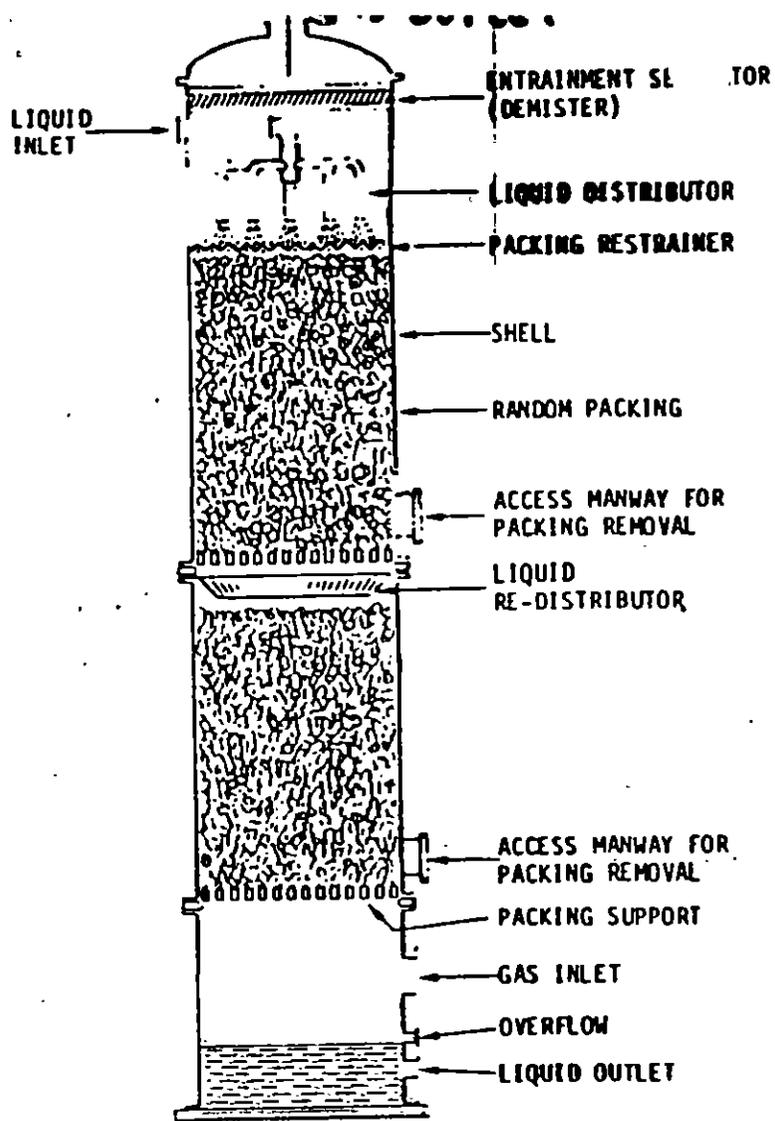


FIGURE 11.1 Typical counter-current packed column.

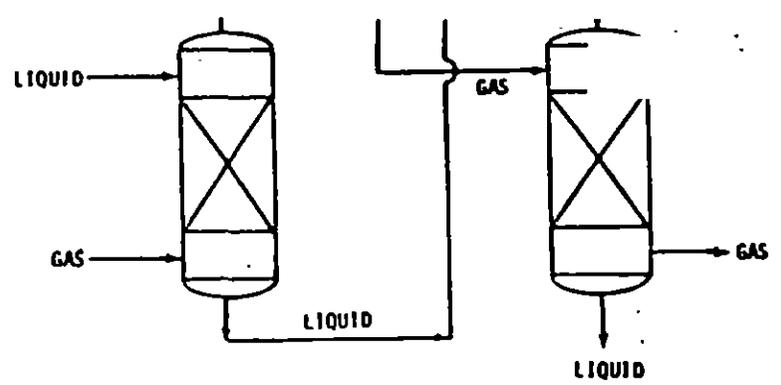


FIGURE 11.2 Counter-current-cocurrent arrangement for very tall columns.

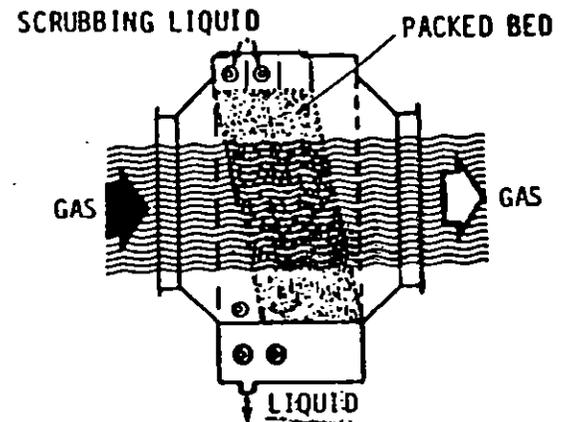


FIGURE 11.3 Cross flow operation in a packed column.

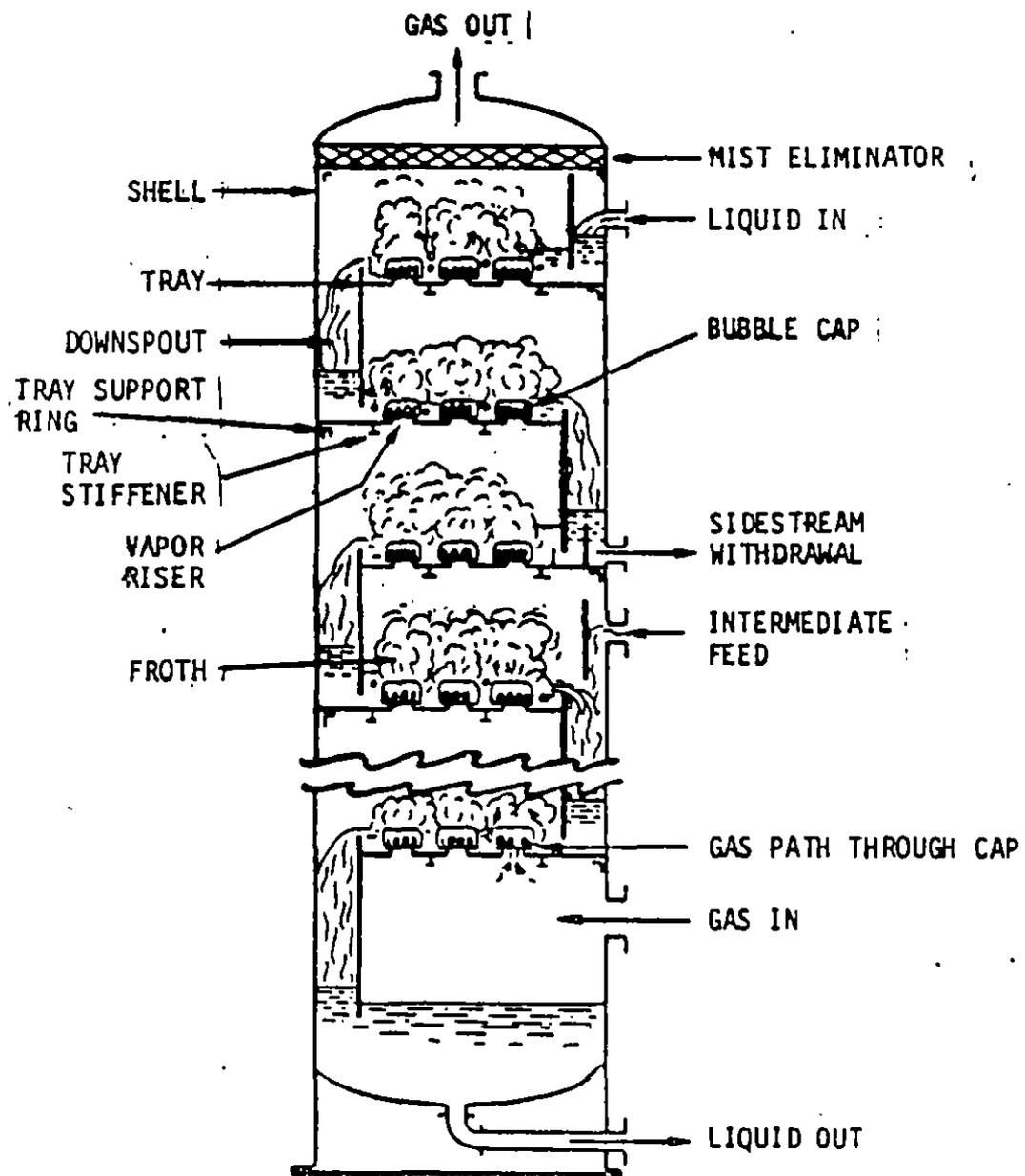


FIGURE 11.6 Typical bubble-cap plate column.

MUESTREO DE LAS EMISIONES
A LA ATMOSFERA DE
INCINERADORES

Figure 18.1 EPA METHOD 5 PARTICULATE-SAMPLING TRAIN

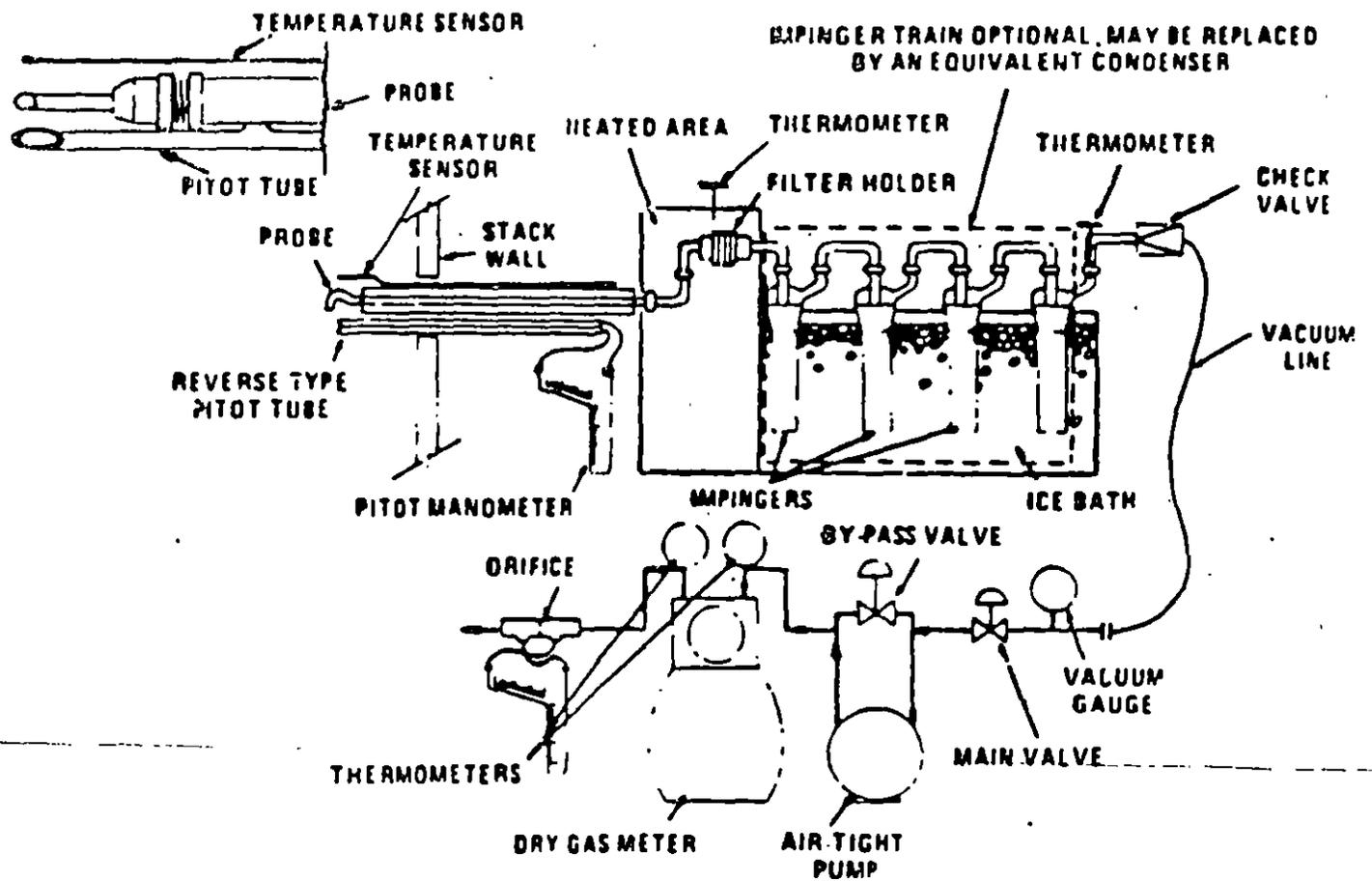
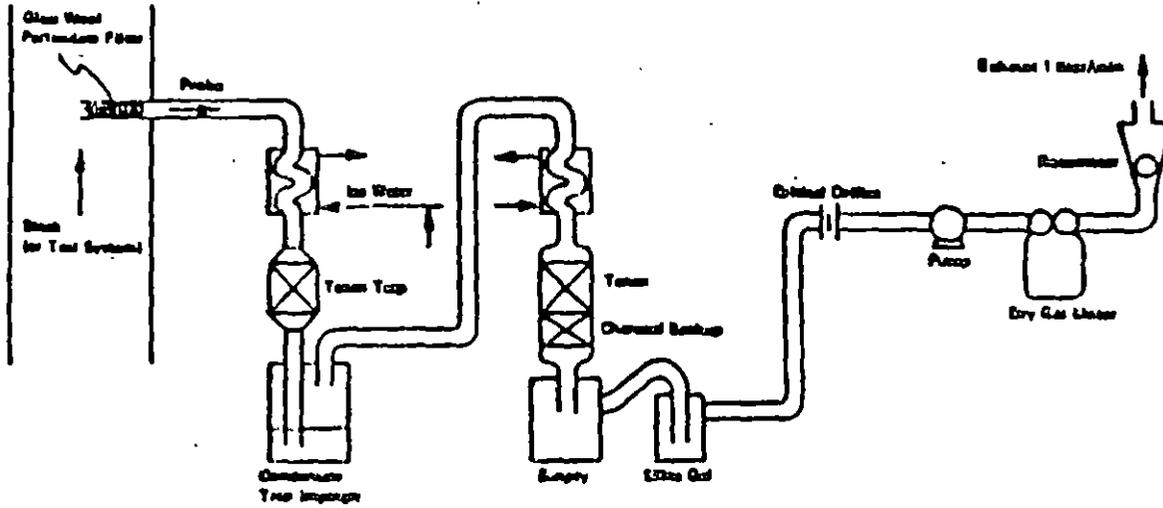


FIGURE 18.4 - VOLATILE ORGANIC SAMPLING TRAIN (VOST)



NOTE:
 Each train should be changed out every
 28 minutes over 7 hour period



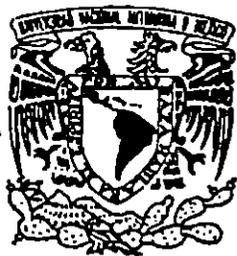
**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**MOD. III PROCESO DE TRATAMIENTO PARA EL CONTROL
DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES Y
PELIGROSOS.**

TEMA: MINIMIZACION DE RESIDUOS

ING. EFRAIN ROSALES.



DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM
Departamento de Recursos Energéticos y Minerales

Tema 9:

Minimización de Residuos

Instructor:
Ing. Efraín Rosales

PROTECCION AMBIENTAL EN INSTALACIONES PETROLERAS
Sede Poza Rica, VERACRUZ
5 y 6 de junio de 1995

PROBLEMATICA:

GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS

1. Reducir Generación

Recircular

Reutilizar

Reciclar

Recuperar

2. Tratar

Reducir el impacto sobre ambiente y salud humana.

- * Características peligrosas
- * Volumen de los residuos
- * Movilidad de residuos

INCINERACION

Dstrucción de residuos mediante oxidación térmica.

Conversión de residuos en sólidos inertes y gases de combustión.

¿PORQUE INCINERACION?

Características peligrosas, volumen de los residuos, movilidad de residuos.

Generación de energía

DESVENTAJA

- Emisiones de gases y partículas
- Alto costo

RESIDUOS ESPECIFICOS

Biológicos

No biodegradables

Inflamables

Residuos con potencial de reducción de volumen

Residuos con riesgo de confinamiento y transporte

Residuos con materiales pesados

CRITERIOS PARA LA INCINERACION

Temperatura

Tiempo de residencia

Turbulencia

Oxigenación

$T > 900^{\circ}\text{C}$ $T > 1000^{\circ}\text{C}$ (PCB)

$t \geq 2 \text{ s}$

Exceso de oxígeno (> 3% > 11%)

Asegurar Contacto óptimo O_2 con residuos

- Exceso de oxígeno
- Turbulencia

1. Instalaciones existentes
2. Incineradores de cámara múltiple
3. Hornos rotatorios
4. Lecho fluidizado

1. Instalación existente

Hornos de calcinación

$T > 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$

Hornos muy largos (>80 m)

$t \gg 2\text{ s}$ (20 s)

Ahorro energético

Extra: Ambiente alcalino (HCl)

No acepta material muy grande

Mayor mantenimiento

Material afecta calidad producto

Reducción productividad

3. Hornos Rotatorios

Largo tiempo de residencia

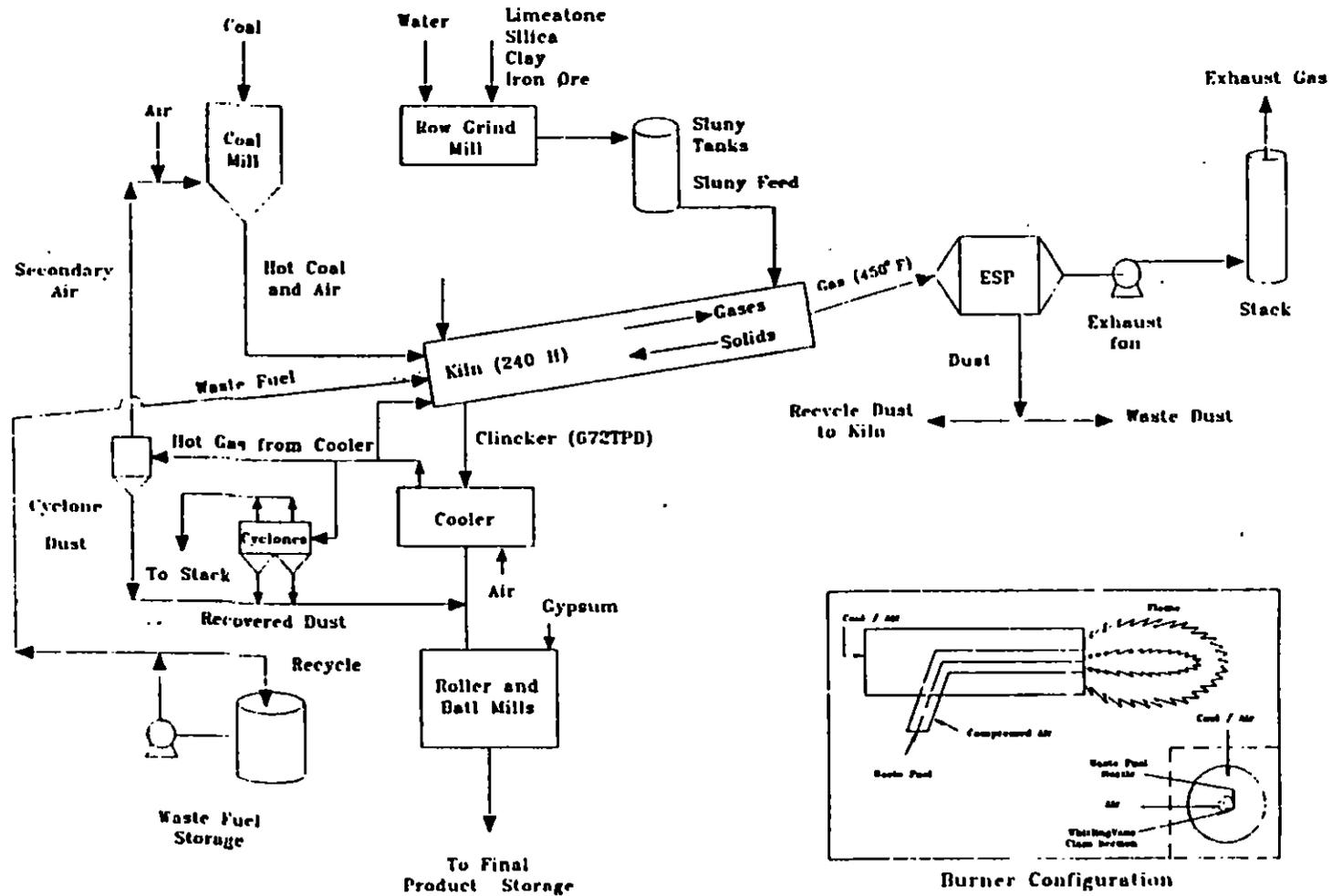
Remover sólidos automáticamente

Descarga automática de ceniza

Temperaturas muy altas (> 1200 °C)

FIGURE 7.4-1

Wet Process Cement Kiln Modified to Burn Waste Fuel



Captación metales en sales fundidas

Escorias inertiza metales

Acepta todo tipo de residuos

Alto costo mantenimiento

FACILITY TYPE	O ₂ %	C (I) (ppm)	THC (b) (ppm)	DRE (a) (Number of Nines)	PARTICULATE (mg m ³)	HCl Control
(1) Commercial Rotary Kiln/Liquid Incinerator	10.3	<1.0- 14.8	<1.0	99.9993	1.508	99.4%
(2) Commercial Fixed Hearth, Incinerator	11.4	4.7 9.1	1.0	99.994	400	98.3%
(3) On-site Liquid Incinerator	8.3	9.9- 11.2	3.9- 8.9	99.994	61	99.7%
(4) Commercial Fixed Hearth, Incinerator	11.0	7.5- 22.2	<1.0- 1.9	99.997	200	<1.8 kg/hr.
(5) On-site Liquid Injection	12.1	6.7- 19.3	<1.0	99.99997	207	<1.8 kg/hr
(6) Commercial Incinerator	9.9	<1.0- 1.8	<1.0	99.998	900	<1.8 kg/hr
(7) On-site Rotary Kiln	9.7	42.2- 666	47.6- 75.9	99.9993	23	99.9%
(8) Commercial Fixed Hearth Incinerator	13.6	0.9- 4.3	0.8- 2.5	99.996	169	98.3%

(a) Mass weighed averages for all POHC > 100 ppm in waste 4.5 nines = 99.995% DRE

(b) THC - Total hidrocarbano

Source: Oppelt, E.T. 1986. Thermal destruction of hazardous waste.

Presented at US:Spain Joint Seminar on Hazardous Waste, Madrid.

CONTROLAR EMISIONES

$$\text{DRE} = \frac{\text{Rin} - \text{Rout}}{\text{Rin}} \cdot 100$$

DRE = Destruction and Removal Efficiency

ALIMENTACION DE RESIDUOS

Estado Fisico

Composición

Valor calorífico

Generación de cenizas

Alimentación regular

Lote/continuo

TIPO DE COMBUSTIBLE

Combustoleo

Gas natural

CONTROL TEMPERATURA

Valor calorifico constante

Alimentación regular

Excede de aire

Controles automáticos

TURBULENCIA Y CONTACTO

Atomización

Cantidades pequeñas

Pretratamiento

Localización quemadores e inyectores

LIMITACIONES

Tamaño Cámara

Capacidad (Oxigenación) INTERRELACIONADOS

Temperatura

Tiempo Residencia

OXIGENACION FORMACION NO_x

OXIGENACION COSTO ENERGETICO

OXIGENO TIEMPO RESIDENCIA

TEMPERATURA TIEMPO RESIDENCIA

TEMPERATURA VIDA UTIL REFRACTARIO

TEMPERATURA COSTO ENERGETICO

TEMPERATURA VOLATILIZACION METALES

TURBULENCIA PARTICULAS

CENIZAS PARTICULAS

CENIZA SACAR DEL INCINERADOR

CAPACIDAD CUMPLIMIENTO NORMAS

CAPACIDAD TEMPERATURA

Mantenimiento y fallas

Inyección quemadores

Inyección líquidos

Partes móviles

Materiales corrosivos

Refractario

2. INCINERADORES DE CAMARA MULTIPLE

Camara principal

Alimentación residuos

Temperatura 850 °C

Inyección aire

Aumentar turbulencia por construcción

Muy versátil

Mantenimiento relativamente bajo

4. LECHO FLUIDIZADO

Diseño sencillo

Versátil (tipo residuos, alimentación)

Combustión eficiente

Temperaturas bajas

Residuos regulares

OPERACION

Recepción

Identificación

- Cantidad
- Composición
- Valor calorífico
- Viscosidad
- Empaque o envasado

Incineración

Flujo inyección

Mezclado líquidos

Tiempo de alimentación sólidos

Temperatura

Cenizas

Controles

Monitoreo

Análisis cenizas

Mantenimiento

Destrucción Térmica Nuevas Tecnologías.

- Pared Fluidizada a Alta Temperatura .
- Destrucción con Sales Fundidas
- Oxidación con Aire Húmedo
- Arco de Plasma
- Incineración/Pirólisis
- Reactor Eléctrico avanzado tipo Huber
- Incineración a través de Vidrio
- Agua Supercrítica

CWMM

Destrucción Térmica Indicadores Alternos de la Eficiencia

- Tetracloruro de Carbono
- Cloruro de Metileno
- Tricloroetileno
- Percloroetileno
- Clorobenceno
- Hexaclorobenceno
- Piridina
- Acetonitrilo
- Tolueno

CWMM

Destrucción Térmica

Control de Productos de Combustión Incompleta

- Optimización de Proceso
- Minimización de áreas "frías"
- Postquemado
- Uso de oxígeno enriquecido
- Oxidación catalítica
- Lavado (Scrubbing) de compuestos orgánicos
- Sorción en lechós de Carbón Activado

CWMM

Destrucción Térmica

Limitaciones prácticas de los Residuos

- El residuo no puede introducirse físicamente al incinerador
- Los constituyentes presentes en el residuo pudieran deteriorar rápidamente el incinerador
- No existe un sitio para la disposición de cenizas
- No existe combustible auxiliar
- La tecnología empleada no permite el cumplimiento de los Reglamentos
- Los niveles de "riesgo aceptable" establecidos por las autoridades son demasiado estrictos

CWMM

Destrucción Térmica Alimentación típica al incinerador

- Aceite para transformadores, conteniendo bifenilos policlorados
- Materiales de lavado de transformadores como son: Diesel, aceite combustible, keroseno y heptanona
- Material de embarque triturado: tambores y latas
- Otros residuos industriales como:
Solventes, tintas, fondos de destilación y resinas

CWMM

Destrucción Térmica Sistema Típico

- Horno Rotatorio
- Cámara Secundaria o Postquemador
- Equipo para Control de Emisiones
- Sistemas Auxiliares

CWMM

Tabla 1. Requerimientos Normativos de EPA

	RCRA	TSCA	Incineración Oceánica
Eficiencia de Destrucción y Remoción (DRE) para los Principales Constituyentes Orgánicos	99.99%	99.9999%	99.99% (99.9999% para PCB)
Temperatura	En el Protocolo de Prueba	mínima 1200°C (PCB liq.)	mínima 1100°C en la Pared
Tiempo de Residencia	En el Protocolo de Prueba	@ 1200°C min. 2 seg @ 1600°C min. 1.5 seg	min. 1 seg.
Eficiencia de Combustión	Ninguna	99.9%	99.9%
Oxígeno en la Chimenea	En el Protocolo de Prueba	3.0% min para PCB 2.0% a 1600°C	min. 3%
Control de HCl	4 lbs/h max. o 99% de Control	De acuerdo a la Autoridad Regional	Ninguna
Partículas	180 mg/dscm	De acuerdo a la Autoridad Regional	Ninguna

Dstrucción Térmica Normatividad

- RCRA - Acta de Recuperación y Conservación de Recursos
- TSCA - Acta para el Control de Substancias Tóxicas
- Reglamento de la Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental, en materia de Residuos Peligrosos
- Normatividad Alemana

CWMM

Chemical Waste Management de México

Incineración de Residuos Peligrosos IRP

Dstrucción Térmica

CWMM

INCINERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS (IRP)

INTRODUCCION

PANORAMA GENERAL

- a) Normatividad.
- b) Características de las Instalaciones para Destrucción Térmica de Residuos Peligrosos.

PROCESOS DE INCINERACION

- a) Evaluación de la eficiencia de los IRP.
- b) Emisiones y Control de Subproductos.
- c) Emisiones de Partículas y HCl.
- d) Limitaciones prácticas de los residuos para una incineración eficiente.
- e) Caracterización de los residuos de IRP.
- f) Métodos de muestreo.
- g) Guía práctica para el Protocolo de Pruebas del IRP.
- h) Capacidad de Incineradores y Hornos de Cemento para tratamiento de residuos peligrosos.
- i) Como correlacionar la concentración de Monóxido de Carbono y la eficiencia de eliminación y destrucción.
- j) Compuestos alternos como indicadores de la eficiencia del IRP.

NUEVOS PROCESOS TERMICOS

- a) Procesos Térmicos Innovadores para la destrucción de residuos peligrosos.
- b) Destrucción de residuos utilizando la tecnología del Arco de Plasma
- c) Evaluación de la Incineración In-situ para limpieza de materiales contaminados por Dioxinas.
- d) Investigación a escala piloto/laboratorio.

INCINERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS (IRP)

INTRODUCCION

La incineración ha sido empleada como mecanismo de tratamiento final para residuos peligrosos, en diversos países desarrollados, desde hace una o dos décadas.

Cantidades considerables de residuos peligrosos han sido destruidos térmicamente tanto en incineradores como en calentadores industriales o en otros equipos de procesamiento térmico que operan a altas temperaturas, como los hornos de cemento.

Los sistemas de destrucción térmica, diseñados y operados apropiadamente, ofrecen la perspectiva para destruir los compuestos orgánicos peligrosos de las corrientes de residuos durante la reducción de volumen del residuo y en algunos casos, recuperar energía y algunos materiales como el ácido sulfúrico y el clorhídrico. Debido a esto, los sistemas de destrucción térmica se han convertido, desde la década pasada, en una alternativa cada día más empleada comparada con los métodos tradicionales para disposición de residuos peligrosos como confinamientos e inyección en pozos profundos.

Sin embargo un diseño, operación y uso inadecuados pueden significar un riesgo a la salud de la población ocasionado por las emisiones de compuestos potencialmente peligrosos, presentes en los residuos o en los subproductos de la combustión.

El objetivo de esta presentación es delinear la situación actual de la destrucción térmica en los Estados Unidos, incluyendo instalaciones cuyos residuos sean típicamente manejados y posean datos de eficiencias. Algunos aspectos de la destrucción térmica que aún son controversiales serán discutidos, incluyendo los métodos de clasificación de la "incinerabilidad", los subproductos de una combustión incompleta así como la capacidad de incineración actual y futura.

tecnologías para el control de contaminantes; si pretenden mantenerse en e. negocio.

En Alemania, la norma de emisión de partículas en incineradores se redujo de 50 mg/in³ a 5 mg/in³ (Agosto de 1989). Al mismo tiempo se estableció el límite de emisión de dioxinas es 0.1 nanogramos/m³. Esto se debe a estudios que han comprobado que las dioxinas tienen efectos una alta toxicidad, son carcinogénicas y teratogénicas.

En México el Reglamento de la Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de residuos peligrosos, establece que la Incineración es el único método aceptado para efectuar el tratamiento para la destrucción de residuos que contengan cualquier concentración de bifenilos policlorados.

b) Características de las Instalaciones para Destrucción Térmica de Residuos Peligrosos.

La destrucción térmica de residuos peligrosos, involucra la exposición controlada de estos a altas temperaturas (900°C o mayores), y típicamente, un ambiente oxidante. Los procesos de destrucción térmica: Oxidación térmica, sistemas de incineración pirolítica; equipos de procesos industriales que operen a alta temperatura, tales como calderas, hornos de cemento y hornos industriales, donde se empleen residuos peligrosos como combustible; y algunos procesos en pleno desarrollo que emplean altas temperaturas, como los de sales fundidas, plasma, u hornos eléctricos.

Los datos más recientes para la práctica de la destrucción térmica de residuos peligrosos, proviene de encuestas, de actividades industriales, desarrolladas por la EPA en 1981. Según estimaciones de la misma Agencia, aproximadamente el 9% de los residuos generados (predominantemente materiales no peligrosos) en ese año, pudieron ser manejados directamente por medio de destrucción térmica.

La incineración de residuos peligrosos está más documentada que la disposición de residuos en calderas industriales y hornos. Los incineradores han sido objeto de investigaciones por parte de EPA durante casi una docena de años. La reglamentación, notificación y requerimientos para el licenciamiento han producido enormes bases de datos acerca de los incineradores. La práctica de eliminar residuos empleándolos como combustibles alternos en calderas industriales y otros hornos industriales de proceso fue reglamentada hasta fines de 1986.

El diseño usado con más frecuencia es el tipo de inyección de líquido. Estas unidades, que generalmente son utilizadas en el sitio de generación del residuo, son aplicables casi exclusivamente para tratar residuos líquidos bombeables. Generalmente son simples cilindros recubiertos con material refractario (orientados horizontal o verticalmente) equipados con uno o más quemadores de

residuos. Los residuos líquidos son inyectados a través del(os) quemador(es), se pulverizan y como finas gotas se queman en suspensión. Se tienen quemadores de combustible auxiliar y al igual que las boquillas de inyección de residuos, pueden orientarse para generar fuego axial, radial o tangencial.

Los incineradores de hogar fijo, que incluyen tanto a los operados con aire en exceso como los que operan con aire limitado o incineradores pirolíticos, son la segunda tecnología más empleada para la incineración de residuos peligrosos. El tipo de aire limitado, comercializado a principios de los 60's, ha tenido un incremento rápido en su uso, particularmente en la disposición de residuos sólidos en el sitio.

Estos incineradores, son básicamente equipos de combustión de dos etapas, donde residuos sólidos o líquidos son alimentados en la cámara primaria operando con un rango del 50 al 80% del aire estequiométrico requerido. Los productos de la combustión son vaporizados y parcialmente destruidos, se conducen hasta un postquemador donde se adiciona aire en exceso para completar la destrucción, usualmente a mayor temperatura que la existente en la cámara primaria.

Los hornos rotatorios para incineración, son los hornos más versátiles, y los terceros más usados en los Estados Unidos. Estos son aplicables en la destrucción de residuos sólidos, lechadas (precipitados), residuos en contenedores y también líquidos. Debido a esto, estas unidades son las incorporadas con más frecuencia a las instalaciones comerciales para incineración fuera del sitio. Los residuos son volatilizados y parcialmente destruidos en el horno rotatorio, consistente en una carcasa cilíndrica recubierta internamente con material refractario y con una ligera pendiente. Los gases de combustión pasan posteriormente a un postquemador de alta temperatura, para completar el proceso de destrucción.

El sistema típico, para el control de la contaminación atmosférica incluye el enfriamiento de los gases, lavador venturi (para control de partículas), adsorbedor de gases ácidos (tipo lecho empacado o tipo torre de platos) y un eliminador de neblinas. Resulta interesante acotar que más de la mitad de los incineradores en 1981 no empleaban equipos de control. Es evidente que esas instalaciones manejaban corrientes residuales con bajo contenido de ceniza y bajo contenido de halógenos para las cuales las mencionadas medidas de control no resultaban necesarias.

Es difícil obtener la información precisa del tipo exacto de residuos enviados a instalaciones de destrucción térmica. Muchas instalaciones operan en forma intermitente y manejan mezclas de residuos que son difíciles de describir en términos de las normas de EPA. Un estudio de EPA desarrollado en 1983 examinó los datos de 413 corrientes residuales destinadas a 204 de las 240 instalaciones de los Estados Unidos. Las principales corrientes residuales incineradas fueron solventes no halogenados agotados (usados)(código de residuo

de EPA No. F003) y residuos corrosivos y reactivos contaminados con orgánicos (códigos de residuo de EPA No. D002 y D003). En conjunto estos sistemas incineraban el 44% de los residuos. Otros residuos de consideración incluyen ácido cianhídrico (P063), fondos de acrilonitrilo (K011) y agua contaminada (D001).

Los materiales residuales peligrosos también son quemados como combustibles, en un amplio rango de aplicaciones industriales. En 1981 estas instalaciones quemaron más del doble de la cantidad destruida en los incineradores. Los procesos que han quemado materiales peligrosos como combustibles, incluyen: calderas industriales, hornos de cemento, hornos de hierro, agregados ligeros y plantas de asfalto. Los principales atractivos incluyen: ahorro en la transportación de residuos y combustibles, ahorro en los costos de disposición de residuos, los cuales se detectaron desde el momento en que los residuos peligrosos se empezaron a vender como combustibles alternativos.

La fuente de información más reciente, en lo referente al uso de combustible residual en procesos industriales, fue compilada por EPA en 1984. El estudio resume los resultados de un cuestionario nacional de uso de combustible y petróleo residual desarrollado en 1983. El estudio reveló que más de 1300 instalaciones que utilizan combustibles derivados de residuos peligrosos, totalizando 230 millones de galones por año. La industria química (Clasificación Industrial Standard 28) que aporta el 67% del total de los residuos opera con solo el 12.4% de las instalaciones que utilizan combustibles alternos. Otras industrias que emplean cantidades significativas de materiales peligrosos como combustible, incluyen: papel, petróleo, minerales no metálicos, metales primarios. El 69% de residuos son quemados en tan solo 1.6% del total de las 1300 instalaciones. Se incluyen calderas industriales de tamaño medio-grande, hornos de cemento y de agregados y hornos de hierro.

PROCESOS DE INCINERACION

a) Evaluación de la eficiencia de los IRP.

La evaluación de los incineradores (aparentemente bien diseñados) se ha efectuado de acuerdo con los mejores métodos disponibles en EPA. Los niveles de eficiencia de destrucción y eliminación, medida para los principales constituyentes orgánicos POHC's, generalmente cumplen o exceden los requerimientos legislativos. Las excepciones generalmente involucran cantidades muy pequeñas de POHC's (menores a 1000 ppm) o ante la presencia de condiciones (accidentales o deliberadas) fuera de diseño: temperatura y/o suministro de aire de combustión menores a los de operación.

Otros parámetros significativos de operación, como la remoción de HCl, eficiencia de combustión, temperaturas, exceso de oxígeno, tiempo de residencia, etc., los cuales normalmente se encuentran dentro de los límites establecidos.

Los valores obtenidos normalmente en la eficiencia de destrucción y eliminación (DRE), provienen más bien de la destrucción que de la remoción. En general los equipos de control de contaminantes son lavadores, de los que las emisiones estudiadas no mostraron huellas de POHC's residuales. Se observaron raras excepciones (una o dos) en donde las cenizas contuvieran POHC's residuales medibles.

La generación de partículas y su control, fueron los problemas más comunes en cuanto a desviación respecto a los requerimientos legales. Normalmente, los incineradores que queman residuos que no generan partículas y cuentan con equipos de control de alta tecnología, cumplen con las normas. Sin embargo los incineradores que utilizan dispositivos de control menos sofisticados, fallaron en cumplir con las normas. Los sistemas de alta tecnología que tuvieron éxito, fueron los lavadores con altas caídas de presión o los sistemas de lavado húmedo electrificado.

Los reglamentos de EPA, dependiendo de la clase de residuo y/o los programas de disposición fueron desarrollados en diferentes períodos de la etapa evolutiva de la incineración. La tabla 1 resume los requerimientos obligatorios.

Requerimientos Normativos de EPA

	RCRA	TSCA	Incineración Oceánica
Eficiencia de Destrucción y Remoción (DRE) para los Principales Constituyentes Orgánicos	99.99%	99.9999%	99.99% (99.9999% para PCB)
Temperatura	En el Protocolo de Prueba	mínima 1200°C (PCB liq.)	mínima 1100°C en la Pared
Tiempo de Residencia	En el Protocolo de Prueba	@ 1200°C min. 2 seg @ 1600°C min. 1.5 seg	min. 1 seg.
Eficiencia de Combustión	Ninguna	99.9%	99.9%
Oxígeno en la Chimenea	En el Protocolo de Prueba	3.0% min para PCB 2.0% a 1600°C	min. 3%
Control de HCl	4 lbs/h max. o 99% de Control	De acuerdo a la Autoridad Regional	Ninguna
Partículas	180 mg/dscn.	De acuerdo a la Autoridad Regional	Ninguna

b) Emisiones y Control de Subproductos.

Los productos de la combustión incompleta (PIC), que se presentan como emisiones volátiles, en los sistemas de incineración, no deberán exceder el 0.01% del total de principales compuestos orgánicos peligrosos (POHC), según lo establece EPA. Aunque la tendencia actual es disminuir las emisiones de los productos de una combustión incompleta e incrementar la eficiencia de destrucción y eliminación de los POHC. Las emisiones de los productos de la combustión incompleta no están sujetas a reglamentos especiales, existe preocupación ya que estos compuestos podrían ser POHC, si es que estuvieron presentes en la alimentación al dispositivo de combustión.

El objetivo de la incineración es convertir compuestos orgánicos en dióxido de carbono (CO_2) y agua. En la práctica, la combustión nunca es "completa", es decir que en la reacción de combustión se generan subproductos. Los principales subproductos presentes son productos de la combustión parcial, tal es el caso del monóxido de carbono (CO). De hecho el concepto más aceptado, como indicador de la eficiencia de la combustión es la relación de CO_2 a $\text{CO}_2 + \text{CO}$ en los gases de desfogue.

De acuerdo con los reglamentos de EPA conforme a la RCRA, un incinerador debe alcanzar una eficiencia de destrucción y remoción del 99.99% de cada uno de los principales compuestos orgánicos peligrosos (POHC) contenidos en los materiales alimentados al incinerador.

Los mecanismos de formación de los PIC son complejos, se estima que esta formación puede ocurrir por alguno de los siguientes mecanismos:

- 1.- Rompimiento de los POHC individuales en PIC. Como en el caso de el hexaclorobenceno.
- 2.- Recombinación compleja o reacciones de sustitución. Los PIC producidos a través de este mecanismo, son por lo general compuestos de peso molecular elevado.
- 3.- Combustión universal de subproductos. Todos los combustibles fósiles pueden producir hidrocarburos como subproductos, los más comunes son los aromáticos, como el benceno, sin embargo también pueden estar presentes compuestos clorados.

La formación de los PIC es el resultado de una "falla" en el proceso de combustión.

Para el control de los PIC se han propuesto varias técnicas, entre las que destacan:

- * Optimización del proceso de combustión para minimizar la formación de PIC
- * Minimización del número de áreas "frías" de transferencia de calor, por las que se mueven los gases en la sección de destrucción de los PIC
- * Postquemado
- * Utilización de oxígeno enriquecido
- * Oxidación catalítica
- * Lavado (Scrubbing) de compuestos orgánicos
- * Sorción de PIC hacia lechos de carbón activado

Los primeros cinco son métodos de alta temperatura y los últimos dos son procesos de baja temperatura.

c) Emisiones de Partículas y HCl.

EPA establece los límites de emisiones, para incineradores de residuos peligrosos en 180 mg/Nm^3 (0.08 granos/dscf) corregido al 7% de oxígeno para partículas y no menos del 99% de eficiencia de remoción para cloruros, si las emisiones de cloruros exceden 1.8 Kg/h (4 lb/h). Como resultado, la mayoría de los incineradores, que manejan compuestos clorados, poseen equipos de remoción de partículas y HCl. Generalmente esto involucra un equipo lavador (scrubber venturi, torres empacadas, lavadores electrificados, etc.), que por lo general emplean soluciones alcalinas (cáustica o cal) para neutralizar el HCl absorbido.

d) Limitaciones prácticas de los residuos para una incineración eficiente.

En las operaciones de destrucción térmica resulta indispensable, el determinar que residuos pueden ser incinerados y cuales pueden ser sujetos de restricciones en lo referente a su confinamiento.

La tecnología actual de incineración es evaluada y las características de los residuos que definen su incinerabilidad son identificados, con el objeto de optimizar la operación. Actualmente los administradores de incineradores comerciales están analizando los costos de la incineración con respecto a las características de los residuos, con el fin de identificar que residuos impactan directamente en sus costos.

Se han realizado pruebas a nivel piloto, utilizando datos de los protocolos de pruebas, empleando diferentes dispositivos de control, con el objeto de predecir el comportamiento de varias especies metálicas, presentes en las emisiones, para determinar el riesgo potencial a la salud humana y al ambiente.

Aunque ningún incinerador es capaz de quemar todo tipo de residuos, generalmente existe uno que puede quemar el residuo que interesa, es por esto que la incineración resulta el método recomendado para la destrucción de los residuos, excepto en los siguientes casos:

- A. El residuo no puede introducirse físicamente al incinerador aún después de un pretratamiento
- B. Los constituyentes presentes en el residuo pudieran destruir o deteriorar rápidamente el incinerador
- C. No existe un sitio para disposición de las cenizas y otros residuos.
- D. No existe combustible auxiliar, para los casos en el que el poder calorífico del residuo es muy bajo
- E. La tecnología empleada no permite el cumplimiento de los nuevos Reglamentos, aún empleando nuevas tecnologías (NOx, SOx)
- D. Los niveles de "riesgo aceptable" establecidos por las autoridades (federales, estatales y municipales) son muy bajos para ser cumplidos por los sistemas de incineración

e) **Caracterización de los residuos de IRP.**

En la actualidad las tendencias para el tratamiento y disposición final de residuos, se orientan a evitar el confinamiento de algunos residuos, a menos que se demuestre que estos residuos pueden ser dispuestos en forma segura. La incineración ha probado ser un método efectivo para destruir muchos residuos peligrosos, sin embargo se ha considerado establecer un criterio de calidad residual, relacionada directamente con la eficiencia de incineración, al que deberá

someterse un residuo antes de que se autorice su disposición final. EPA ha caracterizado las emisiones de gas en chimenea, provenientes de incineradores sometidos a programas de evaluación. El objetivo de estas pruebas es analizar la capacidad de los incineradores para alcanzar la eficiencia de destrucción y eliminación del 99.99%. Durante el estudio, se desarrollaron análisis de fondos de ceniza, ceniza volátil y líquidos descargados del lavador de gases.

Un análisis típico involucra el muestreo de compuestos no gaseosos en las corrientes de entrada y salida del incinerador, durante un período de operación de 2 a 4 horas. Las muestras pueden ser colectadas y analizadas en concordancia con los métodos de evaluación para residuos sólidos desarrollando un protocolo análisis, para la muestras colectadas.

Durante diversos estudios, se han detectado distintos orgánicos volátiles y orgánicos semivolátiles, presentes en las muestras de cenizas residuales. La mayoría de los compuestos detectados tienen concentraciones inferiores a 10 ppm.

Al igual que los compuestos orgánicos a menudo se presentan metales, tanto pesados como ligeros, en los estudios realizados solo el 1.2% excedieron las concentraciones máximas.

D) Métodos de muestreo.

La incineración como medio de disposición de residuos peligrosos ha recibido una creciente atención durante los últimos años. Por esta razón es necesario caracterizar las emisiones por chimenea, al igual que los residuos, con el objeto de determinar que tan bien está operando la unidad. Los métodos empleados, por lo general, son aplicables a la incineración y a procesos muy relacionados con la incineración, como la quema de residuos en calderas industriales.

Los métodos de EPA que han recibido mayor atención son:

1. Tren modificado del método cinco
2. Sistema de muestreo para evaluación de fuentes
3. Tren para muestreo de orgánicos volátiles

Algunos de estos métodos son relativamente nuevos y todos requieren cuidado y atención extremas, de esta forma es posible obtener excelentes resultados.

g) Guía práctica para el Protocolo de Prueba del IRP.

Debido a que la operación de un incinerador debe garantizar la destrucción de compuestos orgánicos peligrosos, se deben mantener los niveles permisibles en cuanto a las emisiones de partículas y cloruros, los propietarios y los administradores de los incineradores deben demostrar la eficiencia de sus instalaciones por medio del denominado Protocolo de Prueba de Quemado. En consecuencia la industria y la autoridad competente, habrán de estar involucrados en la planeación, conducción e interpretación de los resultados de estas pruebas.

El tener una Guía Práctica para asistir, tanto a los responsables de un incinerador como a las autoridades, resulta de gran ayuda. Esta guía esta dirigida a los aspectos más importantes del protocolo y además las cuestiones más problemáticas que la experiencia ha mostrado.

La guía es un formato pregunta/respuesta cuyas principales preguntas se muestran a continuación.

Planeación del Protocolo de Prueba de Quemado

- * ¿ Qué equipo o instrumentación requiere tener el incinerador ?
- * ¿ Como se seleccionarán las condiciones de operación durante el protocolo ?
- * ¿ Qué residuos y en qué cantidad serán necesarios ?
- * ¿ Cuantas corridas se necesitan ?
- * ¿ Cuantos trabajadores se necesitarán ?
- * ¿ Como se seleccionaron los métodos de muestreo en chimenea ?
- * ¿ Qué límites de detección son requeridos por los métodos de muestreo y análisis ?
- * ¿ Qué medidas deben tomarse para el Aseguramiento de Calidad/Control de Calidad ?
- * ¿.Qué sucederá si no se cumplen los requerimientos de la Autoridad ?

Desarrollo del Protocolo de Prueba de Quemado

- * ¿ Qué involucra la preparación para el protocolo ?
- * ¿ Qué involucra el muestreo ?
- * ¿ Qué involucra el análisis de las muestras ?
- * ¿ Como se convierten los datos a resultados finales ?
- * ¿ Como se reportan, generalmente, estos resultados ?

Durante la etapa de planeación a menudo se presentan los siguientes problemas:

- * Selección de las condiciones de operación
- * Pruebas preliminares
- * Número de corridas y cantidad requerida de residuos
- * Tiempo requerido
- * Métodos de muestreo y análisis
- * Costo del protocolo

Durante el desarrollo del protocolo es muy común enfrentar problemas adicionales relacionados con:

- * Accesorios para efectuar el muestreo en chimenea
- * Flujo volumétrico
- * Registro de los datos de proceso
- * Documentación de muestras y análisis
- * Cálculos y reporte de los resultados.

Esta guía puede resolver algunas dudas referentes a los requerimientos que habrán de cumplirse durante el protocolo.

h) Capacidad de Incineradores y Hornos de Cemento para tratamiento de residuos peligrosos.

Debido a la prohibición, en los Estados Unidos de América, para confinar algunos residuos peligrosos (RCRA 1984), tanto la incineración como la destrucción térmica de residuos específicos en hornos de cemento, se han convertido en los métodos preferidos de tratamiento, substituyendo al confinamiento. Por este motivo resulta importante el identificar la capacidad de destrucción térmica.

Según información reciente, en los Estados Unidos existen 208 unidades de incineración (Hornos rotatorios, inyección de líquidos, de hogar abierto, etc.), teniendo una capacidad de liberación de calor nominal promedio, de 37.6 Millones de BTU/hr, utilizados en promedio al 67% de su capacidad y de los cuales solo el 50% posee equipo de control para emisiones a la atmósfera.

Recientemente se le ha dado más impulso a la alternativa de utilizar algunos residuos como combustibles alternos, principalmente en hornos de cemento.

Los requerimientos de combustible de los hornos de cemento en los Estados Unidos son elevados y se considera que los residuos pueden proporcionar entre un 10 y un 60% con un valor típico de 30%. Los poderes caloríficos de los residuos quemados en hornos de cemento oscilan entre 8 000 y 18 000 BTU/lb, basados en la operación actual. Los residuos con bajo poder calorífico se queman bajo condiciones de relación baja de quemado para prevenir perturbaciones en la operación. Los residuos con alto poder calorífico, similar al de los combustibles podrá substituir estos. La mayor parte de los residuos quemados en los hornos de cemento son: solventes agotados, residuos de pintura o fondos de operaciones de recuperación de solventes. éstos líquidos contienen metales como: titanio, plomo, manganeso, cromo, zinc y bario. Una cantidad limitada de óxido metálicos puede incorporarse al cemento sin afectar la calidad del producto. Las emisiones de material particulado son controladas por medio de filtros de bolsas, precipitadores electrostáticos y otros dispositivos.

Las experiencias de los operadores de los hornos de cemento indican que el beneficio de esta destrucción de residuos, es marginal. Los gastos incluyen: construcción de tanques de almacenamiento, licenciamiento, modificación de los quemadores, equipo adicional para monitoreo, costos de operación y mantenimiento, análisis de residuos y el costo de los residuos peligrosos. Los beneficios económicos incluyen: reducción en costos de combustible y el ahorro de los costos de disposición.

i) Como correlacionar la concentración de Monóxido de Carbono y la eficiencia de eliminación y destrucción.

Los niveles de emisión de CO se han utilizado, durante mucho tiempo, como indicadores de la eficiencia de los dispositivos de combustión. Los niveles altos de CO se consideran por lo general como un indicador de una combustión pobre y en general de problemas operativos en el incinerador. Niveles bajos de CO, por lo general indican que la combustión es buena. Dado que el sistema de monitoreo de CO existe, se ha buscado la factibilidad técnica y económica para relacionar directamente los niveles de CO con la eficiencia de eliminación y destrucción.

De acuerdo a estudios realizados se tiene lo siguiente:

- a) **Correlación CO/Eficiencia de Destrucción (DRE).** Los niveles de CO solo indican tendencias generales en la operación del incinerador. La eficiencia más baja de destrucción ocurre cuando se opera con un valor máximo de aire en exceso (arriba del 170%), aunque no precisamente cuando se tienen los valores de CO.
- b) **Destrucción de POHC y formación de PIC.** Los valores más altos de PIC y POHC sin quemar, ocurren a los niveles más altos de aire en exceso. A niveles bajos de aire en exceso (menos de 130%) y con valores altos de CO, las emisiones de POHC y PIC no se incrementan, a pesar de que la presencia de altas concentraciones de CO indican una mala combustión.

j) Compuestos alternos como indicadores de la eficiencia del IRP.

La EPA está evaluando, en sus programas de investigación, varios compuestos que pueden ser utilizados para monitorear efectivamente, la eficiencia de destrucción y eliminación en el incinerador así como las condiciones de combustión. Los compuestos utilizados deben cumplir con las siguientes condiciones:

- * Ser fácilmente detectables en chimenea con los equipos y métodos de análisis existentes.
- * Tener alta estabilidad térmica de acuerdo a su clase química
- * Ser representativos de las propiedades químicas y físicas de residuos prioritarios

NUEVOS PROCESOS TERMICOS

a) Procesos Térmicos Innovadores para la destrucción de residuos peligrosos.

Debido a la creciente preocupación de individuos, organizaciones y comunidades respecto a la disposición final en confinamientos controlados, se le ha dado mayor atención al desarrollo de procesos de destrucción térmica.

Recientemente un Grupo de Investigación sobre Incineración, ha iniciado un proyecto para evaluar procesos térmicos innovadores, dentro de los cuales se tienen los siguientes:

PARED FLUIDIZADA A ALTA TEMPERATURA

DESTRUCCION CON SALES FUNDIDAS

OXIDACION CON AIRE HUMEDO

ARCO DE PLASMA

INCINERACION/PIROLISIS

REACTOR ELECTRICO AVANZADO TIPO HUBER

INCINERACION DE RESIDUOS EN LECHO CIRCULANTE

INCINERACION A TRAVES DE VIDRIO FUNDIDO

AGUA SUPERCRITICA

Algunos de estos procesos han brindado buenos resultados, tanto en plantas piloto como en instalaciones pequeñas.

b) Destrucción de residuos utilizando la tecnología del Arco de Plasma

En Canadá (Pyrolysis Systems, Inc.) se ha diseñado y construido un sistema móvil de arco de plasma, para destruir residuos peligrosos líquidos.

El proceso de plasma está basado en el concepto de pirólisis de destrucción de las moléculas del residuo, utilizando un campo térmico de plasma. Para producir el arco eléctrico se emplea un sistema de electrodos colineales. Se utiliza aire seco a baja presión para el paso de la corriente eléctrica. Este sistema de alta energía ocasiona que la corriente de aire se ionice para formar un plasma que alcanza

temperaturas cercanas a los 10 000°C. Los residuos líquidos son inyectados directamente al plasma en donde las moléculas son rotas para convertirse al estado atómico en una atmósfera deficiente en oxígeno. En este proceso de destrucción (pirólisis) se generan ácidos en forma gaseosa, gas combustible y carbón finamente dividido. El gas ácido se elimina por medio de un scrubber, que también captura la mayor parte del carbón; el gas combustible se quema en un mechero (flare).

El sistema se ha utilizado con éxito en Canadá, para destruir tetracloruro de carbono y bifenilos policlorados, incluidos en la alimentación al sistema. Se han obtenido eficiencias de destrucción, para los hidrocarburos clorados, superiores al 99.9999%, además de que sus emisiones cumplen con todos los parámetros establecidos en las Normas Canadienses.

c) **Evaluación de la Incineración In-situ para limpieza de materiales contaminados por Dioxinas.**

En los Estados Unidos han cobrado popularidad los sistemas móviles de incineración, los cuales consisten básicamente en un horno rotatorio, una cámara de combustión secundaria (postquemador) y una unidad para control de la contaminación atmosférica, cada uno de estos elementos es montado en un trailer un trailer adicional incluye equipo capaz de monitorear continuamente las emisiones en chimenea. Estos sistemas han sido probados rigurosamente por la EPA desde 1982, utilizando para ello, bifenilos policlorados así como otros fluidos orgánicos clorados. En estos equipos las eficiencias de destrucción y eliminación han sido consistentes (por lo menos 99.9999%).

Basándose en estas operaciones, se ha desarrollado un nuevo proyecto, tendiente a definir la viabilidad técnica, económica y administrativa, de un sistema capaz de incinerar materiales contaminados por dioxinas, en el mismo sitio (in-situ) en que se generaron o derramaron. Como cualquier instalación de su tipo, ha sido necesario obtener las licencias y permisos correspondientes, incluyendo el Protocolo de Prueba de Quemado.

Después de una serie de pruebas EPA juzgó adecuado el sistema, para destoxificar sólidos y líquidos contaminados con dioxinas. Desde 1985 se han realizado protocolos para materiales contaminados con dioxinas, los resultados indican una eficiencia de destrucción excede el 99.9999%. Es importante mencionar que las cenizas del horno así como el agua residual analizada resultó libre de dioxinas de acuerdo a lo propuesto por EPA.

d) Investigación a escala piloto/laboratorio.

Con el objeto de reforzar la infraestructura en materia de destrucción de residuos peligrosos, EPA ha impulsado la investigación referente a la destrucción térmica. Para tal efecto se han conducido estudios a escala piloto, dentro de los cuales destacan las siguientes instalaciones:

EPA. Planta de Investigación de Combustión, Pine Bluff, AR. Aquí se desarrollan métodos de control en los procesos de combustión.

EPA. Incinerador móvil en Edlson, NJ. Su objetivo es desarrollar el sistema de incineración móvil para destrucción térmica/destoxificación de sustancias orgánicas tóxicas y peligrosas.

EPA. Simulador Horno Rotatorio para incineración, Resarch Triangle Park, NC. El objetivo es la determinación tiempo/temperatura para destoxificación de sólidos, predicción de interacciones entre materiales.

EPA/Estado de Nueva York. Destrucción de Residuos Peligrosos utilizando Arco de Plasma. En este sistema se prueba la tecnología del plasma, con el objeto de establecer sus limitaciones de destrucción y remoción, para una amplia gama de residuos peligrosos.

Todas estas acciones demuestran el gran interés que, la comunidad científica, tiene en impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías para efectuar el tratamiento térmico, cuyo principal fin, en beneficio de un sinnúmero de comunidades, es la destrucción de los residuos tóxicos

TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS II

Uno de los problemas existentes es nuestro país, para el adecuado manejo y tratamiento de los residuos peligrosos, que se generan dentro de los procesos productivos, primero es contar con el personal altamente capacitado para realizarlo dentro de las industria generadora y segundo, contar con el suficiente número de empresas responsables de llevar a cabo tratamientos, de acuerdo a las normas técnicas ecológicas establecidas, para evitar que los residuos sean depositados en lugares inseguros y que se ocasione con esto una contaminación natural.

La empresa generadora de residuos peligrosos que cumpla con lo establecido en el reglamento correspondiente, debe de contar con un almacén para colocar en buen recuadro, los residuos generados dentro de la misma empresa, para así clasificarlos, manejarlos, tratarlos y disponer de ellos en sitios seguros para la comunidad, evitando de esta manera problemas ambientales y de salud.

Lo más conveniente será el de llevar a cabo un proceso de neutralización o inactivación del residuo generado, en el lugar donde se genera y así disminuir importantemente la peligrosidad del mismo, teniendo de esta manera residuos no peligrosos almacenados dentro de la industria generadora, ofreciendo una mayor seguridad ambiental y de salud, al personal que labora en la empresa.

Una vez que la empresa tenga identificados y clasificados los residuos industriales que en ella se generan, deben de proceder a darles tratamientos adecuados, con el objeto de minimizar el riesgo de una posible contingencia ambiental, en caso de existir un derrame de los mismos.

En el tratamiento físico y químico de un residuos peligroso, lo más importante a realizar primero, es el de tener el conocimiento exacto de que tipo de residuo es y que lo conforma, para proceder a seleccionar el método de tratamiento (ad hoc) el residuo y lo segundo es saber que el residuo industrial, generadora dentro del proceso de producción, no se comporta en este momento como la materia prima, esto debido a que es una mezcla de distintos componentes y que las

concentraciones de sustancias tóxicas, pueden estar en grandes cantidades, o existir trazas de las mismas, o que al estar en contacto con otras sustancias químicas, puede llevarse a cabo una relación, de resultados no previsto y ocasionar un accidente, tanto al humano como a las instalaciones.

De lo anterior podemos deducir que, un residuo peligroso puede estar constituido por parte de las materias primas que entraron en el proceso de producción, materias que se generaron como subproductos dentro del mismo proceso y otros materiales que no provienen del proceso productivo sino que son generados en otros lugares y de la empresa y que por falta de la adecuada educación son depositados en los recipientes destinados para almacenar y disponer definitivamente de los residuos peligrosos, estos otros materiales son, en la mayoría de las veces basura orgánica, resto de ropa y estopa. pajas de escoba, polvo, guantes; y algunos por demás inverosímiles de encontrar.

Esto ocasiona que el manejo y tratamiento de un residuo peligroso es nuestro país, sea muy complejo, primero por que además de tratar la peligrosidad de residuos hay que eliminar del mismo otros residuos que no deben de estar contenidos en el, los cuales pudieron ser tratados como basura municipal (residuos sólidos) y evitarse gastos adicionales en el momento de remitirlo a empresas de tratamiento y disposición final de residuos peligrosos.

Esta contaminación del residuo puede ocasionar, en la mayoría de los casos, un aumento en la peligrosidad y en el manejo, imponiéndole al residuo un proceso de neutralización más elaborado y por lo tanto más costoso. Los residuos industriales, por lo tanto, no deben de ser mezclados entre si o adicionarles otro material de desechos con la finalidad de darles el tratamiento más adecuado y evitar a disposición final materias que pueden ser reutilizados dentro del proceso mismo.

Antes de aplicar tratamiento alguno de residuos industriales, se debe de decir anticipadamente el destino final que el mismo va a llevar, así se piensa evitar a tratamiento térmico o a un confinamiento controlado, el tratamiento a darle es el de contenerlos en tambores metálicos con recubrimientos epóxico interno, debidamente tapados y etiquetados, de acuerdo a las normas

técnicas ecológicas vigentes, no rebasan el llenado de los tambores del 95% de la capacidad de los mismos y entregar a la empresa responsable la información termina (análisis químicos) necesaria, para que estas le den un tratamiento químico, previo a la incineración o disposición final del residuo.

Esto va a representar un costo y un riesgo a la empresa generadora, debido a que se transportan por ciudades y carreteras federales y estatales, residuos peligrosos, los cuales en caso de estas involucrados en algún tipo de accidente vial, durante su traslado, ocasionarán problemas de salud y ambientales; riesgo que puede evitarse si al residuo peligroso, previo a su empaque, se neutralizará mediante la aplicación de un tratamiento químico o desarrollar tecnología para reutilizarlo, dentro del proceso o en otros.

El pensamiento que debe de imperar en el manejo y tratamiento de los residuos industriales, es el de tener el suficiente conocimiento de las alternativas de disposición final existentes en nuestro país, así como el de encontrar las mejores opciones de manejo y tratamiento físico-químico de los residuos peligrosos, ya sea de la industria generadora o en industrias especializadas en darles un tratamiento y un posterior reuso a lo obtenido de estos procesos.

RESIDUOS PELIGROSOS MAS COMUNES

LODOS CORROSIVOS. Los dos inorgánicos y orgánicos (alto contenido de metales pesados) y lodos de fosfatizados.

CARACTERISTICAS. Corrosivos, tóxicos y reactivos, con un pH extremo (2.0 a 12.0), alto contenido de líquidos y sólidos, metales pesados en solución y suspensión (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn), solventes orgánicos (halogenados, aromáticos) y otras sustancias.

EMPRESAS GENERADORAS. Industrias del ramo metal mecánico, como las de galvanoplastia fabricación de autopartes, armadoras de automóviles y camiones, industrias del cobre.

TRATAMIENTO. El tratamiento inicial es llevar a cabo una neutralización del lodo, contando

para ello con distintos tipos de sustancias químicas. La selección del agente neutralizante, va a depender del pH del lodo y del costo de estas sustancias.

Sin embargo lo más recomendable es llevar a cabo un pre-tratamiento a este tipo de residuos, el cual consiste en una separación gruesa de los sólidos contenidos (filtración), incluyendo en esto la destrucción de cianuro, la reducción de Cr + 6 a Cr + 3, precipitación de otros metales, eliminación de solventes y aceites.

En el caso de contener cianuro un lodo corrosivo, este se puede destruir utilizando una oxidación o en dos pasos, liberando dióxido de carbono y dióxido de nitrógeno, para reducir el Cr + 6 el residuo debe de mantenerse en medio ácido y triturar con sulfato o metabisulfito de sodio, para tener Cr + 3.

Si el metal se encuentra atrapado o secuestrado dentro de los componentes del lodo, lo primero es alcanzarlo para proceder a precipitar el metal, mediante el uso de un floculante, siendo el más común el sulfato de aluminio o el más económico y accesible.

La eliminación de los aceites se realiza al momento de neutralizar el lodo, debido a que este forma una emulsión con el agua y las sustancias empleadas para la neutralización hacen más pesada el agua, separando el aceite por decantación. Los solventes contenidos en el lodo, deben de ser evaluados en los mismos, debido a que si se tiene una concentración de solventes menor del 40% (p/v), lo mejor es colocarlo en un equipo a desecación y solidificación del lodo, sin embargo si el contenido de solventes es mayor al 40%, es recomendable el obtener de nueva cuenta este solvente, usando procesos de destilación.

El equipo mínimo indispensable para proceder a neutralizar un lodo corrosivo es:

- TANQUES (material resistente a la corrosión)
- MEZCLADORES
- POTENCIOMETRO
- EQUIPO DE SEGURIDAD

Resumiendo lo anterior, la selección del método de tratamiento para neutralizar un residuo corrosivo, dependerá de lo siguiente:

1. Neutralización directa sobre el residuo si contiene sustancias tóxicas orgánicas o metales pesados, incluyendo cromo hexavalente o cianuro. Se lleva el pH a neutralidad y se seca el residuo mediante filtración y posterior evaporación de agua, el lodo seco (menos del 5% de líquidos) se envasa en recipientes a prueba de corrosión y se efectúa la disposición final.
2. Neutralización de residuos corrosivos con trazas de orgánicos. Se neutraliza el residuo, se filtra para separar los sólidos y el líquido. El líquido se absorbe en un material inerte (aserrín, carbón activado) y ambos residuos son depositados en tambores metálicos, los cuales son tapados debidamente, enviándose a disposición final.
3. Neutralización de residuos corrosivos que contengan cianuros o cromo hexavalente. Llevar a cabo un pretratamiento para destruir el cianuro o reducir el cromo hexavalente y continuar con el procedimiento descrito en el punto 1.

Hay que aclarar que tanto los lodos secos como los sólidos generados dentro de los procesos de neutralización, deben de ser envasados en tambores de 200 lt con recubierta interior a prueba de corrosión y ser enviados a incineración o a su disposición final. Se debe de hacer notar que al neutralizar un residuo corrosivo en el sitio donde se genere, ocasiona una disminución, primero en la peligrosidad del residuo y segundo en una reducción en el costo de disposición final.

REACTIVOS QUIMICOS USADOS PARA LLEVAR A CABO LA NEUTRALIZACION

Carbonato de calcio, hidróxido de calcio, óxido de calcio, delimita hidratada, carbonato de sodio (soda ash), hidróxido de sodio, magnesio, cal química, ácido sulfúrico, ácido muriático.

LODOS CON SOLVENTES O SOLVENTES GASTADOS. Solventes gastados, lodos con solventes, fondos de destilación, solventes gastados en proceso de limpieza, desengrasado.

CARACTERISTICAS. Corrosivos, reactivos, tóxicos e inflamables, pueden ser explosivos si se encuentran en condiciones especiales (alta evaporación, concentración, cercanía al flash point) conteniendo sólidos en solución o suspensión. Los solventes pueden ser halogenados, aromáticos, alifáticos, además de contener las sustancias propias del proceso pueden tener otros materiales, como aceites, grasas, agua, textiles, etc.

GENERADORES. Fabricantes de pinturas, de tintas para las artes gráficas, industria química, química-farmacéutica, fabricación de autopartes, fabricantes de carrocería y muebles, armadoras de automóviles y camiones, fabricación u moldes de plástico, elaboración de pegamentos, etc.

TRATAMIENTO. El tratamiento más adecuado para manejar un residuo que contenga solventes orgánicos, es la separación de estos últimos del residuo, para ofrecerlos como solventes reciclados y reutilizables, y el residuo que queda después de la limpieza de estos solventes gastados, debe de ser analizado, con el objeto de verificar la posible reutilización de este residuo en otros procesos, o en el caso de no poseer las características físico-químicas necesarias, debe ser enviado a un confinamiento controlado, para efectuar la disposición final del mismo.

Lo primero es determinar el tipo de solventes contenidos en el residuo, así como conocer las características de los contaminantes o sustancias disueltas o suspendidas en ellos; también es indispensable el de determinar el contenido exacto de la proporción de solventes, esto debido a que un residuo con un contenido menor al 40% de orgánicos, debe de ser adecuado y formulado con otros residuos, para ser enviados como combustibles alternos a los hornos de las cementeras.

El siguiente esquema, nos va a dar una idea de los pasos a seguir, para dar un tratamiento a un residuo que contenga solventes orgánicos:

- a) **Filtración gruesa.** Esto consiste en eliminar del solvente gastado, el residuo sólido en suspensión o materiales no solubles; consiste en pasar a través de un tamiz el residuo, eliminando dichas partículas de gran tamaños y otros contaminantes que se depositan en ellos (guantes, estopa, trapos, restos de ropa, maderos, botas, etc.).

- b) **Filtración final.** El solvente gastado recuperado del paso anterior, se pasa por un tamiz más fino, esto nos dará un solvente con una cantidad mucho menor de sólidos y libre de material sólido. De aquí se obtiene un residuo sólido, que en algunos casos pueden ser utilizados en otros procesos.
- c) **Decantación.** El solvente gastado filtrado se traspa a un tanque decantador, en donde después de un periodo que va de 24 a 72 hrs, se va a separar compuestos pesados suspendidos (cargas, caolines, pigmentos, talcos, carbonatos, restos de metal, grasa) y algo de agua.
- d) **Neutralización.** Estos solventes que se encuentran en el tanque decantador, son los que van a ser procesados, sin embargo en la mayoría de las veces, tienen en solución sustancias que pueden afectar el proceso de limpieza del mismo, por lo tanto es necesario el conocer lo más exacto que sea posible, el contenido y proporción de estos compuestos en el solvente. El tratamiento de neutralización dependerá de las características físico-químicas de las sustancias (acrílicos, esteroides, polímeros, resinas formaldehídricas, etc.).
- e) **Destilación.** El solvente ya sin sólidos y neutralizados los otros componentes se destila para proceder a efectuar su limpieza, esto con la finalidad de eliminar de ellos las impurezas disueltas en ellos (resinas, aceites, otros) y el agua que no pudo ser eliminada por el proceso de decantación.

En caso de no contar en la empresa con un destilador para el tipo de solvente gastado, o que en la localidad donde se ubique la empresa generadora de solventes gastados no se cuenta con empresas que cuenten con destiladores, el tratamiento es el de encapsular el solvente sin sólidos en materiales inertes, como serían la bentonita, arcillas, la ceniza proveniente de las arrocetas y evitar este residuo sólido a un confinamiento controlado, o en su caso adecuado para ser utilizados como combustibles alternos en hornos de cementeras.

De este tipo de tratamiento se generan residuos sólidos, que deben ser analizados, para determinar si pueden ser usados en otros procesos como materia prima o ser sometidos a una total

deseccación y enviarlos a un confinamiento controlado.

No obstante que es tratamiento en los párrafos anteriores es el más adecuado, el generador de un residuo con estas características puede llevar a cabo en su planta un tratamiento que consiste en "secuestrar" al solvente (encapsular) en un material inerte (carbón activado, aserrín, bentonitas, arcillas, etc.) para obtener un residuo sólido con menos del 5% de contenido y ser enviados a un confinamiento controlado; sin embargo, hay que hacer notar que este tratamiento genera 5 tambores de 200 lt de residuo sólido por tambor de 200 lt de solvente gastado a tratar, mientras que el tratamiento descrito en el inicio de este punto, genera menos de un tambor de 200 lt de residuos por tambor de 200 lt de solventes gastado a destilar; obteniendo una reducción importante en la cantidad de residuos a enviar, ya sea a su incineración o a un confinamiento controlado.

ACEITES GASTADOS. (LUBRICANTES, DE CORTE, EMULSIONABLES, INDUSTRIALES).

Aceites gastados provenientes de los usos implícitos como son el de lubricación de partes móviles, corte de piezas metálicas, de motores de combustión interna, de tratamiento térmico y los industriales.

CARACTERISTICAS. Corrosivos, tóxicos e inflamables; en ciertas condiciones pueden autoinflamarse, llevan en suspensión partículas de diversas características, así como componentes nafténicos, básicos parafínicos o no, ácidos sulfúrico o sulfuroso, solventes orgánicos y otros.

GENERADORES. Industria automotriz, tanto la de fabricación de autopartes como la de ensamblado de vehículos automotores, las empresas donde existan los procesos de maquinados de metales, para la elaboración de herramientas y piezas metálicas, procesos de tratamiento térmico de metales, etc.

TRATAMIENTO. El aceite gastado, primeramente debe ser clasificado de acuerdo al uso que tuvo y a sus características físico-químicas, así un aceite lubricante tendrá un tratamiento distinto de un aceite utilizado en el corte de pieza, de lo anterior expondremos los tratamientos, de acuerdo al tipo de aceite involucrado.

ACEITE LUBRICANTE GASTADO: Estos aceites normalmente provienen de motores de combustión interna, con un alto grado de acidez, el proceso consiste primero en separar del aceite de partículas suspendidas en el (resto de carbonizados, trazas de metal, etc.) mediante un proceso de filtración utilizando un tamiz adecuado, posteriormente se hace pasar por una tierra de clasificación (bentonita, arcilla, ceniza de horno de proceso de arroz, etc.) y de esta manera también eliminar el componente ácido de este tipo de aceites; en la actualidad el tratamiento que se le da es una destilación con equipo a presión reducida y enviar los fondos de destilación a un confinamiento controlado.

Un tratamiento que el generador le puede dar a sus aceites lubricantes dentro de su planta, el taller de servicio automotriz, etc.; es el de hacer que estos aceites se absorban en materiales inertes, eliminando de esta manera la peligrosidad, lo mejor es emplear un material alcalino absorbente como sería la cal química o la "soda ash", con esto se controla dos cosas en ellos, uno el grado de acidez del aceite y disminuir el grado de inflamabilidad que tiene; procediendo a enviar este residuo sólido a un confinamiento controlado. Otro procedimiento consiste en mezclarlos con solventes gastados de otra empresa generadora, y formularlos para hacer un combustible alterno, el cual se utilizaría en hornos de cementados. Sin embargo el mejor tratamiento siempre será aquel, en el cual el residuo pueda ser reutilizado en otros procesos o ser reusados en el proceso donde fue generado.

ACEITES SOLUBLES, EMULSIONADOS, DE CORTE. Estos aceites provienen de procesos en donde fueron utilizados como sustancias refrigerantes, en el proceso de corte y maquinado de metales, así encontramos en ellos partículas en suspensión, restos de textiles (estopas, trapos, etc.), aguas. Estos aceites conforman otro tipo de residuos, el cual si tiene un contenido bajo en líquidos y alto en sólidos, son llamados como "lodos abrasivos" los cuales provienen de la industria de fabricación de autopartes.

Lo primero es realizar la eliminación de los sólidos contenidos en el aceite, esto se lleva a cabo por un proceso de filtración, para lo cual se puede utilizar tamices de malla fina o filtros prensa, esto dependerá de lo que se tenga, incluso se puede usar como material filtrante tales; ya filtrados los aceites, estos se tratan con hidróxido de sodio esto con el objetivo de romper la emulsión y

poder eliminar de ellos el agua y el emulsionante gastado acto seguido se separa por decantación, del aceite, el agua y parte del emulsionante. De este tratamiento se van a generar residuos sólidos, estos son:

- Sólidos del proceso de filtrado. Si se tiene un alto contenido metálico debe de ser enviado a sitios o empresas que lo puedan utilizar, si son carbonizados o textiles, estos deben de enviarse a un confinamiento controlado.
- Sólidos del proceso de ruptura de la emulsión. El agua y el emulsionante deben de ser tratados, el primero es una planta de tratamiento de afluentes industriales para formar lodos y el segundo absorberlo en materia inerte (aserrín o cal química). Estos lodos deben de ser enviados para su disposición final a un confinamiento controlado.

Como nota final, se debe tener en mente que los aceites son materiales peligrosos debido a que en ciertas condiciones son inflamables, además de ser tóxicos por dos motivos, uno por el tipo de aceite (glicoles) y otro por las sustancias suspendidas o disueltas en ellos, de tal suerte que la mala disposición de ellos (tirarlos por el drenaje o en sitios no adecuados) va a ocasionar la contaminación de agua y mantos freáticos, así como también del subsuelo.

ASBESTO. El proveniente de la manufactura de balatas, embragues, material de fricción, de colectores de partículas en áreas de fabricación, elaboración de contenedores de agua, de techos a base de lámina de asbesto, de loseta vinílica y otros recubrimientos o impermeabilizantes.

CARACTERISTICAS. Material sólido el cual se va a encontrar mezclado con resinas fenólicas, siendo pedacería del proceso (recorte de balatas, de frenos, etc.) o semisólidos este asbesto como el producto terminado ya caduco o húmedo por mal almacenamiento t también se tienen solventes que tienen en solución restos de plaguicidas.

TRATAMIENTO. Es importante tener pleno conocimiento del plaguicida que se va a tratar, ya de esto dependerá el método de neutralización o estabilización más conveniente.

De tal suerte que los peretroides y carbamatos, pueden ser destruidos mediante la edición de hidróxido de sodio 1N hasta llevar el residuo a un pH mayor de 10, esto con la finalidad de inactivar al plaguicida, y posteriormente regresar a un pH neutro con ácido muriático, procediendo después a filtrar el sólido y verificar si es líquido filtrado está libre de sustancias peligrosas, si el líquido filtrado posee peligrosidad, se debe de encapsular en material absorbente (aserrín, carbón activado, etc.) y enviándolo, junto con el sólido obtenido del filtrado a disposición final.

En términos generales, cuando se dice que un residuo es estabilizado, esto debemos de entender como el realizar el residuo un proceso para quitar la peligrosidad del mismo, el cual puede ser encapsulado en algún material que impida la dispersión del residuos al medio ambiente (mezclados con aserrín, carbón activado, mezclarlo con cemento portland o usar el método pozzolánico) o llevar a cabo en el residuo un tratamiento físico-químico (neutralización ácido-base, reducción, oxidación, destilación, hidroxilación, filtración, decantación, etc.); para analizar posteriormente si se eliminó por completo la peligrosidad del mismo y poder ser enviarlos a confinamiento de residuos no peligrosos o a sitios que sean similares a estos últimos, sin embargo, si no se cuenta con este tipo de lugares, debe de proceder a ser enviados a confinamiento controlados o a incineración y posterior envío de las cenizas a un confinamiento controlado.

BIBLIOGRAFIA:

Treatment Technologies for Solvents Containing Wastes.

M. Breton, et al., 1988, Noyes Data Corporation, U.S.A.

Corrosive-Containing Wastes

L. Wilk & M. Breton, 1988, Noyes Data Corporation, U.S.A.

Metal/Cyanide Containing Wastes. Treatment Technologies.

S.A.K. Palmer, et al., 1988, Noyes Data Corporation, U.S.A.

Standard Handbook of Hazardous Waste, Treatment and Disposal

Herry Freeman et al., McGraw Hill, 1988, U.S.A.

Hazardous Waste Minimization

Herry Freeman, McGraw Hill, 1990, U.S.A.



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

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL
DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MOD. III PROCESOS DE TRATAMIENTO PARA
EL CONTROL DE RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES Y PELIGROSOS**

TEMA: RECICLAJE DE PLASTICOS

EXPOSITOR DR. M JAVIER CRUZ GOMEZ

6. Una vez roto el vacío se inicia la etapa de decoloración. Al llegar la temperatura a 130 °C se adicionan 3 ml de agua oxigenada y se espera a que la temperatura descienda hasta 80 °C y se adicionan 20 ml de una solución de NaOH (hidróxido de sodio) al 2%.

7. La mezcla final se coloca en un embudo de separación para eliminar la parte acuosa. Posteriormente se lava tres veces el producto con agua a 80 °C.

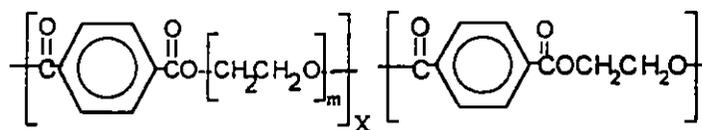
8. Una vez lavado el producto se seca a vacío a 130 °C.

9. Ya seco el producto se le agregan 4 g de tierras de diatomasias y se filtra para así obtener el producto final.

4. Producción de copoliésteres elastoméricos.

Estos copoliésteres, se sintetizan por medio de una reacción de policondensación entre un segmento duro, como por ejemplo, el tereftalato de bis-(2-hidroxietileno), (TBHE) y un segmento blando, como por ejemplo, el polioxietilenglicol (POEG) de peso molecular entre 500 y 5,000.

El copolímero que se obtiene tiene la siguiente estructura química:



SEGMENTO BLANDO
(PM=1130)

SEGMENTO DURO
(PM=192)

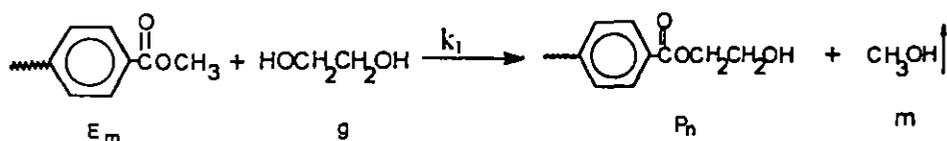
En donde X y Y = 1, 2, 3, ...

COPOLI-(TEREFTALATO DE (ETILENO-POLIOXIETILENO)) = CPOTEPOE

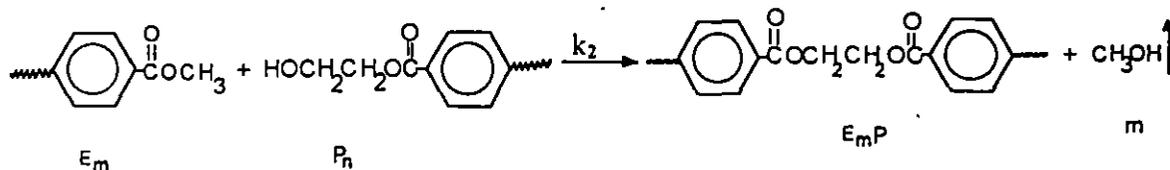
La producción del COPTEPOE se puede llevar a cabo en tres etapas: En la primera etapa se produce el TBHE ó segmento duro, ya sea mediante glicólisis del PTE de desecho, o bien mediante transesterificación con glicol de TDM puro.

En la segunda etapa, ocurre la reacción del TBHE con el polioxietilenglicol (POEG), para producir el oligómero poli-(tereftalato de etileno), PTE, y el oligómero copoli-(tereftalato de (etileno-polioxietileno)), COPTPEOE, de peso molecular bajo. En la tercera etapa, ocurre la reacción de copolimerización entre los dos oligómeros producidos en la segunda etapa. La reacción de policondensación, puede ocurrir con Sb como catalizador, el cual se adiciona al sistema como trióxido de antimonio Sb_2O_3 , o acetato de antimonio, $Sb_2(OOCCH_3)_3$. A continuación se describe el esquema de reacción que se está considerando en el actual trabajo para la producción del COPTPEOE.

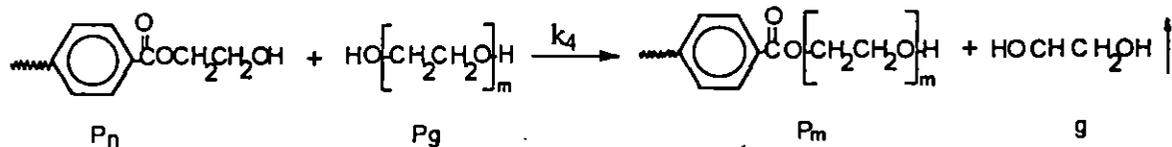
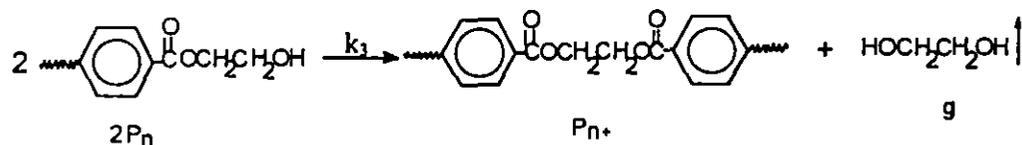
1. Reacción de intercambio de ester



2. Reacción de transesterificación



3. Reacción de oligomerización



2. El PTE es colocado en un reactor PARR de capacidad de 2 litros que consta del reactor, una chaqueta de calentamiento con reóstato y un agitador mecánico. La cantidad de PTE en cada carga fue de 300 g. Posteriormente se le añade el monoetilenglicol; la cantidad adicionada de monoetilenglicol se calcula a partir de considerar que la carga de PTE es el 30% en peso de la mezcla PTE-etilenglicol, es decir que el monoetilenglicol que se adiciona para una carga de 300 g es de 628.93 g. Por último se agregan 0.3 g de catalizador, en este caso es acetato de zinc.

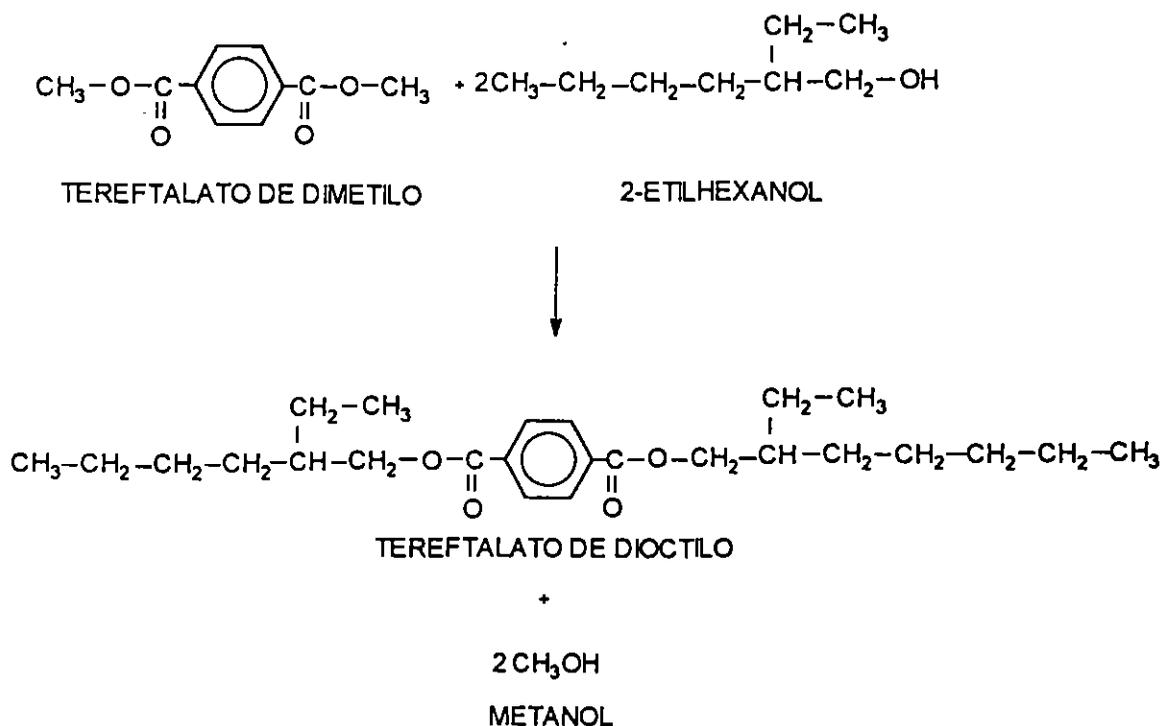
3. Se inicia la reacción y las condiciones a las que se debe operar son: temperatura de 250 °C y presión de 10 Kg/cm² durante 200 minutos.

4. Una vez terminada la reacción se enfría el reactor y se descarga el producto que es una mezcla de TBHE y glicoles.

Con la técnica anterior se obtuvo el producto que se hará reaccionar para producir los copoliésteres elastoméricos.

3. Producción de plastificante con el TDM obtenido del PTE.

En esta etapa se realizó el tratamiento posterior al producto obtenido de la metanólisis del PTE, en este caso el TDM. La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



La técnica a seguir para la transesterificación del TDM se describe a continuación:

1. Se carga el TDM en un reactor de vidrio y se le agrega el 2-etilhexanol en un 20 % de exceso respecto al estequiométrico. Por ejemplo, si se tiene 241.4 g de TDM se le tenían que adicionar 388.39 g de alcohol.
2. Se eleva la temperatura hasta 130 °C Y se adiciona el catalizador, en este caso terbutil titanato (TBT). Esta condición se debe a que el catalizador se descompone con la humedad.
3. Una vez adicionado el catalizador se eleva la temperatura hasta 230 °C y se mantiene así hasta que deje de salir metanol como producto de la reacción.
4. Al terminar la reacción, se baja la temperatura hasta aproximadamente 150 °C, se conecta el sistema de reacción al vacío y se vuelve a calentar (aproximadamente hasta 220 °C) para eliminar el exceso de 2-etilhexanol.
5. Ya eliminado el alcohol, se baja la temperatura y aproximadamente a los 150 °C se rompe el vacío.

6. Después de un tiempo, se inicia el filtrado del TDM que se realiza con un embudo Buchner sobre un matraz Kitazato a vacío. En cada carga de filtración cuando ya no escurre metanol del embudo, se cambia a otro matraz Kitazato y se le enjuaga con acetona.

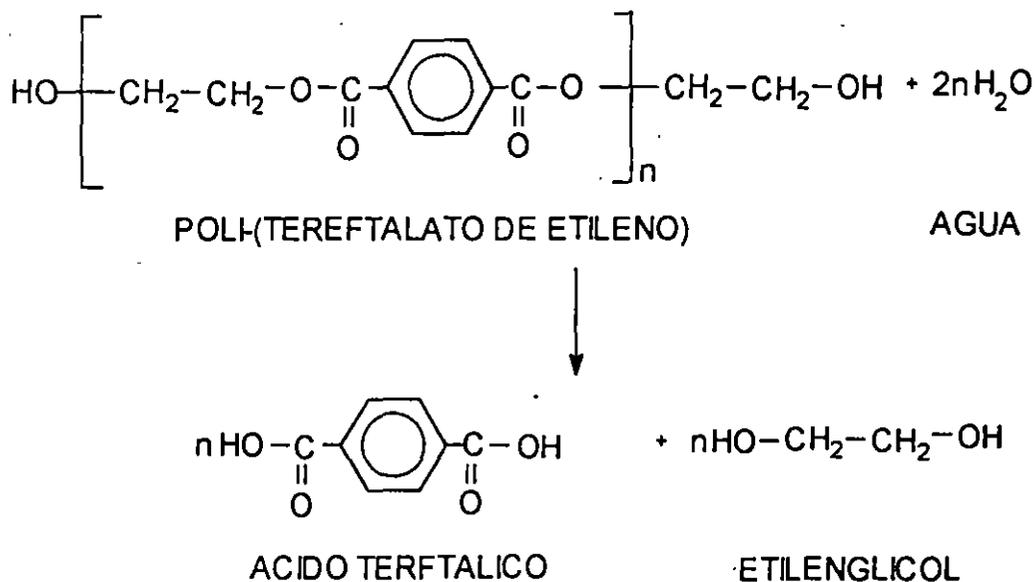
7. Por último se seca el exceso de solvente y se obtiene el TDM.

Con la técnica anterior se obtuvo un producto de buena calidad y listo para poder ser ocupado en la etapa 3 de experimentación.

2. Glicólisis e hidrólisis del PTE.

Mediante un procedimiento similar a la metnólisis se trabajaron las técnicas de hidrólisis y glicólisis. De la primera se obtuvo ácido tereftálico pero no muy puro, de la segunda se obtiene tereftalato de 2-bishidroxietilo, que es la materia prima de la coplicondensación descrita en la parte 4.

La reacción de hidrólisis que se lleva a cabo es la siguiente:



Para la reacción de hidrólisis se realizaron los cuatro primeros pasos mencionados en la técnica de metanólisis, de los cuales se cambiaron los pasos 2, 3 y 4 de la siguiente manera:

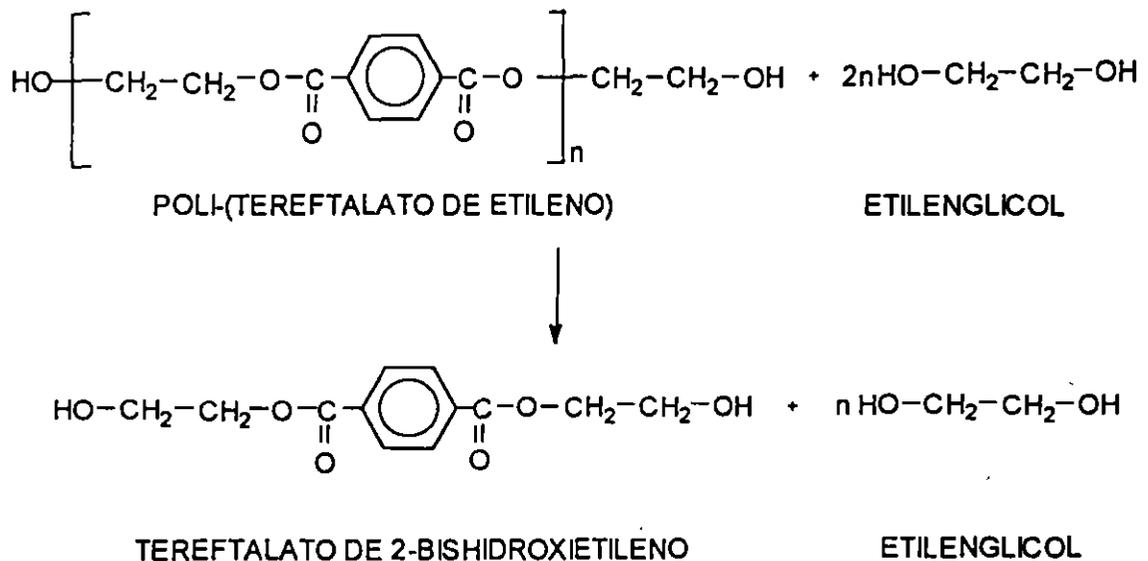
2. El PTE es colocado en un reactor PARR de capacidad de 2 litros que consta del reactor, una chaqueta de calentamiento con reóstato y un agitador mecánico. La cantidad de PTE en cada carga fue de 259.2 g. Posteriormente se le añade el agua; la cantidad adicionada de agua se calcula a partir de considerar que la carga de PTE es el 30% en peso de la mezcla PTE-agua, es decir que el agua que se adiciona para una carga de 259.2 g es de 604.08 g. Esta reacción no requiere de catalizador.

3. Se inicia la reacción y las condiciones a las que se debe operar son: temperatura de 250 °C y presión de 56 Kg/cm² durante 200 minutos.

4. Una vez terminada la reacción se enfría el reactor y se descarga el producto que es una mezcla de ATF, agua y glicoles.

Con la técnica anterior se obtuvo un producto impuro al que se le tendría que hacer una purificación de varios pasos y aparentemente complicada y no muy económica (13).

La reacción de glicólisis que se lleva a cabo es la siguiente:



Para la reacción de glicólisis al igual que la reacción anterior se realizaron los cuatro primeros pasos mencionados en la técnica de metanólisis, de los cuales se cambiaron los pasos 2, 3 y 4 de la siguiente manera:

d). Desarrollo de la tecnología de la producción de satisfactores de alto valor agregado, tales como copoliésteres elastoméricos, a partir del producto de la glicólisis del PTE. Se escogió a los copoliésteres elastoméricos ya que estos plásticos de ingeniería que están siendo introducidos exitosamente en el mercado de los elastómeros termoplásticos, gracias a sus muchas aplicaciones y a su facilidad para ser procesados.

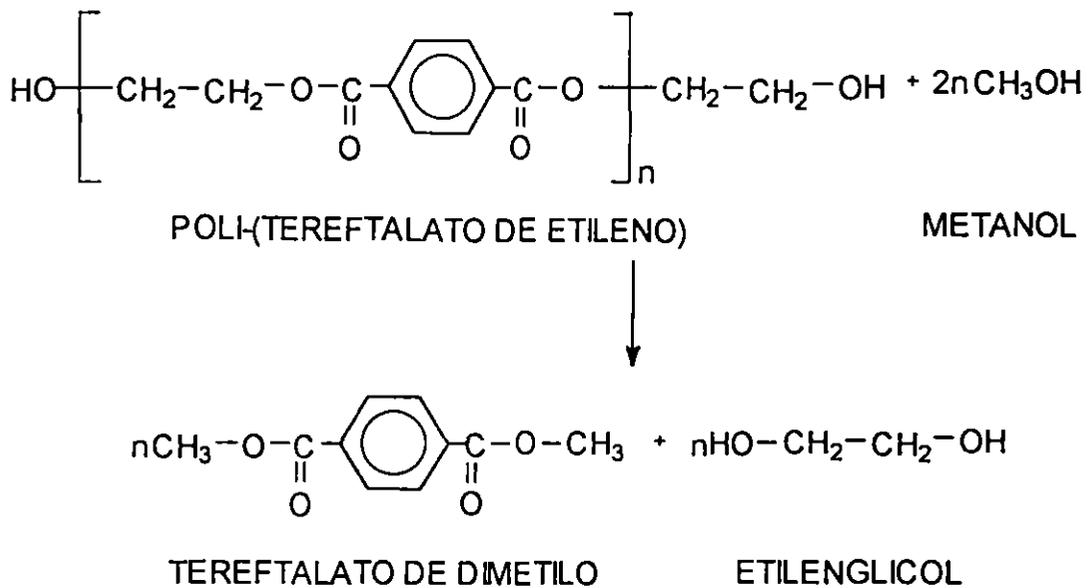
METODOLOGÍA.

En el presente trabajo se partió de PTE de desecho, obtenido de las botellas de refresco y PTE de películas de rayos X. La depolimerización del PTE se llevó a cabo mediante reacción con alguna de las tres sustancias: Metanol, monoetilenglicol y agua.

La parte experimental se divide en cuatro etapas: 1. Establecimiento de las condiciones de reacción para la depolimerización del PTE mediante una metanólisis (3), para producir tereftalato de dimetilo, TDM; 2. Técnicas de glicólisis e hidrólisis del PTE; 3. Transesterificación del TDM para producir un plastificante y 4. Producción de copoliésteres elastoméricos a partir del producto obtenido por glicólisis del PTE.

1. Depolimerización del PTE.

La reacción que se trata de llevar a cabo en esta parte es la siguiente:



La técnica a seguir se describe a continuación:

1. Se recolectó PTE de botellas de refresco (Coca-Cola, Pepsi, Fanta, Mirinda, etc.) y se cortó en rectángulos de aproximadamente 3 x 4 cm (los trozos no deben de ser necesariamente del mismo tamaño).
2. El PTE es colocado en un reactor PARR de capacidad de 2 litros que consta del recipiente de reacción, una chaqueta de calentamiento con reóstato y un agitador mecánico. La cantidad de PTE en cada carga fue en promedio de 280 g. Posteriormente se le añade el metanol; la cantidad adicionada de metanol se calcula a partir de considerar que la carga de PTE es el 30% en peso de la mezcla PTE-metanol, es decir que el metanol que se adiciona para una carga de 280 g es de 653.33 g. Por último se agregan 0.3 g de catalizador, que en este caso es acetato de zinc.
3. Se inicia la reacción y las condiciones a las que se debe operar son: temperatura de 250 °C y presión de 80 Kg/cm² durante 200 minutos.
4. Una vez terminada la reacción se enfría el reactor y se descarga el producto que es una mezcla de TDM, metanol y glicoles.
5. Una vez descargados los productos, se les hace un lavado con metanol frío. Este se lleva a cabo colocando los productos en un matraz Erlenmeyer con tapa, al que se le adicionan 1,000 ml más de metanol y la mezcla final se colocaba en un baño de hielo.

**RECICLAJE DE PLÁSTICOS,
ASPECTOS QUÍMICOS Y ECONÓMICOS.
1. RECICLAJE QUÍMICO DEL
POLI-(TEREFTALATO DE ETILENO).**

Por: Dr. M. Javier Cruz Gómez
M. en C. Cornelio de la Cruz Guerra
Ing. Néstor Noé López Castillo

*Facultad de Química. Departamento de Ingeniería Química. E-212
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.
04510 Ciudad Universitaria. México, D. F.*

RESUMEN.

Se desean encontrar soluciones al problema de la generación de sólidos de desecho, entre ellos el de los plásticos, en las grandes ciudades del mundo, que sean alternas al quemado y relleno sanitario. Se muestra el desarrollo de tecnologías entrelazadas para el reciclaje químico del poli-(tereftalato de etileno), PTE. Se ensayaron las técnicas de metanólisis, glicólisis e hidrólisis del PTE para producir tereftalato de dimetilo, TDM, tereftalato de bis(hidroxi-etilo), TBHE, y ácido tereftálico, ATF, respectivamente. Con el TDM se ha estado produciendo un plastificante primario para diferentes polímeros, entre ellos el poli-(cloruro de vinilo), mediante reacción de TDM con 2-etilhexanol. El producto obtenido reúne todos los parámetros de control de calidad de un plastificante industrial. Con el TBHE se han producido muestras preliminares de un copoliéster elastomérico, se espera que en breve se pueda optimizar la técnica de copolicondensación, para lograr producir éstos con calidad adecuada a diferentes aplicaciones industriales.

ANTECEDENTES.

En las grandes ciudades de todo el mundo, se manifiesta cada vez en forma mas crítica, el problema de la generación de desechos sólidos, principalmente en forma de plásticos no-biodegradables. Se estima que actualmente se están

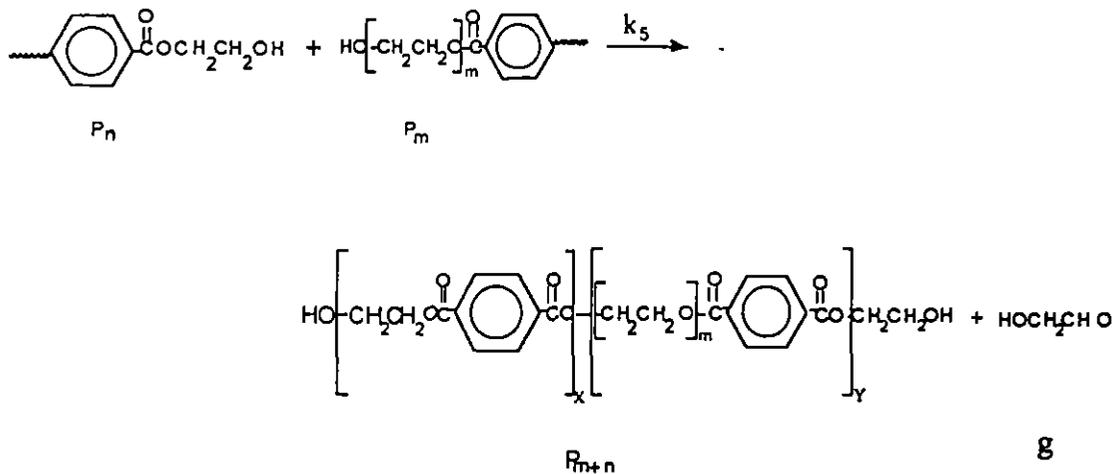
consumiendo en el mundo 1,500 millones de toneladas de plásticos. Esto equivale a decir que cada uno de los 6,000 millones de seres humanos usan en promedio 250 kg/año de plásticos (1). En el Distrito Federal se estima que dentro de las 18,000 tons/día que de basura se recogen, van incluidas el equivalente a 40 kg/año, por cada uno de sus 15 millones de habitantes (2). El 80% de los plásticos que se desechan se encuentran entre los 5 polímeros de consumo generalizado: Polietileno, PE, poli-(cloruro de vinilo), PCV, polipropileno, PP, poliestireno, PS, y poli-(tereftalato de etileno), PTE. Los usos principales de éste último polímero son como fibra textil (poliéster) y para embaces de bebidas carbonatadas (PTE o PET botella) (11).

A los desechos sólidos se les ha tratado y se continua todavía tratando, mediante técnicas inadecuadas desde el punto de vista económico y ecológico (6), como son: El relleno sanitario y la incineración. Se considera que es factible encontrar, en cualquier país desarrollado o en vías de desarrollo, métodos físicos para reciclar a los 5 polímeros de uso generalizado. Así, por ejemplo, el PTE-botella de desecho, ha encontrado en los países desarrollados (7), un segundo uso como fibra para alfombras. En México se encuentra por un lado que el uso de alfombras es limitado y por otro que se tiene un alto consumo de refrescos embotellados, aunado al habito del mexicano de retornar el embace vacío, por lo que las empresas refresqueras mexicanas han acumulado, en los últimos años, un tonelaje exorbitante de PTE botella en trozos, el cual espera ser reprocesado. En el presente trabajo se intenta encontrar, para dicho PTE, una o mas rutas químicas de reciclaje (5), con factibilidad económica.

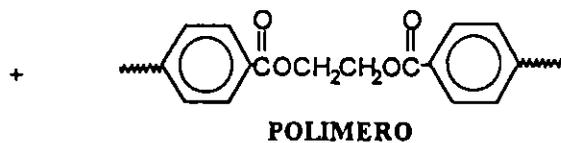
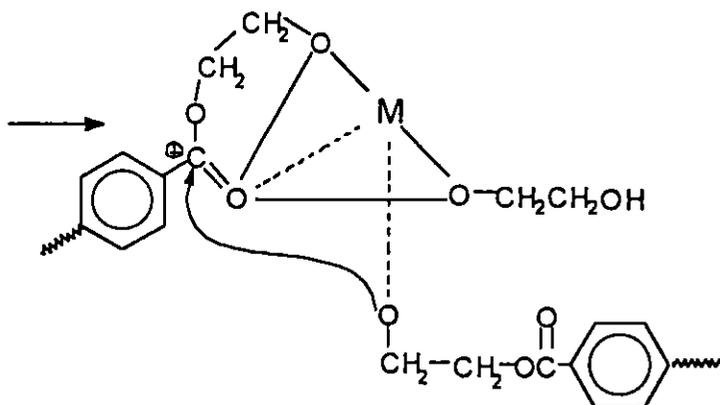
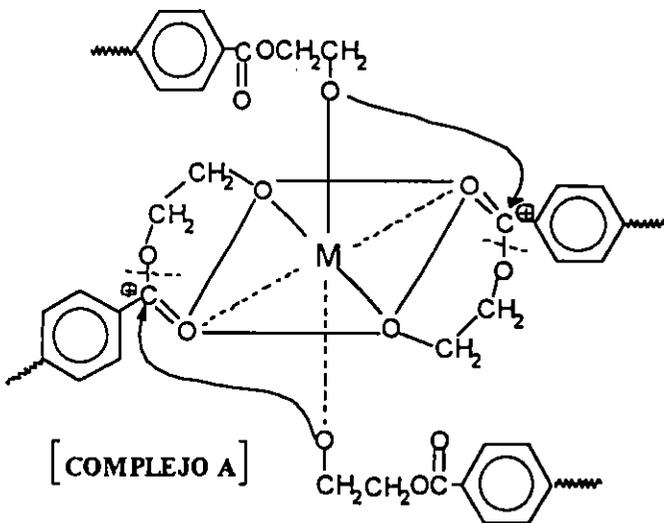
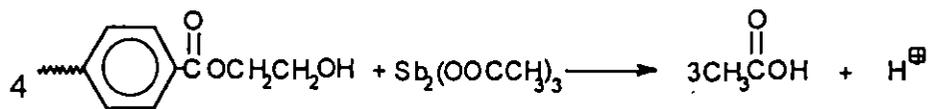
OBJETIVOS Y METAS.

- a). Encontrar rutas químicas de reciclaje de PTE adecuadas para los usos de los productos resultantes, que se puedan dar principal y primeramente en México.
- b). En base a los resultados experimentales obtenidos a nivel de banca de laboratorio, desarrollar la ingeniería básica para diseñar una planta piloto o semi-industrial, para el reciclaje de PTE.
- c). Comprobar que al utilizarse el tereftalato de dimetilo (TDM), obtenido mediante el proceso de reciclaje químico del PTE, este resulte adecuado para su uso en procesos industriales ya existentes en el país.

4. Reacción de policondensación



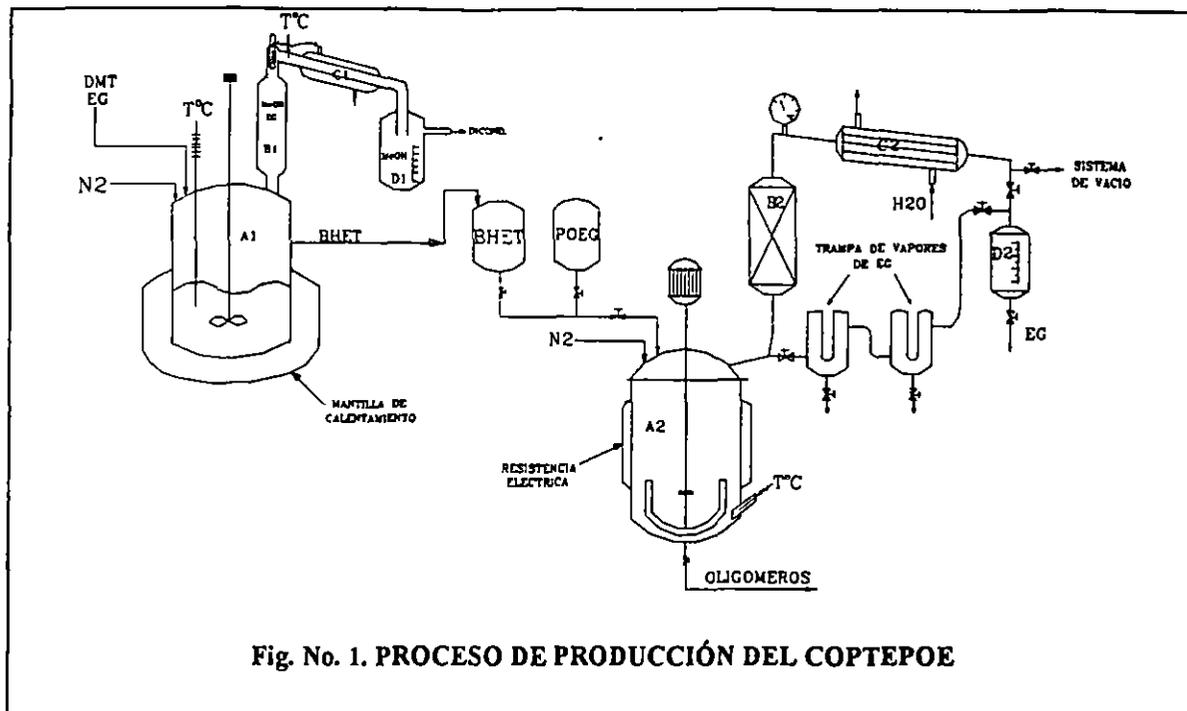
En el diagrama de la página siguiente se muestra un mecanismo de policondensación (14), catalizado por un metal, en este caso el antimonio.



MECANISMO DE LA REACCION DE POLICONDENSACION

Actualmente se trabaja en la construcción de un reactor policondensador que tenga el diseño y las características necesarias para producir el copoliéster con calidad adecuada. El proceso completo de producción del copoliéster elastomérico COPTEPOE, se muestran en la Fig. No. 1. La reacción de intercambio de éster y transesterificación se lleva a cabo en (A1), en donde se alimentan, el tereftalato de dimetilo, TDM, obtenido de la depolimerización del TPE y el etilenglicol, EG, en una relación estequiométrica de 1:2. La mezcla TDM-EG, es calentada hasta 140 °C y se agrega el catalizador (sal metálica) que inmediatamente inicia la reacción. La temperatura se incrementa gradualmente de 140 °C a 200 °C durante aproximadamente tres horas. Como productos de la reacción, se obtiene el tereftalato de bis(2-hidroxi-etileno), TBHE, ó segmento duro y el metanol que se desprende de la reacción. Los vapores de metanol salen del reactor (A1), pasan por una columna de rectificación (B1), se enfrían en un condensador (C1) y finalmente son recolectados en un recipiente graduado (D1).

El tereftalato de bis(2-hidroxi-etileno), TBHE, que se obtiene en el reactor (A1) ó el que se obtiene de la depolimerización del TPE por glicólisis, se alimenta junto con el segmento blando POEG en una relación molar $(TBHE)_0/(POEG)_0$ de 10 a 20. A la masa de reacción se le agrega el catalizador (puede ser el titanato de tetrabutilo) y es calentada gradualmente a partir de 210 °C, temperatura a la cual, inicia la reacción de oligomerización con vacío parcial desprendiéndose vapores de etilenglicol, EG, que salen del reactor (A2), pasan por una columna de destilación (B2), son enfriados por un condensador (C2) y recolectados por un recipiente graduado (D2). Los productos obtenidos con vacío parcial, son los oligómeros poli-(tereftalato de etileno), TPE de bajo peso molecular y copoli-(tereftalato de (etileno-polioxi-etileno)), COPTEPOE de bajo peso molecular. El copoliéster elastomérico, COPTEPOE de alto peso molecular, se obtiene en el mismo reactor (A2) pero al alto vacío.

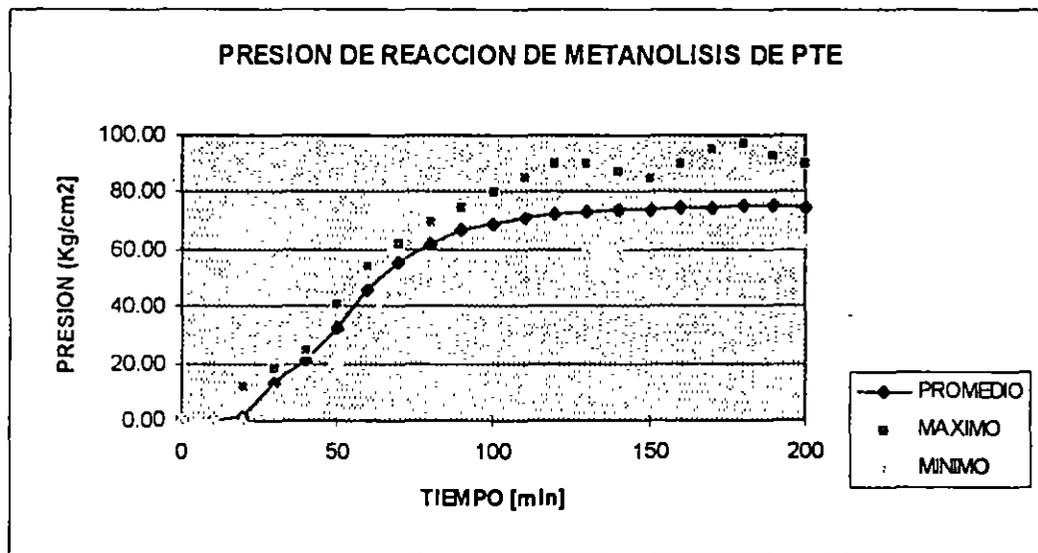
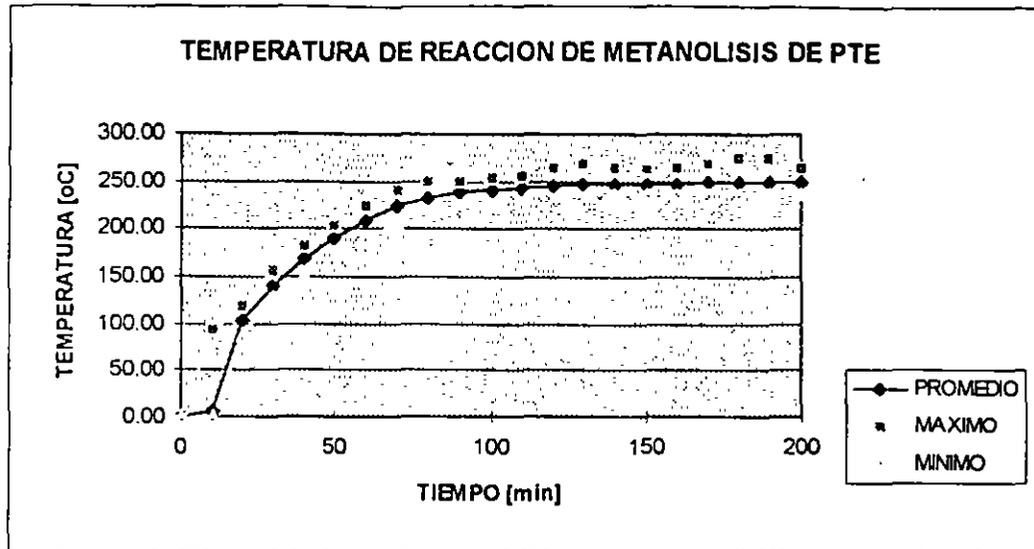


RESULTADOS.

Después de haber realizado 18 metanólisis con PTE botella transparente, 1 metanólisis con PTE azul de radiografías, 1 metanólisis de PTE botella de color verde, 2 hidrólisis y 2 glicólisis se obtuvieron los siguientes resultados:

El producto final obtenido fue el $78.9\% \pm 10\%$ en relación al esperado teóricamente, esto se debe a que hay pérdidas de producto en la etapa de lavado, así como, los compuestos adicionales que contiene el PTE y que son extraídos en el lavado de acetona.

El comportamiento de la temperatura y la presión de la reacción se puede observar en las siguiente gráficas:



Como se puede observar el comportamiento tanto de la temperatura como de la presión es la misma tratando de que las condiciones permanezcan durante una hora estabilizadas, ya con con ello se obtubieron los mejores resultados en la reacción.

El producto final obtenido es el tereftalato de dióctilo, que se ocupa como plastificante. Al realizarle la prueba de calidad a las primeras cargas nos daba con valores no aceptados, pero al ir mejorando la primer etapa se fueron obteniendo mejores resultados hasta obtener los más adecuados. En la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos de un lote de producción de TPDO y los máximos permisibles:

	MUESTRA	VALORES ACEPTABLES
VISCOSIDAD _{25oC} [cp]	57	56-60
DENSIDAD _{20oC}	0.984	0.980-0.985
COLOR	20	25 MAX
ACIDEZ	0.04	0.07 MAX
FLASH POINT [oC]	234	230-238

Como se puede observar, el plastificante TPDO obtenido a partir del TDM producto de la depolimerización del PTE de botellas es de calidad aceptable, con lo que ya se tiene una técnica para obtener plastificantes útiles a partir de material de desecho.

Un inconveniente que existía era el de decolorar, problema producido por las etiquetas o por el color mismo que trae consigo el material. Este problema fue resuelto al realizar el lavado en lugar de metanol con acetona, obteniendo un TDM puro también.

Se realizaron pruebas experimentales a nivel piloto para la producción del COPTPEOE y se lograron producir diferentes muestras de producto con características y parámetros muy cercanos a los de un copoliéster con aplicaciones industriales. Una deficiencia del equipo usado fue la de no dar el vacío requerido ($P \leq 1$ mm de Hg). Este y otros detalles por mejorar se tomaron en cuenta en el nuevo diseño de policondensador, que está a punto de ponerse en operación.

CONCLUSIONES.

La cultura del mexicano de retornar las botellas vacías de refresco, anteriormente de vidrio y ahora de PTE, se debe de fomentar, ya que mediante ella se facilitará la recolección y triturado de botellas de desecho de PTE que se puedan reciclar física o químicamente.

La metanólisis del PTE para producir TDM, seguida de la transesterificación de éste con 2-etilhexanol, lleva a la producción de un plastificante de alta calidad y susceptible de obtener un uso industrial inmediato.

La glicólisis de un PTE limpio conduce a un producto intermedio, el TBHE, en la manufactura de plásticos de ingeniería y de especialidades, con alto valor agregado, como son los copoliésteres elastoméricos.

La hidrólisis del PTE, que en principio debería de ser la técnica de depolimerización mas barata al usar agua como correactante, genera un ATF de baja calidad, difícil de purificar. En caso de requerir ATF puro, este se deberá de producir a partir de TDM previamente purificado.

Se confía en que con un reactor de diseño mejorado se pueda producir un COPEPOE y otros mas copoliésteres elastoméricos de calidad satisfactoria para diferentes aplicaciones industriales.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Stevens, P. Malcom. *"Polymer Chemistry"*. Oxford University Press. (1990). p. 30.
2. Cremoux, Raúl; Domínguez A., Edmundo. *"La Ciudad de México en Cifras"*. Grupo Gráfico Romo. México, D. F. (1994). p. 17.
3. Cruz Gómez, M. Javier, Ramírez de Arellano Aburto, Nicolás y Rodríguez Martínez, Cecilia. *"Proceso para reciclar poliéster de los ácidos o-, m- y p-bencendicarboxílicos"*. Patente Mexicana en trámite No. 945362, Folio 40774, de Julio 14 de 1994. Se inició ya el trámite de esta patente en los EUA.
4. Cruz Gómez, M. Javier, De la Cruz G., Cornelio y Ramírez de Arellano, Nicolás. *"El Desarrollo En México de Proyectos con Tecnología de Vanguardia para Fortalecer la Cadena Petroquímica del P-Xileno. Caso del poli-[Tereftalato de Poli-(oxialquilenos)]"*. Memorias de la XXXI Convención Nacional del IMIQ. Noviembre de 1991.
5. Shelley, Suzanne; Moore, Stephen y Fouhy, Ken. *"Plastics reborn"*. Chemical Engineering. Julio de 1992.

6. Basta, Nicholas y MacKerron, Conrad. "*Plastics recycling grows up*". Chemical Engineering. Noviembre 23 de 1987.
7. Basta, Nicholas; Standing, William y Short, Herb. "*Plastics recycling: A revival*". Chemical Engineering. Junio 25 de 1984.
8. Basta, Nicholas y Fouhy, Ken. "*Plastics recycling gains momentum*". Chemical Engineering. Noviembre de 1990.
9. Garry Howell, S. "*A ten year review of plastics recycling*". Journal of Hazardous Materials, No. 29. 1992.
10. Derry, R. "*Plastics recycling in Europe*". Report of The Warren Spring Laboratory and Recycling Advisory Unit, of the Departement of Trade and Industry. Febrero de 1991.
11. Wong, Wing T. and Progeholf, Richard C. "*Injection molding grade PET compounds*". RUTGERS University. 1988.
12. Bennett, Robert A. "*New product applications; Evaluations and markets for products; Manufactured from recycled plastics and Expansion of national database for plastics recycling*". RUTGERS University. 1991.
13. Bruce Y. Rosen. "*Preparation of purified terephthalic acid from waste polyethylene terephthalate*". US Patent No. 5,095,145. Mar. 10, 1992
14. Ravindranath, K. and Mashelkar, R. A. "*Recent Advances in Polyethylene Terephthalate Manufacture*". Chemical Laboratory. Pune, India. (1990).



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

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL
DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

**MOD. III PROCESOS DE TRATAMIENTO PARA
EL CONTROL DE RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES Y PELIGROSOS**

**TEMA: RECICLAJE DE PLASTICOS
ANEXO**

EXPOSITOR DR. M JAVIER CRUZ GOMEZ

UNAM. Facultad de Química
Departamento de Ingeniería Química
Laboratorio E-212
Tel. 622-53-59 y fax. 622-53-29

ÓXIDO-REDUCCIÓN, FOTÓLISIS Y POLÍMEROS.

1. Tratamiento de desechos mediante reacciones de oxidación o reducción química.
2. Procesos de fotodegradación de desechos peligrosos, con formación de polímeros, en algunos casos.
3. Procesos de depolimerización y/o reciclaje de plásticos.

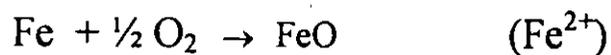
Dr. M. Javier Cruz Gómez

A. REACCIONES REDOX

Oxidación es una pérdida de electrones.



El hierro o el acero se oxida cuando su estado de oxidación pasa de "0" a 2+ ó 3+.



Reducción es una ganancia de electrones.

Cuando los iones metálicos disueltos ganan electrones, en el cátodo de un sistema electrolítico, se convierten al metal.



B. TRATAMIENTO DE DESECHOS POR OXIDACION

La oxidación se usa principalmente para tratar desechos tóxicos en estado líquido, por ejemplo: Fenoles, aminas, clorofenoles y mercaptanos (etanotiol, ácido m-mercaptobenzoico, tienen al grupo -SH).

Tabla 1.

AGENTES OXIDANTES PARA EL TRATAMIENTO DE CIANURO.

Agente	Reacción de Oxidación
Hipoclorito de sodio	$2\text{NaCN} + 5\text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{NaHCO}_3 + 5\text{NaCl}$
Hipoclorito de calcio	$4\text{NaCN} + 5\text{Ca(OCl)}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{N}_2 + 2\text{Ca(HCO}_3)_2 + 3\text{CaCl}_2 + 4\text{NaCl}$
Cloro	$2\text{NaCN} + 5\text{Cl}_2 + 12\text{NaOH} \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{NaCl} + 6\text{H}_2\text{O}$
Polisulfido de calcio	$\text{NaCN} + \text{CaS}_x \rightarrow \text{NaCNS} + \text{CaS}_{x-1}$
Permanganato de potasio	$\text{NaCN} + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{KOH} \rightarrow 2\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{NaCNO} + \text{H}_2\text{O}$
Peróxido de hidrógeno	$\text{NaCN} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{NaCNO} + \text{H}_2\text{O}$
Ozono	$\text{NaCN} + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaCNO} + \text{O}_2$

El radical cianuro es el desecho de muchas fábricas (cromadoras entre otros).

Los fenoles son un desecho de las refinerías (sosas (fenólicas) gastadas).

C. TRATAMIENTO DE DESECHOS POR REDUCCION.

En el tratamiento de desechos peligrosos no siempre se trata de obtener el metal, con estado de oxidación "0", basta cambiar el estado de oxidación del ion metálico de un estado tóxico a un estado no-tóxico o tratable, ejemplo el Cr^{6+} que cuando se pasa a Cr^{3+} es precipitable como $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

Tabla 2.

AGENTES REDUCTORES USADOS EN EL TRATAMIENTO DEL CROMO (+6).

Agente	Reacción de Reducción
Bióxido de azufre	$3\text{SO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2\text{SO}_3$ $2\text{CrO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
Bisulfito	$4\text{CrO}_3 + 6\text{NaHSO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$
Sulfato ferroso	$2\text{CrO}_3 + 6\text{FeSO}_4 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$

D. REACTIVOS QUE SE USAN PARA REACCIONES DE OXIDACION.

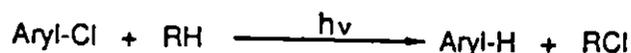
Hipoclorito de sodio	NaOCl
Peróxido de hidrógeno, agua oxigenada	
Hipoclorito de calcio	Ca(OCl)_2
Permanganato de potasio	KMnO_4
Ozono	O_3

E. REACTIVOS PARA REACCIONES DE REDUCCION

Bióxido de azufre	SO_2
Borohidruro de sodio	NaBH_4
Sulfato ferroso	FeSO_4

FOTOLISIS

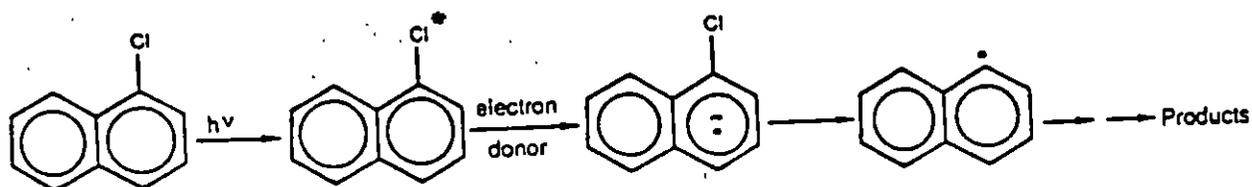
Las reacciones fotoquímicas ocurren cuando ciertas moléculas se activan, mediante la absorción de un quantum de luz que las activa y de ahí se siguen los cambios químicos.



No cualquier molécula, ni cualquier λ son efectivos en las reacciones fotoquímicas.

La luz ultravioleta ($\lambda = 295$ a 385 nm) que llega a la tierra, después de que la capa de ozono de la estratosfera filtra la UV de alta energía, es capaz de desencadenar reacciones fotoquímicas en muchas moléculas. Ejemplo de ellas es la fotosíntesis de la clorofila en los vegetales.

Además de los dos mecanismos de reacción simples ya presentados, para las reacciones fotoquímicas, existen otros dos mecanismos mas: En uno se pasa por radicales y carbocationes y en el otro se pasa por un anión radical, antes de dar productos degradados, o al menos no tóxicos.



El proceso de fotólisis encuentra aplicaciones en el tratamiento de:

- **Pesticidas:** Insecticidas, hervicidas y fungicidas.
- **Subproductos** de diferentes industrias de síntesis químicas, ejemplo es la dioxina que se genera en el proceso industrial de la producción del triclorofenol.
- **Explosivos.** Los que no se usan como tales y los subproductos de su proceso de fabricación.

Lo ideal en el área de los pesticidas es que tuvieran una doble cualidad:

La de matar a los organismos (vegetales o animales que se desee) y

Lo que sobre ser foto- o bio-degradable.

Hasta la fecha se han utilizado pesticidas que son recalcitrantes, es decir, resistentes a la biodegradación y/o hidrólisis. La mayoría de ellos son cloruros de arilo. Los pesticidas no bio- o foto-degradables deberán de desaparecer del mercado.

Se hacen pruebas para ver la fotodegradación de pesticidas, en reactores (Batch) por cargas, con una lámpara de luz UV. Ejemplo, la fotodegradación del hervicida Atrazina [2-cloro-4-(etilamino)-6-(isopropilamino)-s-triazina]:

RECALCITRANT = *to show repugnance or resistance to something, to be refractory.*

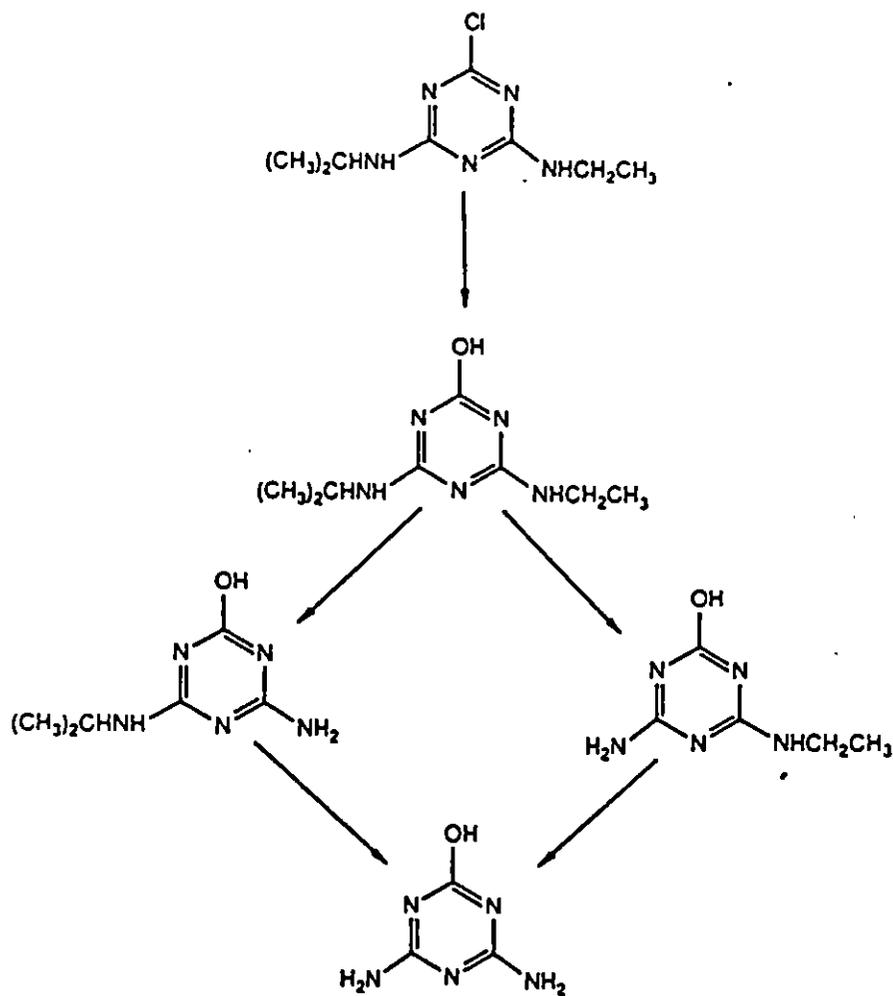


FIG. 7.3.1 Products of photolysis from Atrazine.⁹

Otro ejemplo, es la fotodegradación de la dioxina generada en el proceso industrial de producción del triclorofenol, el 2,3,7,8-TCDD, [2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-dioxina]:

(Aquí se presenta la producción de un polímero a partir de un diol.)

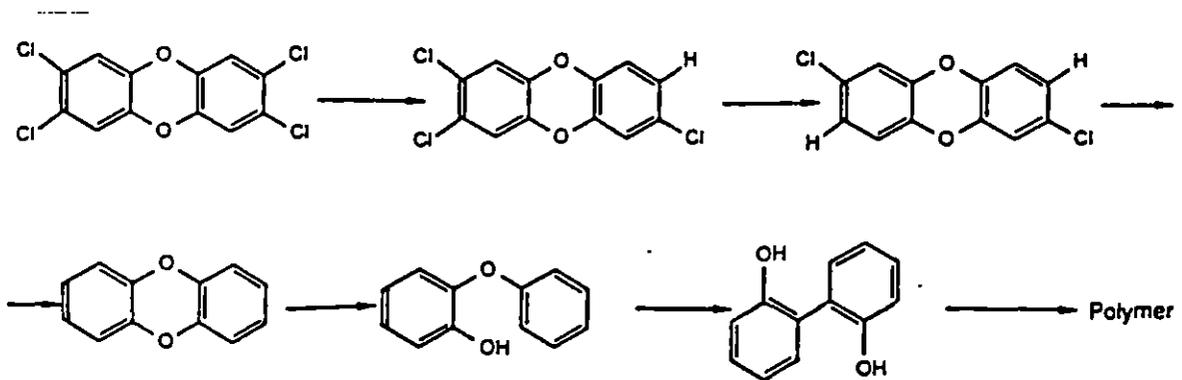


FIG. 7.3.2 Products of photolysis from 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin (2,3,7,8-TCDD).¹¹

La dinamita que no se usa como explosivo o los subproductos de su proceso industrial de producción. TNT [2,4,6-trinitrotolueno]

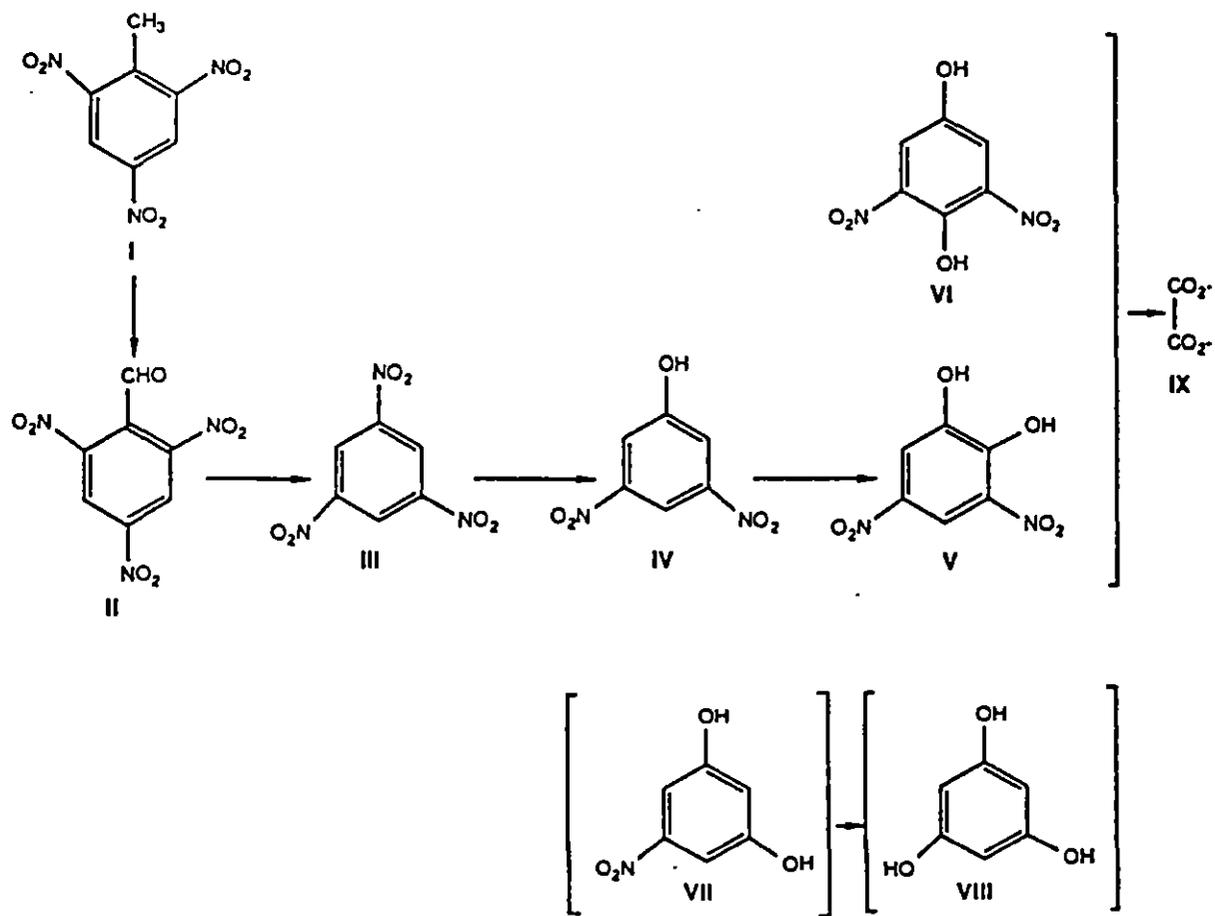


FIG. 7.3.3 Products of photolysis from TNT.⁹

2.2. Factores y criterios ecológicos

Factores

Criterios

Fauna

especies endémicas, especies en peligro de extinción, especies económicamente valiosas

en áreas de baja diversidad de especies, fuera de zonas en donde habiten especies económicamente valiosas o en peligro de extinción

Flora

especies endémicas, especies en peligro de extinción, especies económicamente valiosas

en áreas de baja diversidad de especies, fuera de zonas en donde habiten especies económicamente valiosas o en peligro de extinción

Hábitat

comunidades vegetales que sirven de hábitat a especies raras, áreas ecológicamente sensitivas, áreas con funciones de protección, reservas y parques naturales

fuera y lejos de zonas declaradas como áreas de reserva o parques naturales, lejos de áreas ecológicamente sensitivas como humedales o bosques tropicales

2.3. Factores y criterios socio-económicos

Factores

Paisaje

visibilidad, valor escénico del paisaje, sitios prominentes

Recreación

parques, playas, rutas turísticas, zonas dedicadas a actividades deportivas, zonas de campamento

Históricos/arqueológicos/culturales

monumentos, ruinas, sitios de interés histórico

Demográficos

densidad de población, zonas escolares, clínicas, hospitales y sitios comunes de reunión de personas, penales, organizaciones ambientalistas

Uso del Suelo

agricultura, silvicultura, acuicultura industrias extractivas y minería, pozos y presas, designación del uso del suelo, depósitos con materiales flamables o explosivos, aeropuertos

Desarrollo potencial

áreas de reserva urbana, planes de desarrollo, corredores industriales, reservas federales

Transporte

carreteras y ferrocarriles, puertos

Servicios públicos

líneas de conducción eléctrica, telégrafo y teléfono, líneas de drenaje y agua potable estaciones de bomberos, policía,

Criterios

en sitios no visibles desde grandes extensiones, fuera de zonas con un alto valor estético del paisaje

lejos de áreas dedicadas a actividades recreativas

lejos de sitios con un valor cultural para la sociedad

en áreas de baja densidad de población, lejos de zonas donde existen agrupaciones de personas, especialmente de niños, ancianos y enfermos

lejos de zonas económicamente productivas o con un uso vital para la sociedad, lejos de áreas con instalaciones críticas

fuera de áreas designadas para crecimiento urbano, zonas militares, y zonas designadas para desarrollos industriales o de transporte

lejos de autopistas, cerca de caminos secundarios y vías de ferrocarril, cerca de puertos

lejos del tendido de líneas o de instalaciones de servicios públicos

Definición de factores y criterios

- *de acuerdo a la escala del estudio*
- *de acuerdo al tipo de instalación de manejo de residuos peligrosos*
- *de acuerdo al tipo de residuo*

Tipos de criterios

- *excluyentes (estrictos)*
- *discrecionarios (condicionados)*
- *preferentes (recomendables)*

La aplicación de los criterios debe seguir un orden jerárquico en el sentido geográfico, es decir aplicando primero los de escala regional hasta llegar a los de escala local, definiendo así:

- *zonas potenciales dentro de la región de estudio*
- *áreas potenciales dentro de las zonas*
- *sitios potenciales dentro de las áreas*

Finalmente, una comparación detallada de los sitios potenciales, lleva a la identificación de sitios preferentes, de los que mediante un proceso de definición de su aceptabilidad pública, se elige el sitio final.

También, dentro de cada nivel geográfico, debe existir un orden en la aplicación de los criterios en cuanto a su tipo: se aplican primero los excluyentes, luego los discrecionarios y finalmente los preferentes

2.1. Factores y criterios del medio físico

(LISTA PARCIAL)

Factores

Criterios

Clima y meteorología

viento, precipitación y evaporación, tormentas

a barlovento de áreas pobladas o áreas ecológicamente sensibles, no más de 1500 mm de precipitación media anual

Relieve

elevación, pendiente, orientación

no más de 8 o 10% de pendiente, en laderas orientadas hacia el sur

Cubierta del suelo

tipo y densidad de vegetación

en áreas con vegetación arbustiva o pastizal

Procesos fluviales

erosión lineal y lateral

lejos de campos de cárcavas o de zonas con meandros o con formación de abanicos

Suelos

intemperización, textura y espesor

en suelos con profundidad mayor a 80 cm, de textura limo-arenosa, con buen drenaje en áreas con baja densidad de disección, fuera de llanuras de inundación con un período de retorno de 100 o más años

Hidrología superficial

drenaje e inundaciones

en zonas con manto freático profundo, sin flujo subsuperficial

Aguas subterráneas

profundidad y tipo

fuera de zonas de formación de dunas

Procesos eólicos

erosión, formación de dunas

en áreas no susceptibles a deslizamientos rotacionales o traslacionales

Estabilidad del terreno

deslizamientos de tierra, hundimientos

en zonas de baja o nula actividad sísmica, no sobre una falla activa

Geofísica

tectonismo, sismicidad, vulcanismo

Geología

tipo de material, porosidad, fracturamiento

preferentemente en rocas no porosas, no fracturadas con un espesor considerable

Procesos kársticos

disolución, cavidades, grietas

fuera de áreas con relieve kárstico

IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE SITIOS PARA UBICACIÓN DE CONFINAMIENTOS DE RESIDUOS PELIGROSOS

1. Objetivos y Métodos en la selección

1.1. Metas de la selección

1.2. Pasos en la selección

2. Definición de factores y criterios

2.1. Físicos

2.2. Ecológicos

2.3. Socio-económicos

2.4. Relativos al proyecto

3. Herramientas para la selección

3.1. Mapas

3.2. Levantamientos de campo

3.3. Imágenes (fotos, video, satélite)

3.4. Sistemas de Información Geográfica

1. Objetivos y métodos en la selección

1.1. Metas de la selección

- a. minimizar riesgos para la salud*
- b. minimizar el impacto al ambiente*
- c. minimizar los costos del proyecto*
- d. maximizar la aceptación pública*
- e. maximizar la adecuación del sitio respecto a las características del proyecto*

1.2. Pasos en la selección

- a. Definición del área de estudio*
- b. Definición de factores de selección*
- c. Definición de criterios de selección*
- d. Establecimiento de métodos para la aplicación de criterios*
- e. Selección de herramientas para la aplicación de criterios*



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

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL
DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS**

**MOD. III PROCESOS DE TRATAMIENTOS
PARA EL CONTROL DE RESIDUOS
SÓLIDOS MUNICIPALES Y PELIGROSOS**

TEMA: ASPECTOS GEOGRÁFICOS.

M. EN C. LUIS MIGUEL MORALES MANILLA

2.4. Factores y criterios relativos al proyecto

Factores

Criterios

Proximidad a usuarios

El sitio debe localizarse de tal manera que se optimice la distancia y el tiempo de transporte mientras se maximiza el número de usuarios

Accesibilidad

cerca de vías de comunicación transitables todo el tiempo

Disponibilidad de servicios

facilidad de acceder a energía eléctrica, agua potable, comunicaciones, bomberos

Costo y tamaño del sitio

costo del terreno mínimo con respecto al costo total del proyecto, el área del sitio debe ser suficiente como para permitir modificaciones y extensiones si se requiere

3. Herramientas para la selección de sitios

De adquisición de información:

Mapas

**escala
calidad
actualidad
formato**

Levantamientos de campo

**para obtención de información geográfica
para medición
para verificación**

Imágenes

**fotografías aéreas (precisión)
de video (actualización rápida de grandes áreas)
de satélite (resolución espectral y espacial)**

De análisis y medición

Sistemas de Procesamiento de imágenes

para la clasificación de la información contenida en imágenes

Sistemas de Información Geográfica

**para la realización de diversos tipos de análisis espacial:
proximidad, dayacencia, exposición, visibilidad, coincidencia, conectividad, etc
mediciones:
distancias, orientaciones, pendientes,
y simulación de escenarios:
'what if...'**



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL
DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS**

**MOD. III PROCESOS DE TRATAMIENTOS
PARA EL CONTROL DE RESIDUOS
SÓLIDOS MUNICIPALES Y PELIGROSOS**

**TEMA: LEGISLACIÓN COMPARADO SOBRE
TRATAMIENTOS TÉRMICOS (CASO ALEMANIA)**

ING. ISABEL KREINER

DISTRIBUCION DE PODERES

LEGISLATIVA: Se realiza por medios del parlamento considerando el consejo federal y los representantes de los estados federales

Consejo federal: Representantes de los gobiernos federales nombrados no elegidos, así que los estados federales pueden participar en la legislación y administración de la federación.

Parlamento: Cámara de diputados federal (Bundestag) (516 delegados) Se elige cada 4 años de manera general, libre, secreta y directa de la población con derecho a participar en las elecciones.

Asamblea federal: delegados de la cámara de diputados elegidos por los representantes de los estados federales.

JURISDICCION: La corte federal;
La corte federal constitucional;
La corte administrativa;
La corte civil local- regional, estatal, federal.

EJECUTIVA: Gobiernos, Autoridades gubernamentales, Ejército, Administración

LA LEGISLACION AMBIENTAL EN ALEMANIA

La política ambiental debe de ser orientada a:

proteger el estado del medio ambiente y mejorarlo

minimizar o eliminar los daños existentes al medio ambiente

evitar daños al ser humano y al medio ambiente

minimizar riesgos para el ser humano, animales, plantas, naturaleza, paisajes, medio ambiente y espacios

conservar y ampliar los espacios para el desarrollo de generaciones futuras y la diversidad de especies salvajes y paisaje

PRINCIPIOS ESTABLECIDOS POR LA POLÍTICA AMBIENTAL

El principio de cooperación

El principio de "el que contamina paga"

El principio de prevención

MEDIDAS EN RELACION A LA POLITICA AMBIENTAL

Medidas con respecto a plantas industriales:

Medidas con respecto a productos

Medidas con respecto a regiones

RESPONSABILIDADES EN EL AMBITO AMBIENTAL

LEGISLACION: Gobierno federal
Secretarías federales

EJECUCION: Secretarías estatales

(AUTORIZACION) Presidente de la administración
regional

(Supervision/control) Oficinas de inspección industrial

Asesoría técnica y científica: Agencias Federal de Protección
Ambiental
Instituciones estatales de
protección ambiental

Apoyo técnico y científico: Expertos o instituciones
independientes
(TUEV)

TIPOS DE LEGISLACION

De competencia *exclusivamente* federal:

Ley de Energia Nuclear, El derecho Nuclear

De competencia *competitiva* Federal - Estatal:

Aire, Ruido, Residuos

De competencia de "*marco*": El gobierno federal da el marco, los detalles y los requisitos de ejecución los estados :

Agua

La iniciativa para una ley puede provenir del gobierno federal, del consejo federal o de los miembros de la cámara de diputados. En la mayoría se presentan las propuestas de legislación por el gobierno., que se presentan al gabinete. Aprobados por este se presenta la propuesta al consejo federal. De ahí se presenta con propuestas de cambio a la cámara de diputados, que lo discute en 3 lecturas. Si se aprueba ahí con una mayoría simple se regresa la propuesta al consejo federal . Si se trata de leyes donde se requiere un consentimiento del consejo federal, si no se aprueba la ley fracasó, si se aprueba se lleva a firma al secretario correspondiente y se expide por el presidente de la federación y se pública en la "hoja federal de leyes" = diario oficial.

En el caso que no se requiere de consentimiento del consejo federal y el consejo renuncia a una conciliación se expide por el presidente y se publica, si el consejo insiste en una conciliación y no se consigue un consenso, se requiere de una mayoría de 2/3 en la elección en la cámara de diputados.

LEYES AMBIENTALES

Ley Federal de Protección de Imisiones (Infisiones)
(ruido, aire, radiación, luz, calor y vibración)

Ley del Manejo de Cuerpos de Agua
(agua, agua subterránea, agua residual)

Ley de Cuotas sobre Agua Residual

Ley de Residuos
(residuos sólidos, líquidos, peligrosos)

Ley de Sustancias Químicas
(introducción de sustancias químicas)

Ley de Fertilizantes

Ley de Detergentes

Ley de Protección de Plantas

Ley Federal de la Protección de la Naturaleza

Ley Federal de Bosques (protección)

Concepto de Protección de Suelos

Ley de Impacto Ambiental

REGLAMENTOS

Reglamento de Plantas Grandes de Combustión

Reglamento de Plantas que requieren de Autorización

Reglamento sobre el Proceso de Autorización

Reglamento sobre Accidentes Mayores

Reglamento de Sustancias Peligrosas

Reglamento del Origen de Aguas Residuales

Reglamento de la Protección de Especies de Plantas y Animales

LEGISLACION

La Legislación Alemana respecto a los residuos tiene la siguiente estructura:

La “Constitución Federal” y de los Estados:

indica la filosofía de la sociedad

La “Ley de Desechos” y paralelas leyes , p.e. la Ley de Protección a Inmisiones a nivel federal:

indica el marco legislativo y las responsabilidades sin dar detalles ni instrucciones técnicas.

El Ordenamiento Administrativo o Reglamento o Guía Técnico respectivo (federal):

da instrucciones limitantes técnicas o valores límite a cumplir pero no fija a cierta tecnología

Los lineamientos de la Asociación Alemana de Ingenieros y los lineamientos expedidos por los Comités de Trabajo Estatales:

es un guía de orientación en la realización de ciertas mediciones o la aplicación de ciertas clases de tecnologías

Normas Alemanas Industriales.

son normas a cumplir por la producción y los servicios (p.e. ciertas medidas para los tornillos, descripción de un método de análisis químico)

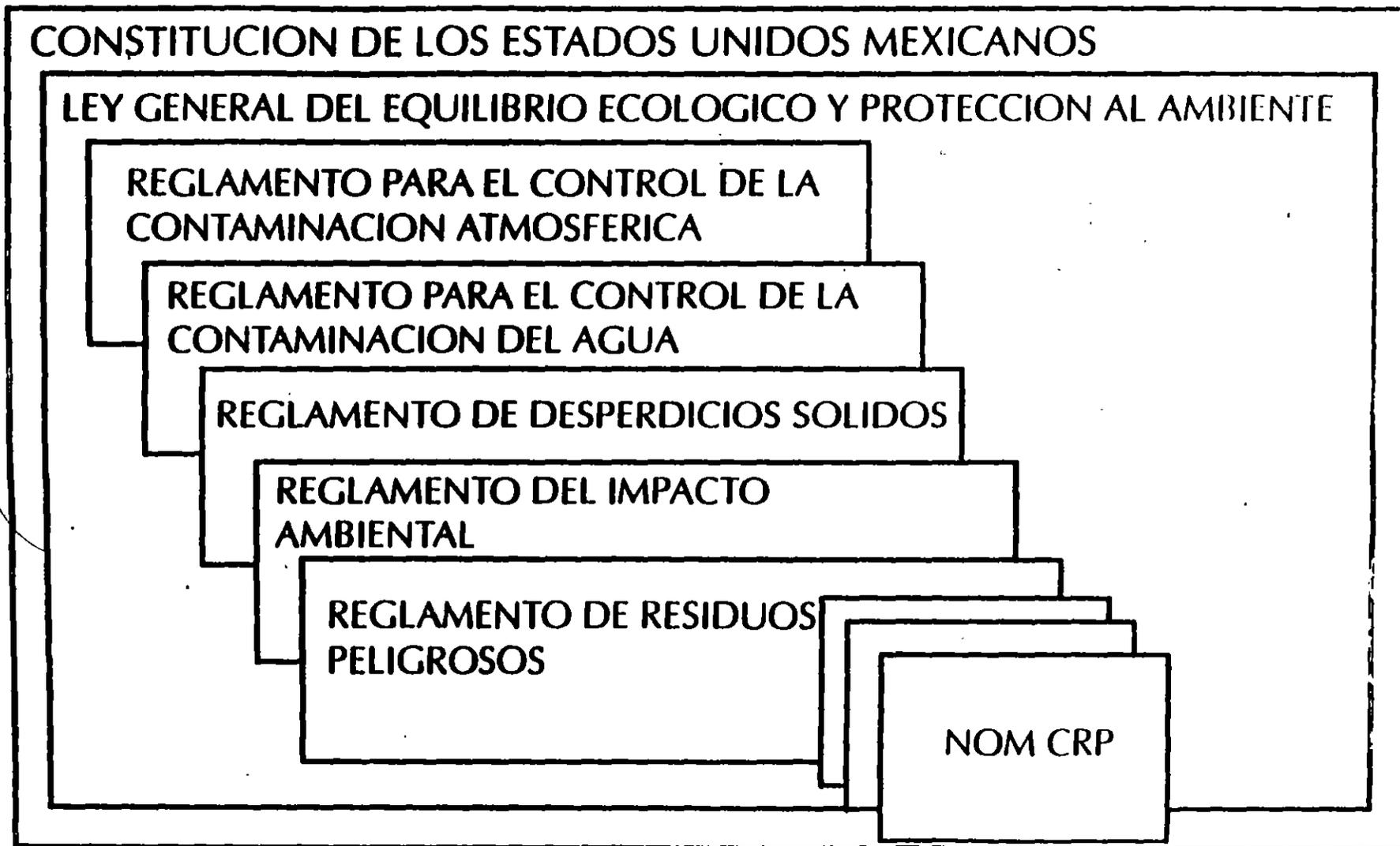
Hojas informativas de los comités de trabajo de los estados:

son lineamientos específicos para detallar información faltante en los reglamentos federales u otra parte. (p. e. confinamiento controlado, en el caso de incineración es el linamiento de la asociación alemana de ingenieros que indica el detalle requerido).

Leyes Estatales de Desechos

retoman las indicaciones a nivel federal y las concretizan.

ESTRUCTURA DE LA REGLAMENTACION AMBIENTAL



NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE RESIDUOS PELIGROSOS

- 1 NOM-CRP-001-ECOL/93
DETERMINACION DE RESIDUOS PELIGROSOS Y SU LISTADO.**
- 2 NOM-CRP-002-ECOL/93
PRUEBA DE EXTRACCION PARA LA DETERMINACION DE LA TOXICIDAD DE UN RESIDUO.**
- 3 NOM-CRP-003-ECOL/93
COMPATIBILIDAD DE RESIDUOS PELIGROSOS.**
- 4 NOM-CRP-004-ECOL/93
REQUISITOS DE SITIOS DESTINADOS AL CONFINAMIENTO CONTROLADO DE RESIDUOS PELIGROSOS.**
- 5 NOM-CRP-005-ECOL/93
ESTANDARES PARA INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS DE UN CONFINAMIENTO CONTROLADO DE RESIDUOS PELIGROSOS.**
- 6 NOM-CRP-006-ECOL/93
REQUISITOS PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACION DE CELDAS DE CONFINAMIENTO CONTROLADO DE RESIDUOS PELIGROSOS.**
- 7 NOM-CRP-007-ECOL/93
REQUISITOS PARA LA OPERACION DE CONFINAMIENTOS CONTROLADOS DE RESIDUOS PELIGROSOS.**

NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE RESIDUOS PELIGROSOS EN PREPARACION PARA 1994

- 1. MANEJO DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS**
- 2. MANEJO DE RESIDUOS BIOLÓGICOS INFECCIOSOS**
- 3. PLAGUICIDAS Y SUSTANCIAS TOXICAS**

NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE RESIDUOS PELIGROSOS EN PREPARACION PARA 1994

- 1. MANEJO DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS**
- 2. MANEJO DE RESIDUOS BIOLÓGICOS INFECCIOSOS**
- 3. PLAGUICIDAS Y SUSTANCIAS TOXICAS**

ANALISIS COMPARATIVO DE LAS NORMAS MEXICANAS (1)

	MEXICO	EUA	ALEMANIA	JAPON
MINIMIZACION DE DESECHOS	—	X	X	X
NORMAS SOBRE ACEITE USADO	INDIRECTA	X	X	X
NORMAS DE CONTROL DE ASBESTOS	—	X	X	X
ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS	PARCIAL	X	X	X
NORMAS SOBRE DESECHOS RADIOACTIVOS	PARCIAL	X	X	X
TANQUE DE ALMACENAMIENTO SUBSUELO	—	X	X	X
DISEÑO DE INCINERADORES	—	X	X	X

ANALISIS COMPARATIVO DE LAS NORMAS MEXICANAS (2)

	MEXICO	EUA	ALEMANIA	JAPON
ANALISIS DE RIESGO DE LA SALUD HUMANA	—	X	X	X
PROTECCION Y ENTRENAMIENTO PROFESIONAL	PARCIAL	X	PARCIAL	X
ASEGURAMIENTO FINANCIERO	—	X	X	X
INSPECCION DE LA PREPARACION PARA CASOS DE EMERGENCIA EN PLANTAS DE TRATAMIENTO, ALMACENAMIENTO Y DISPOSICION / PLANES DE CONTINGENCIA	—	X	X	X
POZOS DE INYECCION SUBSUELO	—	X	X	PROHIBIDO X
CIERRE DE INSTALACIONES TRATAMIENTO, ALMACENAMIENTO Y DISPOSICION	PARCIAL	X	X	X
LIMPIEZA DE SITIOS DE DESECHOS ABANDONADAS	—	X	X	X
MONITOREO AMBIENTAL	PARCIAL	X	X	X

Official Mexican Standards (NOMs) Scheduled for 1995*

Description of Proposed NOM	NOM Code, if Applicable	Type	Status
Requirements for the design of a sanitary landfill and construction of related facilities.	NOM-084-ECOL-1994	Hazardous/ Municipal Waste	1
Sampling techniques and sample management for hazardous waste analysis.		Hazardous/ Municipal Waste	4
Management of used lubrication oils.		Hazardous/ Municipal Waste	4
Incineration of hazardous wastes.		Hazardous/ Municipal Waste	3
Characteristics of stabilized waste destined for final disposal.		Hazardous/ Municipal Waste	4
Requirements for design and construction of agrochemical waste facilities.		Hazardous/ Municipal Waste	4
Requirements for used-tire management.		Hazardous/ Municipal Waste	4
Management of oil and natural gas extraction wastes.		Hazardous/ Municipal Waste	4
List of substances defined as hazardous wastes, their characteristics, and the concentrations that qualify them as toxic.	NOM-052-ECOL-1993	Hazardous/ Municipal Waste	5
Technical requirements for developing alternative fuels from wastes.		Hazardous/ Municipal Waste	4
Requirements for making sanitary landfill cells impermeable.		Hazardous/ Municipal Waste	3
Requirements for the classification, separation, packaging, storage, collection, transport, treatment, and final disposal of infectious wastes generated by hospitals and other medical facilities.	NOM-087-ECOL-1994	Hazardous/ Municipal Waste	6
Requirements for the design, construction, and operation of mining tailings storage facilities.	NOM-090-ECOL-1994	Hazardous/ Municipal Waste	6
General requirements for hazardous waste and agrochemical disposal facilities. Does not include radioactive waste facilities.	NOM-055-ECOL-1993	Hazardous/ Municipal Waste	5
Conditions for operating a sanitary landfill for municipal wastes.		Hazardous/Municipal Waste	3
Requirements for operating sanitary landfills meant to receive solid municipal waste.	NOM-083-ECOL-1994	Hazardous/ Municipal Waste	1

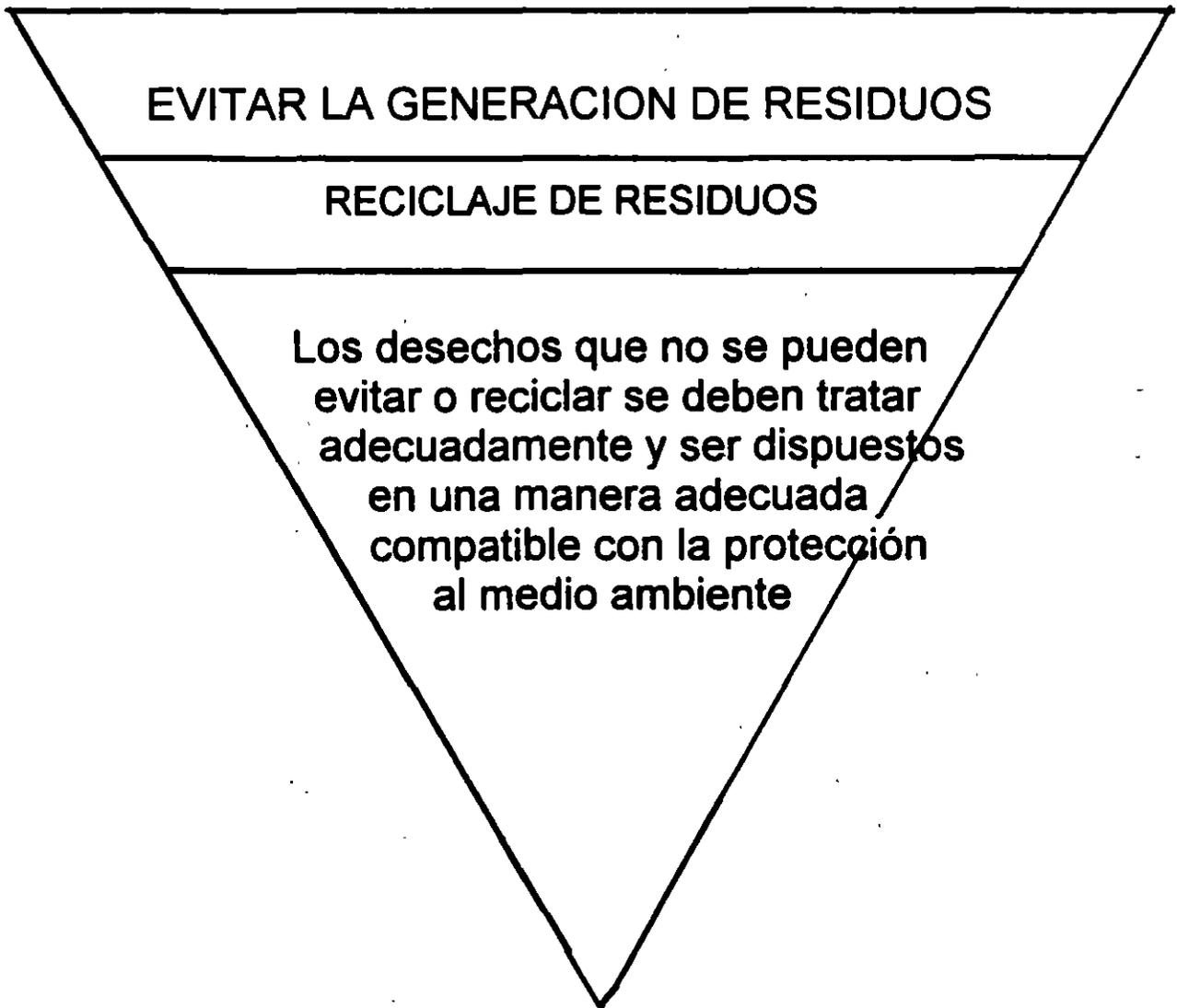
Source: *Diario Oficial de la Federación*, 19 April 1995.

*This chart includes only environmental NOMs scheduled for publication by the National Ecology Institute (INE) during 1995. Several other secretariats published scheduled NOMs, some related to environmental issues, on the same day.

NOTES:

1. Approved by the National Environmental Protection Standardization Committee (CCNNPA) for publication in final form during 1995.
2. Approved by CCNNPA for publication in draft form during 1995.
3. Previously proposed standard rescheduled for review in 1995.
4. New proposed standard not previously published in any form.
5. Published as final NOM but scheduled for revision.
6. Draft NOM awaiting final approval from CCNNPA.

PRINCIPIO DE LA LEY DE DESECHOS



LEY SOBRE EL EVITAR Y MANEJO DE DESECHOS

(Abfallgesetz, 27-8-86)

Objetivo:

Evitar cualquier riesgo o daño a la salud humana, a animales, suelo, agua y plantas, como también evitar el impacto ambiental causado por contaminantes atmosféricos o ruido originado por las instalaciones respectivas.

La Ley responsabiliza a los estados federales de Planes regionales para el manejo de los residuos; obliga al operador de instalaciones de tratamiento de documentar el tipo y cantidad de desecho tratado; responsabiliza al generador del correcto manejo del desecho; obliga al fabricante de ciertos productos de garantizar que exista un tratamiento adecuado para los residuos de la producción o del producto usado y/o para ciertos productos que existe la posibilidad de retorno.

No se consideran bajo esta ley residuos como por ejemplo:

- radiactivos,**
- de minería - jales,**
- sustancias gaseosas no captadas,**
- sustancias que se vierten a cuerpos de agua o a plantas de tratamiento de aguas residuales,**
- sustancias usadas para combates militares.**

Se mencionan especialmente a aceites gastados y coches chatarra.

LEY SOBRE EL EVITAR Y MANEJO DE DESECHOS (Abfall gesetz) 27-8-1986

Objetivo:

Evitar cualquier riesgo o daño a la salud de humanos, a animales, suelo, agua y plantas, como también evitar el impacto ambiental causado por contaminantes atmosféricos o ruido originado por las instalaciones respectivas.

La Ley responsabiliza a los estados federales de establecer planes para el manejo de residuos; obliga al operador de instalaciones de tratamiento de documentar el tipo y cantidad de desecho tratado; responsabiliza al generador del correcto manejo del desecho; obliga al fabricante de ciertos productos de garantizar que exista un tratamiento adecuado para los residuos de la producción o del producto usado y / o para ciertos productos que existe la posibilidad de retorno.

GUIA TÉCNICA DE DESECHO - DESECHOS PELIGROSOS (TA-Abfall) 12-3-1991

Objetivo:

Regular el manejo de los desechos

La Guía contiene indicaciones para la aprobación de las plantas de tratamiento de residuos, la clasificación de los residuos a procesos de tratamiento e instalaciones, requisitos a cumplir a través de la organización y el personal de las instalaciones de disposición de residuos y también por los sistemas de información y la documentación, requisitos adicionales a cumplir en las áreas del almacenamiento intermedio (confinamiento controlado superficial se cuenta como almacenamiento intermedio) y las instalaciones de tratamiento de los residuos, etc.

**EL GUIA TECNICO DE RESIDUOS
(TA Abfall) 12-3-1991**

1. Campo de aplicación
2. Definiciones
3. Aprobación de las plantas de tratamiento de residuos
4. Clasificación de los residuos a procesos de tratamiento e instalaciones
5. Requisitos a cumplir através de la organización y el personal de las instalaciones de disposición de residuos y también por los sistemas de información y la documentación
6. Requisitos adicionales a cumplir en las áreas del almacenamiento intermedio (confinamiento controlado superficial se cuenta como almacenamiento intermedio) y las instalaciones de tratamiento de los residuos
7. requisitos especiales para instalaciones de almacenamiento intermedio
8. Requisitos especiales para instalaciones de tratamiento
9. Requisitos especiales para rellenos sanitarios superficiales
10. Requisitos especiales para confinamientos subterranos en roca salina
11. Requisitos para instalaciones existentes

REGLAMENTO DE DETERMINACIÓN DE DESECHOS (listado de la calificación de los residuos)

REGLAMENTO SOBRE LA DETERMINACIÓN DE RESIDUOS - RESTOS (listado)

REGLAMENTO SOBRE LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE COMO CONTROL DE RESIDUOS

Reglamentos sobre Aceite usado, lodos de plantas de tratamiento, solventes halogenados, de retornos y tasas de retorno de envases de plástico para bebidas.

LAS LEYES ESTATALES DE DESECHO de los estados Nordrhein-Westfalen y Brandenburg (1993)

Adicional a las indicaciones de la ley federal obligan estas leyes a partir de 1993 a los generadores de residuos peligrosos en cantidades mayores a 500 kg/año a elaborar un concepto por empresa de gestión de todos los residuos generados, dar seguimiento a este y mostrarlo a las autoridades si se requiere.

El concepto debe contener:

- **indicaciones sobre el tipo, la cantidad y el destino de los residuos**
- **presentación de las medidas tomadas y planeadas para la minimización (evitar) y el reuso/reciclaje de los residuos**
- **comprobación de una seguridad de manejo para 5 años, si es un manejo interno incluyendo la planeación del sitio y de las instalaciones.**

Los hospitales obligados a elaborar un concepto de gestión de residuos, adicionalmente deben elaborar un balance de residuos anual y publicarlo.

**LA LEY DE MANEJO DE DESECHOS Y RECICLAJE
DE PRODUCTOS
(KREISLAUFWIRTSCHAFTSGESETZ)
JUNIO 1994
(en vigor a partir de 1996)**

Objetivos:

Con base en una responsabilidad integral para el producto, la responsabilidad de los residuos generados en la producción y el consumo se transfiere a futuro del gobierno a los productores, distribuidores y consumidores

Generadores y propietarios de residuos estarán obligados a

- dar prioridad al evitar la generación de residuos (p.e. usando sistemas de retorno)**
- recuperar adecuadamente a residuos que no se puedan evitar de forma que no se cause daños (reciclaje o recuperación de energía)**
- disponer solamente de residuos no recuperables y hacerlo de una forma compatible con el medio ambiente**
- el comercio y la industria son responsables lo más lejos posible para cumplir con estas obligaciones observando los requerimientos legales estrictos**
- el gobierno permanece responsable del manejo del residuo si un control seguro no se puede asegurar por parte de los generadores**

LA LEY FEDERAL DE MANEJOS CICLICOS Y DE RESIDUOS
Ley para la fomentación de un manejo en ciclo y aseguramiento de
una disposición ambientalmente adecuada de los residuos
24 de junio 1994 - vigente a partir de 1996

- 1. Definiciones y generalidades**
- 2. Principios y responsabilidades del generador y dueño de los residuos como de la institución encargada del manejo**
- 3. Responsabilidad por el producto**
- 4. Responsabilidad de la planeación**
 - orden y planeación**
 - autorización de instalaciones de tratamiento**
- 5. fomento de la venta**
- 6. obligación de informar**
- 7. Supervisión**
- 8. Organización de la empresa y del encargado de residuos**
- 9. Determinaciones de conclusión (p.e. multas..)**

Par. 19: Para generadores de más de 2 toneladas de residuos que requieren especial cuidado (peligrosos) o más de 2000 toneladas de residuos que requieren cuidado, se requiere elaborar un concepto de gestión de residuos. Estos conceptos deben ser elaborados hasta el 31 de diciembre 1999 para los siguientes 5 años y se deben continuar en periodos de 5 años.

NORMATIVIDAD ADICIONAL A LA LEY DE RESIDUOS

La siguiente legislación es considerada adicionalmente en su caso para el manejo de los residuos:

1. La Ley Federal para la Protección a Inmisiones (14-5-1990)

A parte se consideran en especial para instalaciones de manejo y tratamiento las regulaciones administrativas que se deducen de esta ley: La Guía Técnica de Aire y la Guía Técnica de Ruido

2. La Ley Federal de Aguas (23.9.1986)

3. La Ley Federal de Minas

4. La Ley Federal sobre el Uso pacífico de la Energía Nuclear y la Protección de sus Peligros (15-7-1985)

5. La Ley Federal de la Eliminación de Cuerpos de Animales

6. La Ley Federal de Protección de Plantas

(... autorización para expedir reglamentos para la destrucción de plantas que son portadoras de organismos nocivos...)

7. No existe Ley específica para las sustancias usadas para combates militares, por lo cuál es válida la **Ley General Policiaca (estatal)**

8. La Ley Federal de Plagas/Epidemias

LEY FEDERAL DE LA PROTECCION DE IMISIONES (BImSchG)

Objetivo:

Protección de daños por el medio ambiente contaminado a humanos, animales y plantas, suelo, agua y la atmósfera como también materiales incluyendo de valor cultural;

Protección de riesgos, desventajas y molestias considerables y prevenir la generación de efectos dañinos, causado por instalaciones que requieren de autorización.

(Se excluyen aeropuertos, plantas nucleares. que tienen propias leyes.)

Guia Técnica de Aire
(TA-Luft)

Objetivo:
restringir la emisión de contaminantes

Guia Técnica de Ruido
(TA- Laerm)

Objetivo:
aplicar las técnicas de control para cumplir con los valores límite indicados según zona de uso de suelo y día o noche

NORMATIVIDAD AL RESPECTO DE INCINERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS

Estados Unidos

EPA:estándares para todas las instalaciones que tratan, almacenan o disponen de residuos peligrosos:

- aspectos de operación de la instalación
- capacitación del personal
- inspección del equipo
- planes de contingencia
- responsabilidad financiera
- y planes de clausura.

Estándares específicos para la incineración de residuos peligrosos:

Acta de Conservación y Recuperación de Recursos "**Resource Conservation and Recovery Act**" (RCRA) enero de 1981 (**40 CFR 264 , RCRA 3004**), última revisión en 1991 para adaptarse a los estandares emitidos para calderas y hornos (**40 CFR 260 et al. "Burning of Hazardous Waste in Boilers and Industrial Furnaces; Final Rule"**, Febr. 1991) y también cumpliendo con los estándares establecidos en el Acta del Control de Sustancias Tóxicas "**Toxic Substances Control Act**" (TSCA) para la incineración de PCBs.

Alemania

Ley Federal de Protección de Inmisiones

"Bundes-Immissionsschutzgesetz" (BImSchG, 26-11-1986

medidas generales de protección a influencias dañinas al medio ambiente por contaminantes atmosféricos, ruido, vibraciones y procesos similares.

Guía Técnica de Desechos (TA-Abfall, 10-4-1990) y la Guía Técnica de Aire (TA-Luft, 27-2-1986).

(Los valores de emisión indicados en esta última se refieren a un flujo másico de desechos de hasta 0.75 toneladas por hora a un contenido de oxígeno en el gas de chimenea de 17 % en volúmen y para flujos másicos de desechos de más de 0.75 toneladas por hora con un contenido de oxígeno de 11% de volúmen.)

17avo Reglamento Federal para la Protección de Inmisiones (17. BImSchV, 23-11-90)

Se aplica a incineradores de desechos y sustancias parecidas combustibles:

- requisitos para el suministro de los combustibles y su almacenamiento
- requisitos a la operación de la incineración
- valores de emisión
- el tratamiento de los gases de chimenea
- el tratamiento de los residuos de la incineración
- muestreos y monitoreos
- aspectos administrativos.

CAMPO DE APLICACION DE 17.BImSchV

Incineradores para Residuos

(Eliminación de materias sólidas o líquidas por incineración)

Incinerador de residuos domésticos

Incinerador de residuos peligrosos

Incinerador de lodos de depuración

incinerador de residuos hospitalarios

Incinerador de materias remanentes de la producción industrial

En el caso de combustión de residuos como combustible alternativo en

plantas termoeléctricas y calderas

otras instalaciones tal como cementeras, altos hornos, hornos de cal et. al.

**El Ordenamiento administrativo 17 para la Implementación de
la Ley Federal de Protección de Inmisiones (17. BImSchV)**

23-11 1990

Parte 1 Generalidades:

1. Campo de aplicación
2. Definiciones

Parte 2 Requisitos a la construcción, el diseño y la operación:

3. Requisitos relacionados con las emisiones a cumplir durante la recepción y el almacenamiento intermedio del material usado
4. Combustión
5. Valores Límite de Emisión
6. Altura de chimeneas
7. Tratamiento de material restante
8. Uso del calor generado

Parte 3 Monitoreo y medición:

9. Puntos de muestreo
10. Métodos y equipo de muestreo
11. Muestreo continuo
12. Evaluación e interpretación del muestreo continuo
13. Mediciones individuales
14. Reporte y evaluación de los resultados del muestreo
15. Muestreo por separado de los metales pesados
16. Anormalidades/Problemas en la operación normal

Parte 4 Requisitos a instalaciones existentes

17. Medidas interim0

Parte 5 Medidas conjuntas:

- 18: Informar al público
19. Excepciones permitidas
20. Requisitos más estrictos
21. Medidas administrativas penales/multas etc.

INSTALACIONES CONSIDERADAS

Estados Unidos 40 CFR 260 et al.	Alemania 17. BImSchV
<p>calderas y hornos industriales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - de cementeras, - hornos de agregados de peso ligero - hornos de ácidos halogenados - fundidoras <p>Los incineradores de residuos peligrosos deben cumplir con los mismos valores indicados en este reglamento.</p>	<p>instalaciones de incineración de residuos, calderas y hornos independiente del combustible usado (condicionado)</p> <p>NO SE APLICA A:</p> <p>instalaciones que sirven únicamente para la quema de</p> <ul style="list-style-type: none"> - madera y productos de madera tratada con compuestos orgánicos halogenados - paja , cáscara de nuez y material vegetal parecido - productos del proceso de producción de pulpa de papel con sosa - combustible líquido con contenido hasta 10 mg/kg de hidrocarburos aromáticos policlorados, PCBs y PCPs y con un valor calorífico inferior de mínimo 30 Megajoule /kg - otros combustibles líquidos que por sus características muestran emisiones parecidas o menores a las provenientes de la incineración de combustóleo ligero - residuos de la destilación o conversión de refinería o residuos de la separación de nafta para propio consumo

Parámetros de Control Operacional

Parámetro	Estados Unidos 40 CFR 260 et al.	Alemania 17. BImSchV
CO	Tier I.: menos de 100 ppmv Tier II: más de 100 ppmv pero con menos de 20 ppmv de HC totales (corregido a 7% de oxígeno, medido continuamente y registrado como promedio horario rodante)	50 mg/m ³ en promedio diario, 100 mg/m ³ en promedio horario, además no deben de exceder el 90% de los valores medidos en 24 horas 150mg/m ³ (valores con base en 11% de oxígeno en volumen) (17. BImSchV)

Parámetros de Control Operacional

Parámetro	Estados Unidos 40 CFR 260 et al.	Alemania 17. BImSchV
Temperatura	máxima temperatura de gases de escape a la entrada del equipo de control de partículas de 230°C (450° F) o menos	la temperatura tiene que ser por lo menos de 850°C después de la última alimentación con aire si se trata de residuos sin hidrocarburos halogenados, en el caso contrario se requiere de 1200°C y 6%en Vol. de O ₂ u 3% en caso de combustibles líquidos u incineración en condiciones intencionalmente pobres de oxígeno. Las temperaturas, tiempos de retención y % de oxígeno pueden variar si es demostrado que no se generan los contaminantes orgánicos críticos, como dioxinas. (17. BImSchV)

Parámetros de Control Operacional

Parámetro	Estados Unidos 40 CFR 260 et al.	Alemania 17. BImSchV
Monitoreo continuo	CO y HC total	<p>Para incineradores de desecho municipal y flujo de masa > 0.75 t/h – polvo, compuestos inorgánicos gaseosos de cloro. Para otras instalaciones de incineración además se monitorea SO₂, compuestos gaseosos inorgánicos de Fluoruro; estas mediciones se pueden ahorrar, si está demostrado que solamente se originan pequeñas cantidades de estos contaminantes.</p> <p>(TA-Luft)</p> <p>Se deben de monitorear continuamente: CO, polvo, C-org., compuestos CL, HF, SO_x, NO_x, O₂, Temperatura, humedad relativa, volumen de gases de escape, presión. (17. BImSchV).</p>

Control de Emisiones

<p>Partículas y Metales Pesados:</p>	<p>Partículas: EUA 180 mg/m³ a 7% de oxígeno. Se establecen límites de emisión para 10 metales tóxicos basados en proyectados en riesgos a la salud por inhalación a un individuo hipotético expuesto a concentraciones máximas (MEI). El estándar para los metales cancerígenos (As, Be, Cd y Cr) de riesgo aumentado de contraer cancer durante la vida no debe exceder el 1:100,000. (Se suma el riesgo) Los estándares para metales no cancerígenos (Sb, Ba, Pb, Hg, Ag, Tl) se basan en Dosis de Referencia (RfD). Los estándares se aplican en tres alternativas: Tier I a III. Tier I: indica límites en la tasa de alimentación de residuos (listados) en función de la altura efectiva de la chimenea, el terreno y el uso del suelo y para el peor caso de dispersión. Tier II: límites de emisión (listados) en función de la altura efectiva de chimenea, del terreno, el uso del suelo y el peor caso de dispersión. Tier III: se realizan mediciones de las emisiones, se aplica un modelo de dispersión específico del lugar y se aplican límites de operación, tasas de alimentación de residuos y su composición, la temperatura específica de combustión y otros.</p>	<p>Partículas: Alemania $\leq 30 \text{ mg/m}^3$ promedio de media hora, $\leq 10 \text{ mg/m}^3$ promedio diario, además, (17. BImSchV) Metales pesados promedios sobre el periodo de muestreo: Cd, Tl en total $\leq 0.05 \text{ mg/m}^3$, Hg $\leq 0.05 \text{ mg/m}^3$ Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn en total $\leq 0.5 \text{ mg/m}^3$ Periodo de muestreo mínimo de 0.5 horas y máximo 2 horas. (17. BImSchV)</p>
---	--	--

Control de Emisiones

Parámetro	Estados Unidos 40 CFR 260 et al.	Alemania 17. BImSchV
Emisiones orgánicas (dioxinas-CDD, furanos-CDF):	<p>compuestos orgánicos: eficiencia de destrucción y remoción de 99.99% demostrado con POHCs *</p> <p>CDD/CDF: Eficiencia de destrucción y remoción de 99.9999% (demostrado con algunas sustancias orgánicas indicadoras durante una operación de incineración de prueba "trial burn")</p> <p>Adicionalmente se requiere de determinar las tasas de emisión para todas las sustancias tetraocta, calcular el factor de equivalencia de toxicidad, calcular la dispersión para demostrar que las concentraciones del promedio anual máximo estimado a nivel del suelo no exceden los niveles que podrían resultar en un riesgo aumentado de contraer cancer durante un periodo de vida de más de 1: 100,000.</p>	<p>orgánicos indicados como C-total: -no deben de exceder 10 mg/m³ en el gas de escape en promedio diario, 20 mg/m³ en promedio de 30 minutos.</p> <p>- dioxinas y furanos, valor sumatorio obtenido como indicado en la normatividad*: ningún valor promedio en cualquier periodo de muestreo debe de exceder 0.1 ng/m³. Periodo de muestreo mínimo de 6 horas, máximo de 16 horas.</p>

* POHC: principal organic hazardous constituents . Se demuestra la eficiencia de destrucción por incineración de prueba (trial burn) cuya realización se prescribe en el reglamento.

Parámetro	40 CFR 260 et al.	Alemania 17. BImSchV
Sustancias cancerígenas	especificado en metales y sustancias orgánicas	<p>Clase I: asbesto (chrysolit, krokydolith, amosit, anthophyllit, aktinolith y tremolit) como polvo fino; benzo(a)pireno; berilio y sus compuestos en forma respirable; dibenzo(a,h)antraceno; 2-naftilamina con un flujo másico de 0.5 g/h o más 0.1 mg/m³</p> <p>Clase II: trióxido de arsenico y pentóxido de arsenico, ácido arsenico y sus sales en forma respirable; compuestos de cromo en forma respirable (Cromato de calcio, cromo III cromato, cromato de stroncio y zinc; cobalto en forma respirable, aerosoles de cobalto metálico, sales difícilmente solubles de cobalto; 3,3-diclorobenzidina; dimetilsulfato; etilenimina; nickel en forma de polvos respirables/aerosoles de nickel metálico, sulfuro de nickel y sulfidicos; óxidos y carbonato de nickel, tetracarbonilo de nickel, en un flujo másico de 5g/h y más 1 mg/m³</p> <p>Clase III: Nitrilo acrilico; benceno; 1,3- butadieno; 1-cloro-2,3-epoxipropano; 1,2-dibromometano; 1,2-epoxipropano; oxido de etileno; hidracona; cloruro vinilico; en un flujo másico de 25 g/h o más 5 mg/m³.</p> <p>en caso de existir sustancias de varias clases no se debe de sobrepasar en el caso de pertenecer a clase I y II en total la concentración 1 mg/m³; en el caso de clase I y III o II y III no se debe de sobrepasar 5 mg/m³.</p>

Control de Emisiones

Parámetro	Estados Unidos 40 CFR 260 et al.	Alemania 17. BImSchV
emisiones de gases ácidos, HCl,	HCl y Cloro: el procedimiento es similar a metales nocancerígenos y se basa en riesgo. (El límites establecido para p.e. HCl en el aire de los alrededores es de 7 ug/m3.)	compuestos gaseosos de cloro inorgánico: en promedio diario $\leq 10 \text{ mg/m}^3$, en promedio 30 minutos $\leq 60 \text{ mg/m}^3$
SO ₂ /SO ₃ :		en promedio diario $\leq 50 \text{ mg/m}^3$, en promedio 30 minutos $\leq 0.2 \text{ g/m}^3$
NO _x :		en promedio diario $\leq 0.2 \text{ g/m}^3$, en promedio 30 minutos $\leq 0.4 \text{ g/m}^3$

CONDICIONES ADICIONALES ESPECIALES PARA EL USO DE RESIDUOS COMO COMBUSTIBLES ALTERNOS O DE COMBUSTION COMBINADA

Estados Unidos 40 CFR 260 et al.	Alemania 17. BImSchV
<ul style="list-style-type: none"> - la caldera debe de ser un "nonstoker" y de tubo de agua - un mínimo de 50% del combustible incinerado en la caldera debe ser un combustible primario de alta calidad derivado o siendo combustible fósil o comparable con un valor calorífico de mínimo 8,000 Btu/lb - el valor calorífico del residuo peligroso debe ser mínimo de 8,000 Btu/lb y cualquier combustible quemado en un quemador dedicado a la quema de residuos peligrosos debe cumplir con el mismo valor - en el caso de la quema en calderas se debe realizar la alimentación del residuo através de un sistema de atomización 	<ul style="list-style-type: none"> - en instalaciones que requieren de autorización de operación :si el residuo comprende menos o igual a 25% del combustible se deben cumplir por parte * todos los valores de emisión - en termoeléctricas, instalaciones de combustión e incineradores de residuos que queman con más de 25% de su combustible de residuos: se deben cumplir por parte* el valor límite de CO, dioxinas, metales pesados y el valor completo de emisiones de partículas, C, HCl etc. - en instalaciones que requieren de autorización de operación y que queman con más de 25% de su combustible de residuos: se debe cumplir con todos los valores límite incluyendo CO por parte*

* calculado con base en la "regla de tres" para mezclas y con referencia a la capacidad de combustión (MW)

Comparación de Valores Límite de Emisión para la Incineración de Residuos Peligrosos

Incineración de residuos peligrosos	Propuesta de la Comunidad Europea 1994	Alemania Reglamento "17. BImSchV" 1990 (94-96)	Alemania Guía Técnica "TA Luft" 1986	E.U.A.
Periodo	Valor promedio diario	Valor promedio diario	Valor promedio diario	
Condiciones:				
Contenido de oxígeno	11 % O ₂	11 % O ₂	11 % O ₂	
Temperatura	1100°C	1200°C	1200°C	
Tiempo de retención	2 sec.	2 sec.	2 sec.	
Compuestos de cloro HCl mg/m ³	5	10	50	1.8 kg/h o 99 %
Compuestos de fluoro HF mg/m ³	1	1	2	--
Bióxido de azufre SO ₂ mg/m ³	25	50	100	--
Monóxido de carbono CO mg/m ³	50	50	100	100 ppmv
Oxidos de nitrógeno NO _x mg/m ³	--	200	--	--
Compuestos org. Ctot mg/m ³	5	10	20	20 ppmv ³⁾
Partículas mg/m ³	5	10	30	180 (7% O ₂)
Metales pesados Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn mg/m ³	0,5 ¹⁾	0,5 ¹⁾	0,2 - 0,5	Evaluación de riesgo entre otros para Cd, Be, Ar, Cr, Ba, Ni, Se, Tl, Pb, Hg
Hg mg/m ³	0,05 ¹⁾	0,05 ¹⁾	0,2	
Cd, Tl mg/m ³	0,05 ¹⁾	0,05 ¹⁾		
Dioxinas, Furanos ng/m ³ TE	0,1 ¹⁾	0,1 ¹⁾	Indicación de minimización	99,9999 % ²⁾

1) Periodo de muestreo (0,5 .. 2 h respectivamente 6 .. 16 h), 2) para residuos especiales conteniendo dioxinas, todas las otras sustancias orgánicas 99,99 % , 3) Eficiencias de destrucción para residuos conteniendo PCB: líquidos: 99,99 % a 1200°C y 2 sec.; sólidos: 99,9999 %

LINEAMIENTO 3460 DE LA ASOCIACION ALEMANA DE INGENIEROS (VDI)- Tratamiento térmico de Residuos Solidos, Incineración de Residuos Peligrosos , Diciembre 1991

Campo de aplicación

Definiciones

1. Tecnología

Residuo Peligroso: entre otros indica tipos de residuos, requisitos a la recepción de los residuos; Organización general de la instalación de incineración de residuos: principio, requisitos a las otras instalaciones de operación (recepción, estación de transferencia, almacén intermedio para residuo a granel y no bombeables residuos pastosos, almacén intermedio para residuos bombeable, barriles y tanques, instalación de incineración con todas sus fases, equipo de control de gases, instalaciones para la medición y regulación.

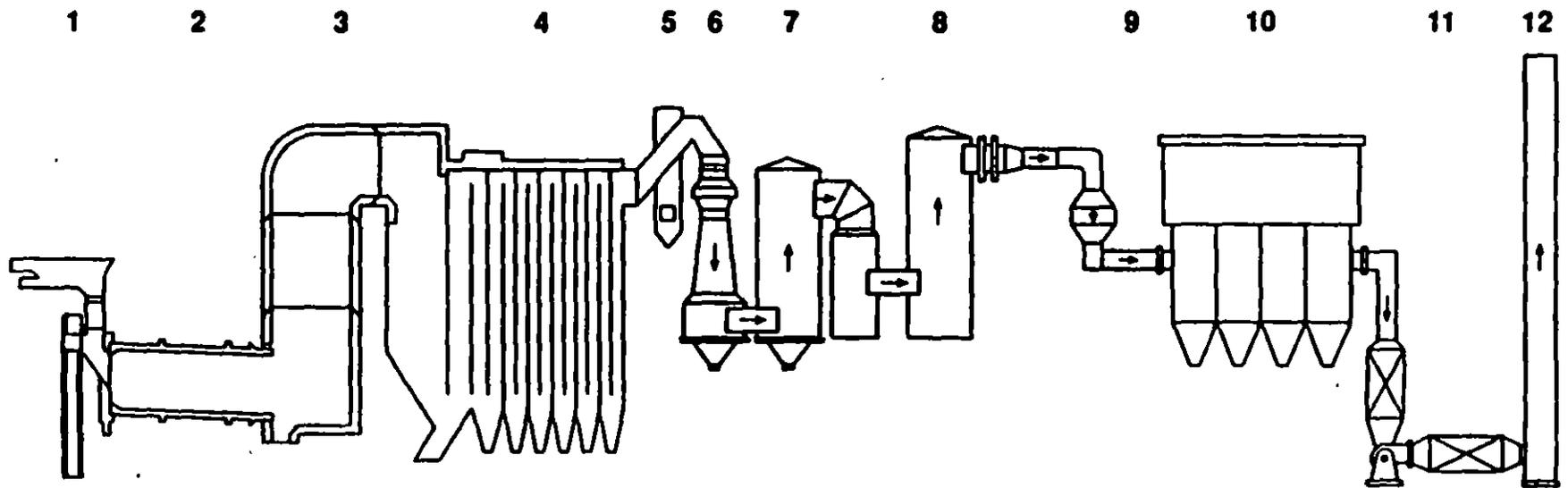
2. Medidas para la minimización de emisiones: medidas en la recepción, las áreas de almacenamiento, la estación de transferencia, plan de incineración y organización, medidas en la parte de la incineración y recuperación de calor, control de gases

3. Valores alcanzables para emisiones (pero valores límite son indicados en la 17. BImSchV)

4. Lineamientos para las mediciones de emisiones

5. Tratamiento/Manejo del material restante

Ejemplo "A"



1 Alimentación
2 Horno rotatorio
3 Cámara de Post-combustión

5 Escape de seguridad
6 Quench
7 Lavador ácido
8 Lavador alcalino

9 Reactor de separación
10 Filtro de tejido
11 Ventilación a succión
12 chimenea

Tabla 2: Distribución de dioxinas en las diferentes fases de emisiones(ref. 4):

ESTUDIO	POLVO	CONDENSADOS	FASE GASEOSA
LIS (1979/80 - 84)	100 %	---	---
BALL-SCHMITTER (1984)	0.6 a 37%	2.5 a 88%	0 a 97%
CANADA (1982)	51%	43%	6%

LIS = Landesanstalt fuer Immissionschutz Nordrhein-Westfalen, Instituto Regional para la Protección de Imisiones;

Tabla3: Distribución de metales pesados en partículas, gases y escoria producto de la incineración de desechos , con referencia a 100% de entrada y siempre suponiendo que exista un equipo de control de gases y partículas (ref.5):

METAL	ESCORIA %	POLVO COLECTADO %	GASES DE ESCAPE TRATADOS %
fierro	99	1	0.02
cobre	89	10	1.00
plomo	58	37	5.00
zinc	51	45	4.00
cadmio	12	76	12.00
mercurio	4	24	72.00

Tabla 4: Valores de emisión técnicamente alcanzables en mg/m³, en relación a gas de escape seco a condiciones estándar (11Vol% O₂)(ref. 5):

PARAMETROS	VALORES ALCANZABLES
HCl	10
HF	0.5
SO _x	25
NO _x	70
Polvo	2
C-Total	-
Sustancias inorgánicas (polvo) según su clase de riesgo	0.1 - 0.3

Tabla 1: Costos aprox. de inversión y servicios financieros de los diferentes métodos de tratamiento de desechos (Ref.1) (Unidad de referencia : 300,000 habitantes correspondiente a 150,000 ton desechos/año)

Tipo de instalación	Costos de inversión (Dólares)	Servicios financieros (Dólares/Año)	Servicios financieros por tonelada de desecho (Dólares/Año)
Incineración (a)	88,235,000	8,823,500	59.0
Separación (b)	5,295,000	529,500	5.9
Compostaje (c)	882,350	88,230	1.5
Precompostaje (Tambor giratorio)	3,530,000	353,000	5.9
Relleno sanitario	8,823,500	882,350	5.9

(a) Instalación grande Frankfurt- Este:

320,000 t desecho/año = costos de inversión de 142,000,000 Dólares

=servicios financieros de 14,200,000 Dólares

= 44 Dólares por tonelada

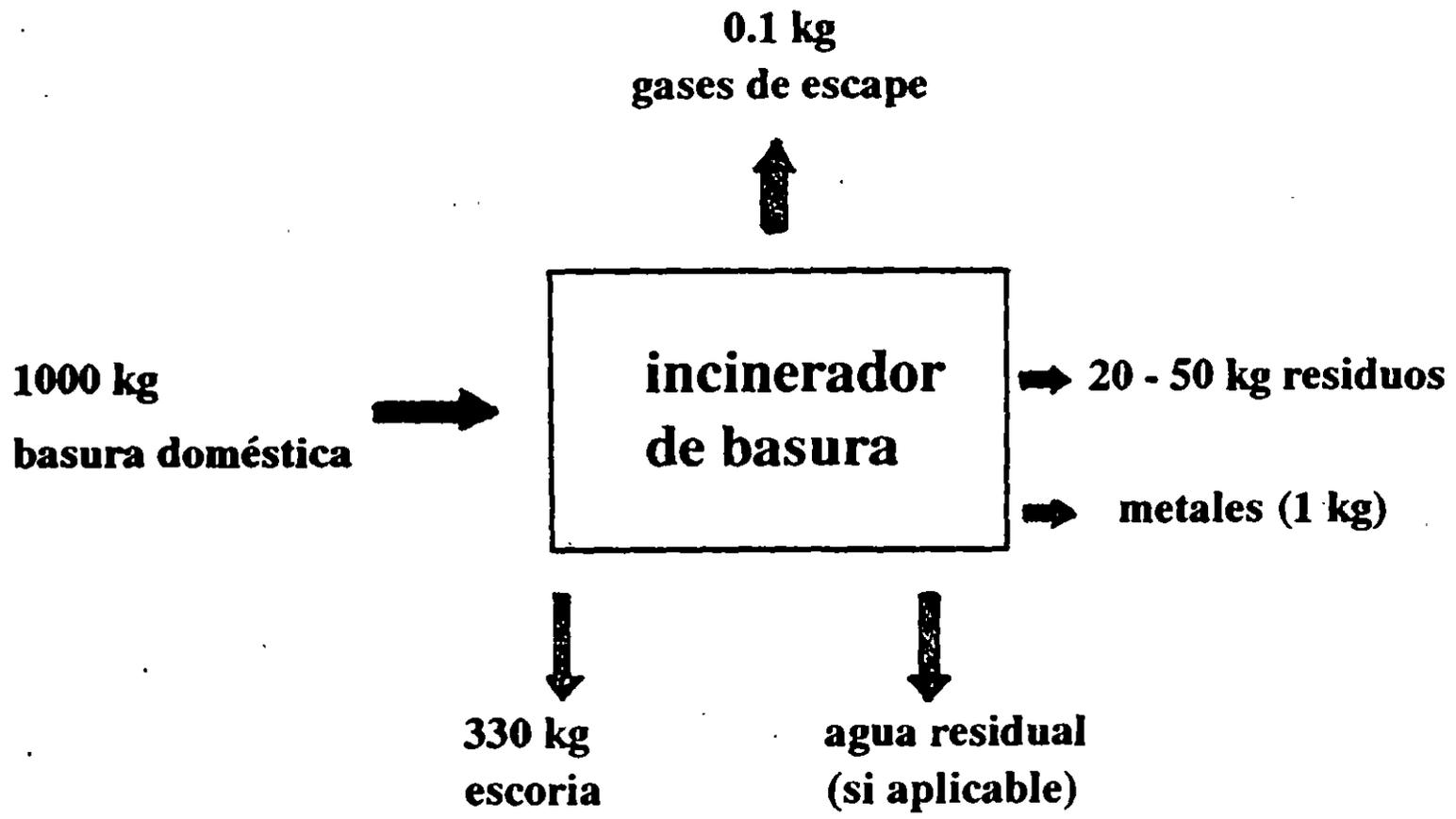
(b) Modelo Ravensburg:

2 Instalaciones de cada una de 45,000 ton de desechos separados/año

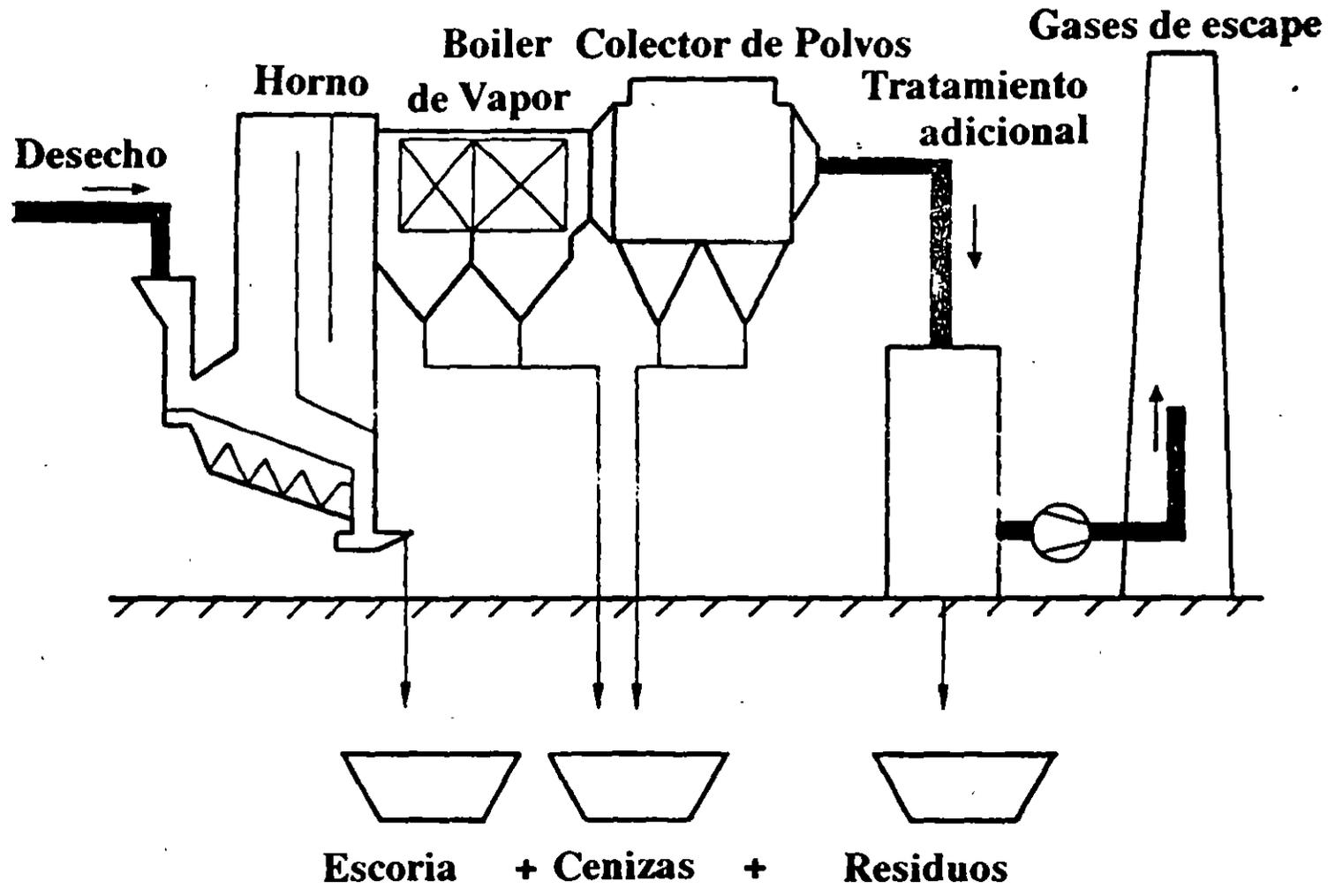
(c) Modelo Witzenhausen:

Instalación descentral para 60,000 ton desechos /año

BALANCE DE MATERIA DE UN INCINERADOR DE BASURA



FLUJO DE MATERIAL DURANTE LA INCINERACION DE DESECHOS



Cuadro 5 (continuación)
Normas de emisión para incineradores en Estados Unidos y Alemania
1990

Procesos/parámetro	Estados Unidos	Alemania
Metales pesados y partículas	<p>a) Partículas: Nuevas instalaciones: 0.015 gr/dscf* Norma federal: 0.015 gr/dscf > 2 200 ton/día 0.030 gr/dscf < 2 200 ton/día</p>	<p>Partículas: ≤ 30 mg/m³ promedio de media hora, ≤ 10 mg/m³ promedio diario, además [17.BImSchV]. Metales pesados promedio sobre el periodo de muestreo: Cd, Tl en total ≤ 0.05 mg/m³, Hg ≤ 0.05 mg/m³ Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn en total ≤ 0.5 mg/m³. Periodo de muestreo mínimo de 0.5 horas y máximo de 2 horas [17.BImSchV]</p>
Emisiones orgánicas (dioxinas-CDD, furanos-CDF)	<p>CDD/CDF: Nuevas Instalaciones: 5-30 ng/Nm³ (> 250 ton/día). 75 ng/Nm³ (≤ 250 ton/día) Norma federal: 5-30 ng/Nm³ (> 2200 ton/día). 125 ng/Nm³ (> 250 ton/día). 500 ng/Nm³ (≤ 250 ton/día)</p>	<p>Orgánicos indicados como Carbón-total: * No deben de exceder los 10 mg/m³ en el gas de escape en promedio diario; y los 20 mg/m³ en promedio de 30 minutos. * Dioxinas y furanos: Valor sumatorio obtenido como se indica en la normatividad*: ningún valor promedio en cualquier periodo de muestreo debe exceder 0.1 ng/m³. Periodo de muestreo mínimo de 6 horas; máximo de 16 horas. [17.BImSchV].</p>
Sustancias cancerígenas		<p>Clase I: Asbesto (crisotilo, crocidolita, amosita, antofilita, actinolita y tremolita) como polvo fino. Benzo(a)pireno; berilio y sus compuestos en forma respirable; dibenzo (a, h) antraceno; 2- naftilamina con un flujo másico de 0.5 g/h más 0.1 mg/metro cúbico. Clase II: *Trióxido de arsénico y pentóxido de arsénico; ácido arsénico y sus sales en forma respirable. *Compuestos en forma respirable (arsenato</p>

F
E
á
F

S

N

P
m
M

Emisiones de gases

ácidos

HCL

Nuevas instalaciones:
 95% ó 25 ppm (> 250 ton/día)
 80% ó 25 ppm (≤ 250 ton/día)
 Norma federal:
 95% ó 25 ppm (≤ 2 200 ton/día)
 50% ó 25 ppm (> 250 ton/día)
 No hay norma para ≤ 250 ton/día

Compuestos gaseosos de cloro inorgánico: en promedio diario ≤ 10 mg/m³.
 En promedio de 30 minutos ≤ 60 mg/m³.
 [17.BImSchV].

SO₂/SO₃

Nuevas instalaciones:
 85% ó 30 ppm (> 250 ton/día)
 50% ó 30 ppm (≤ 250 ton/día)
 Norma federal:
 85% ó 30 ppm (> 2 200 ton/día)
 50% ó 30 ppm (> 250 ton/día)
 No hay norma para ≤ 250 ton/día

En promedio diario ≤ 50 mg/m³.
 En promedio de 30 minutos ≤ 0.2 g/m³.
 [17.BImSchV].

NOx

Nuevas instalaciones:
 120 - 200 ppm (>250 ton/día, valor preciso a determinar)
 Norma federal: No especificado.

En promedio diario ≤ 0.2 g/m³.
 En promedio 30 minutos ≤ 0.4g/m³.
 [17.BImSchV].

Procesos de monitoreo

Monitoreo continuo

Nuevas instalaciones:
 NOX, SO₂, opacidad, buenas prácticas de combustión; anualmente o cada tres años, partículas, CDD/CDF, HCl.

Para incineradores de residuo municipal y flujo de masa > 0.75 t/h - polvo, compuestos inorgánicos gaseosos de cloro.

Para otras instalaciones de incineración además se monitorea SO₂, compuestos gaseosos inorgánicos de Fluoruro; estas mediciones se pueden ahorrar, si está demostrado que solamente se originan pequeñas cantidades de estos contaminantes. [TA-Luft].

Se deben de monitorear continuamente: CO, polvo, C-org., compuestos CL, HF, SOx, NOx, O₂, Temperatura, humedad relativa, volumen de gases de escape, presión. [17.BImSchV].

Notas

Mediciones sin comparación entre las diferentes instalaciones

Se puede desistir de la medición de compuestos de fluoruro si se cuenta en las instalaciones con el equipo de control de contaminantes permita eliminar compuestos gaseosos inorgánicos.

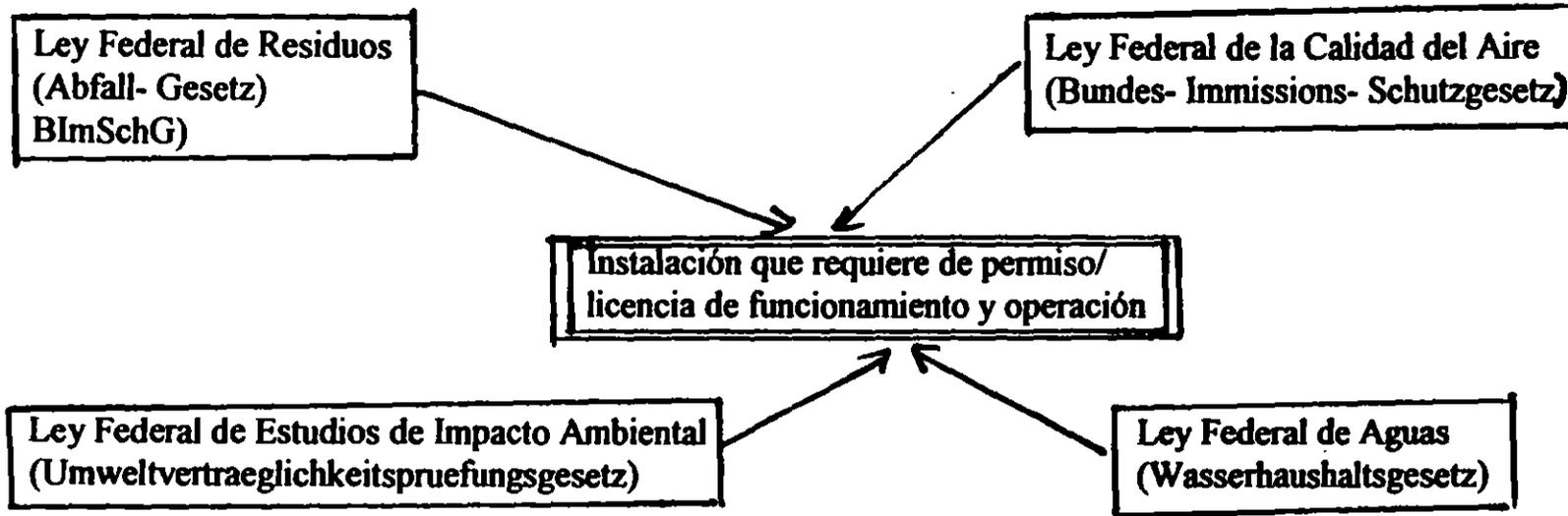
Residuos y sustancias parecidas combustibles y describe los requisitos para el suministro de los combustibles y su almacenamiento, la operación de

EB = Emisión relacionada con el contenido de oxígeno de referencia
 OM = Contenido de oxígeno medido
 OR = Contenido de oxígeno de referencia.

Cuadro 5
Normas de emisión para incineradores en Estados Unidos y Alemania
1990

Procesos/parámetro	Estados Unidos	Alemania
Separación de materiales	25% de reducción del residuo municipal de uno o varios de los siguientes materiales: papel, metal, vidrio, plástico, de origen vegetal; Prohibición de incinerar baterías de automóvil de tipo plomo/ácido; Remoción del residuo de pilas domésticas	Uso o reciclaje del residuo en la medida en que sea técnicamente factible; si no resultan costos adicionales no aceptables y si existe un mercado para este material; bajo el control de las autoridades respectivas [TA-Abfall]
CO	50 ppm a 150 ppm (promedio de cuatro horas) según el tipo de incinerador	50 mg/m ³ en promedio diario; 100 mg/m ³ en promedio horario. Además, no deben exceder el 90% de los valores medidos en 24 horas 150 mg/m ³ (valores con base en 11% de oxígeno en volumen) [17.BImSchV]
Temperatura	Máxima temperatura de gases de escape a la entrada del equipo de control de partículas, de 450 °F o menos	La temperatura tiene que ser por lo menos de 850 °C en el aire de alimentación. En la cámara de postcombustión tiene que haber todavía 1200 °C y 6% en vol de O ₂ ó 3% en caso de combustibles líquidos o incineración en condiciones intencionalmente pobres de oxígeno. Las temperaturas, tiempos de retención y porcentaje de oxígeno pueden variar si se demuestra que no se generan los contaminantes orgánicos críticos, como dioxinas [17.BImSchV]

REQUERIMIENTOS NORMATIVOS IMPORTANTES EN ALEMANIA



Subsecuentes a las leyes se deben considerar:

- Reglamentos en especial:
 - Reglamento sobre Contingencias
- Ordenes administrativas como:
 - Guía Técnica de Aire (TA Luft)
 - Guía Técnica de Residuos
 - Guía Técnica de Ruido
- Normas/ordenes de los estados

ELABORACION DE UN CONCEPTO DE GESTION DE RESIDUOS

1. Diagnóstico

- descripción de la institución (capacidad de camas, nr. y tipo de secciones, nr. de empleados, localización del hospital, cafetería, cocina, administración, talleres de mantenimiento..)
- inventario de residuos según tipo, cantidad, composición y origen
- descripción de la estructura de manejo y disposición , sistemas de recolección (internos y externos)
- datos acerca del desarrollo a futuro de la generación de residuos después de p.e. ampliaciones, nuevas construcciones, reducción de la capacidad de camas etc.

2. Planeación de una gestión de residuos a futuro

- desarrollo consecuentemente a la legislación (futura) de medidas de evitar o reducir la generación de residuos, (p.e. reducir el volumen de embalajes, material reciclable, etc..)
- desarrollo o ampliación de un sistema de recolección y separación
- alternativas de disposición (empresas con servicios adecuados)

3. Decisión por un concepto

- considerar la estructura empresarial del hospital como también las condiciones municipales
- evaluación de las alternativas considerando criterios técnicos, económicos y ecológicos

4. Medidas para el evitar, la reducción y el reuso de los residuos

- concepto de compra
- medidas de evitar y reusar en el sector de medicina
- recolección, clasificación, almacenamiento de residuos (organización)
- reciclaje, reuso de los residuos y material residual

5. Otras medidas ambientales

- ahorro de energía y agua

6. Instrumentación de los conceptos ambientales

- concientización y capacitación son factores decisivos

TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS

Base legal:

Ley Federal de Desechos Par. 12:

Residuos solamente se pueden recolectar o transportar para fines comerciales o en el marco de ejercicios de negocios con autorización de la autoridad correspondiente.

La autoridad correspondiente es la oficina gubernamental regional en cuyo territorio se recolectan los residuos o donde comienza el transporte.

La responsabilidad de las oficinas gubernamentales es distintamente organizada en los diferentes estados de Alemania:

Baden-Württemberg: oficinas inferiores de agua en la administración del condado

Hessen, Nordrhein-Westfalen: Coordinaciones del Presidio del Presidente Estatal

Grandes Ciudades sin condado: Oficinas de la ciudad.

Cada transporte se controla através de un sistema de manifiestos:

Donde se mantiene la información en 6 formatos de diferentes colores, de los cuales son:

el generador llena los 6 formatos,

un formato (blanco) se queda con el generador,

uno (rosa) se manda a la autoridad correspondiente, el resto se va con el transportista.

El transportista se queda con un formato (amarillo) y manda los otros tres con la empresa responsable del tratamiento o disposición de los residuos.

Esta empresa se queda con un formato(verde) y regresa un formato con el generador (dorado-beige) y otro con la autoridad correspondiente (azul).

PLANEACION POR PARTE DEL GOBIERNO FEDERAL Y DE LOS ESTADOS

La planeación de instalaciones de tratamiento y disposición de residuos se realiza en etapas:

- **Preplaneación en el ámbito de planeación estatal y de ordenamiento de territorio (plan de manejo de residuos, plan regional)**
- **Plan maestro del municipio (uso de suelo, plan de urbanización)**
- **Planeación detallada de la instalación**

PROCESO DE AUTORIZACION

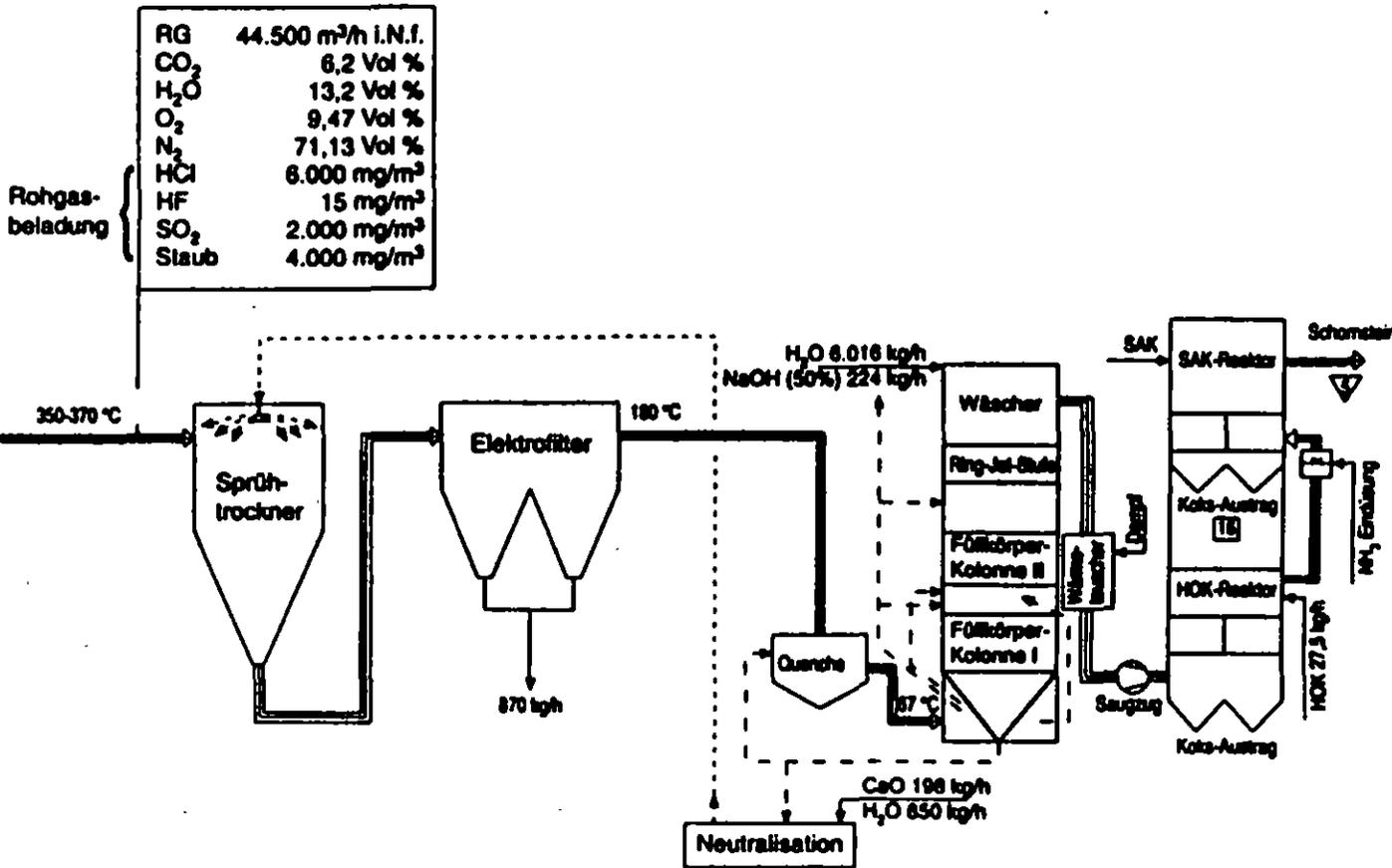
**Para instalaciones de manejo de residuos:
proceso de determinación de planes
"Planfeststellungsverfahren" (2 a 4 años)**

**Para instalaciones no-importantes de tratamiento de
residuos:
proceso simplificado de autorización (5 a 7 meses)**

**Para instalaciones que requieren autorización según la Ley
Federal de Protección a Inmisiones:
proceso de autorización (duración intermedio a las
anteriores)**

Bild 11: Rauchgasreinigung

Angaben für 1 Rauchgasreinigung



53.000	,m ³ /h i.N.f.
38.600	m ³ /h i.N.tr.
Staub	10 mg/m ³
Org. C	10 mg/m ³
HCl	10 mg/m ³
HF	1 mg/m ³
SO ₂	50 mg/m ³
NO _x als NO ₂	0,20 g/m ³
Cd/TL	0,1 mg/m ³
Hg	0,1 mg/m ³
Metalle Sb,As, Pb,Cr,Co,Cu, Mn,Ni,V,Sn,	1,0 mg/m ³
TE PCDD-PCDF	0,1 ng/m ³
NH ₃ -Schlupf	5 mg/m ³

Bild 9: Verbrennungsanlage mit Drehrohrföfen und nachgeschalteter Nachbrennkammer mit Dampferzeuger

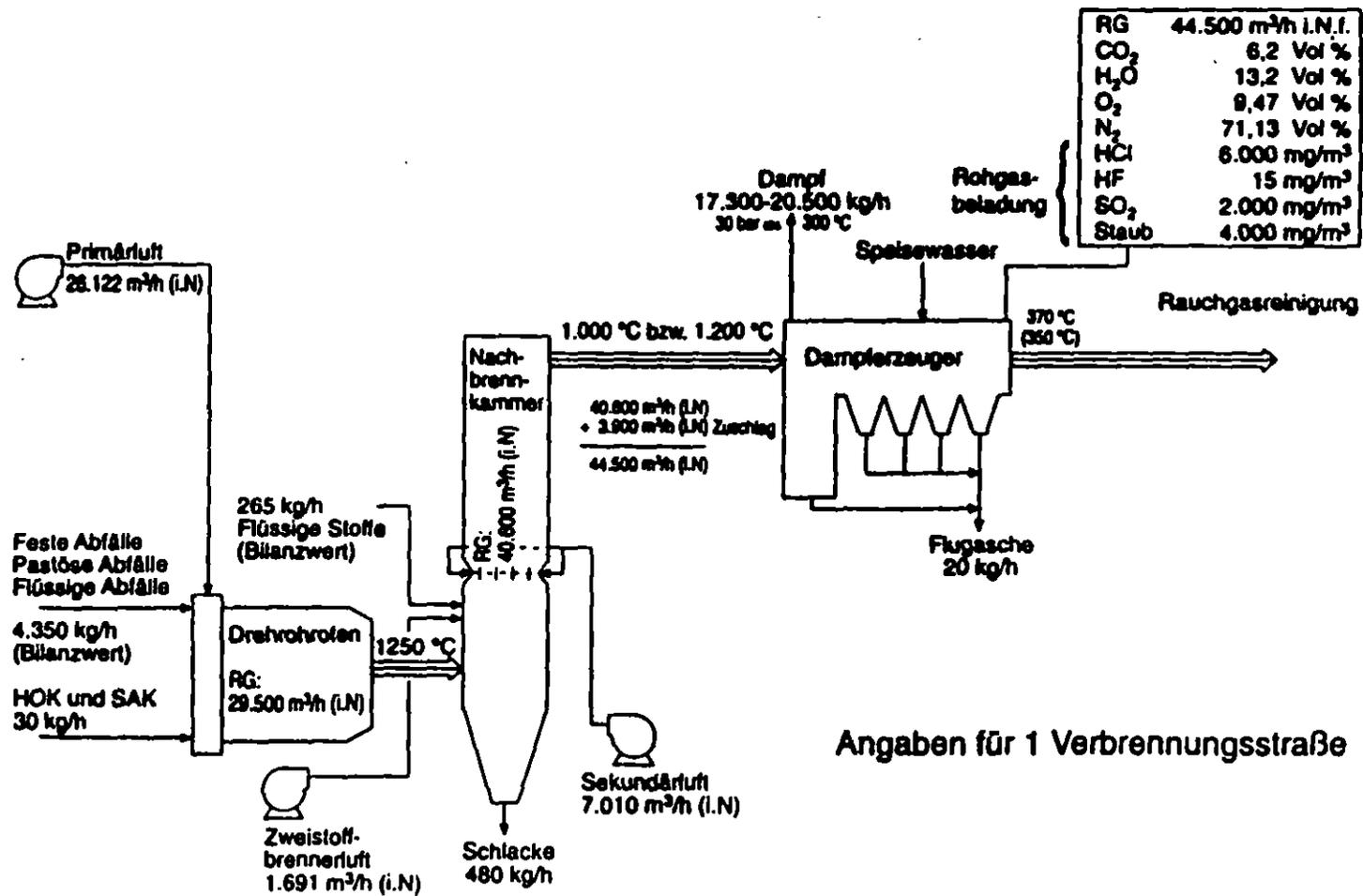
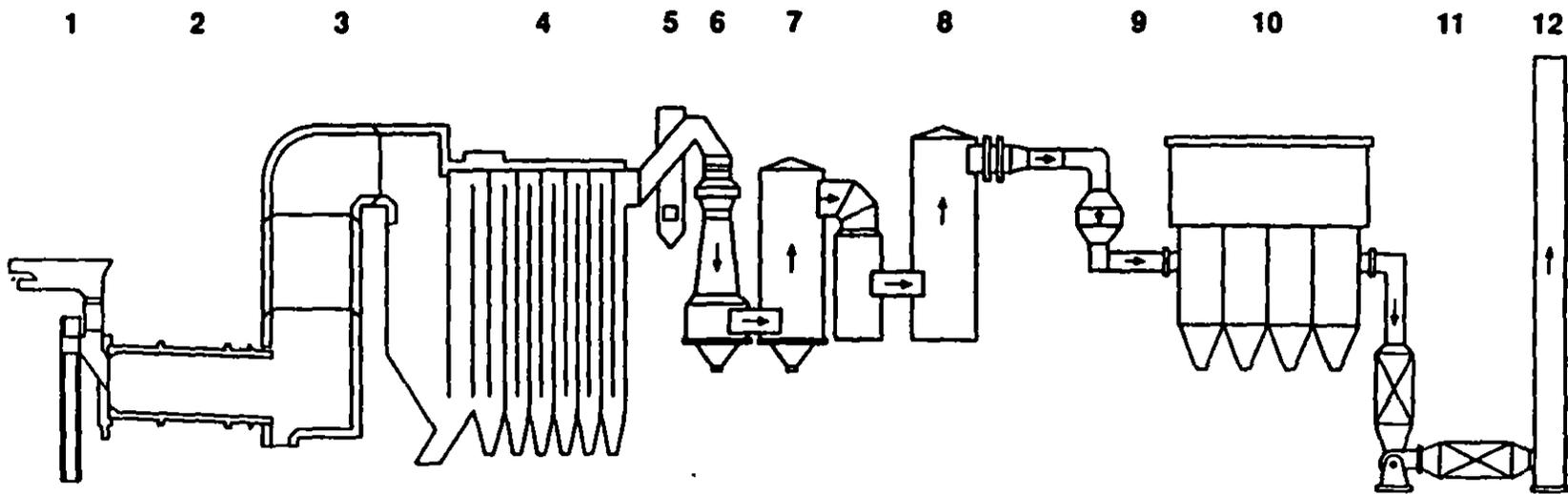


Bild 1: Ausführungsbeispiel "A"



1 Aufgabe
2 Drehrohrofen
3 Nachbrennkammer
4 Abhitzeessel

5 Sicherheitsauslaß
6 Quenche
7 Wäsche sauer
8 Wäsche alkalisch

9 Flugstromreaktor
10 Gewebefilter
11 Saugzuggebläse
12 Kamin



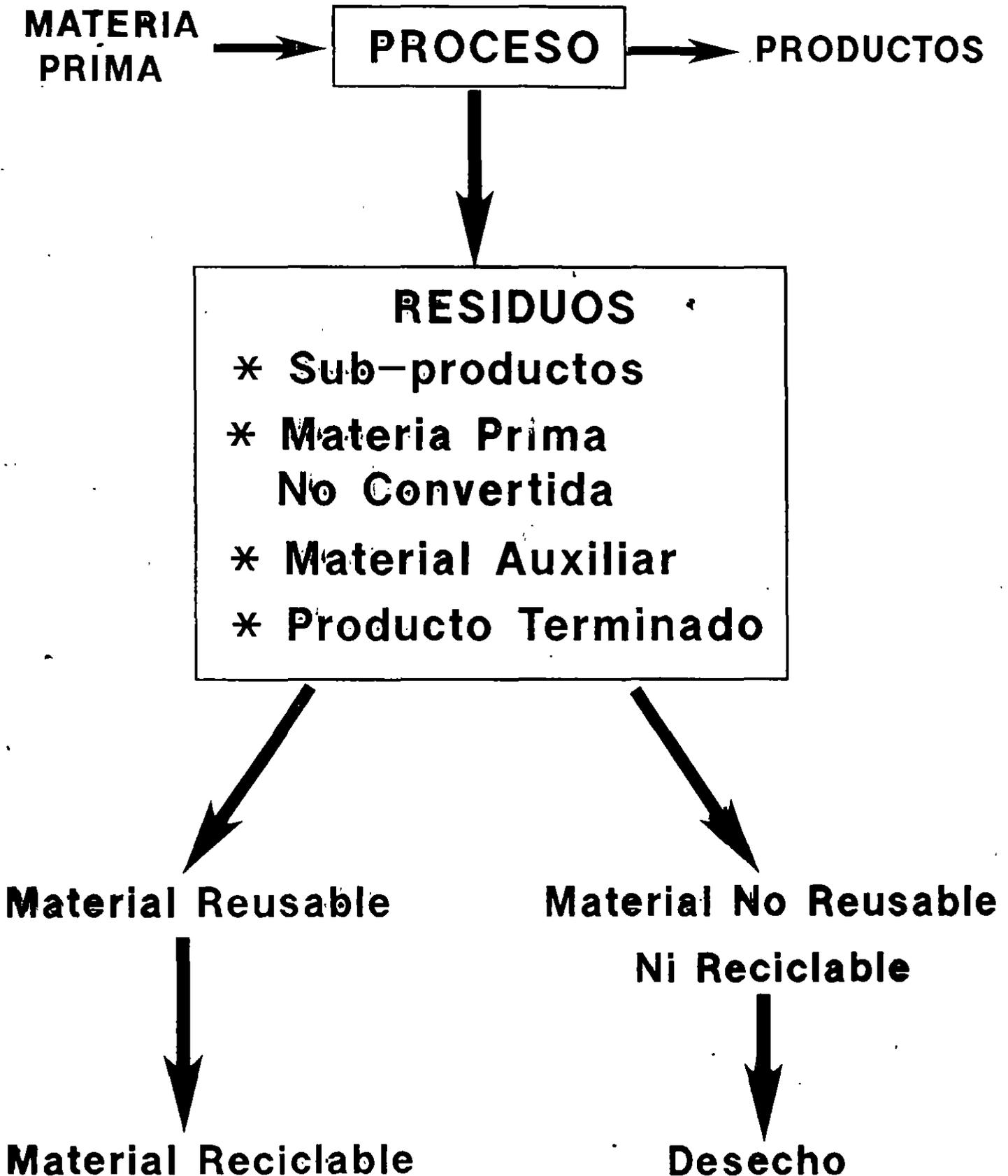
**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL
DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS**

**MOD. III PROCESOS DE TRATAMIENTOS
PARA EL CONTROL DE RESIDUOS
SÓLIDOS MUNICIPALES Y PELIGROSOS**

**TEMA: ESTUDIO DE CASO
(INCINERACIÓN EN HORNOS DE CEMENTO)**

ING. MARIO VILLASEÑOR

¿ Que es un desecho ?



- **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS. SE CONSIDERARON ADEMÁS DE LOS REQUERIMIENTOS DE PROCESO, LA NORMATIVIDAD VIGENTE PARA SU ANÁLISIS POR CARACTERÍSTICAS CRETIB. MANTENIENDO LOS REGISTROS DE MANIFIESTO DE RESIDUOS PELIGROSOS AL DÍA.**
- **ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN Y UNA VEZ DECIDIDO EL SITIO, SE PREPARÓ EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y ANÁLISIS DE RIESGO NECESARIO POR LEY PARA ESTE TIPO DE INSTALACIONES.**

- LA INCENERACIÓN DEBE SER LO MAS COMPLETA POSIBLE. ESTO SIGNIFICA, UNA ALTA TEMPERATURA DE COMBUSTIÓN (1200°C O MAS); TIEMPO DE INCINERACIÓN ADECUADO Y SUFICIENTE MEZCLA OXÍGENO - DESECHO.
- LOS GASES DE COMBUSTIÓN DEBEN SER LAVADOS PARA REMOVER CONTAMINANTES. ESTO EXIGE, UN BUEN MONITOREO DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN QUE AYUDE A CONSERVAR EL PROCESO DE CONTROL.
- EL LICOR DE LAVADO DEL SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN, NO DEBE CAUSAR PROBLEMAS EN LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES. SI ES NECESARIO, PRETRATARLO.
- EL RESIDUO SÓLIDO DE LA COMBUSTIÓN (CENIZAS Y ESCORIA), DEBE CONTAR CON UN LUGAR APROPIADO PARA SER DEPOSITADO DEFINITIVAMENTE. ESTA INSTALACIÓN DEPENDERÁ DEL TIPO DE DESECHO QUE SE HAYA INCINERADO.
- EVALUACIÓN DE LAS CANTIDADES DE DESECHOS POR INCINERAR, TOMANDO EN CUENTA SUS DIFERENTES FORMAS FISICAS.
- CONTAR CON UNA ADMINISTRACIÓN ADECUADA DE LOS DESECHOS DESDE LA FUENTE, EN SU TRANSPORTE, ALMACENAJE Y DOSIFICACIÓN.

TABLA 1

PARAMETROS GENERALES DE DISEÑO		
Cilindro Rotatorio Ø int.	m	1.4
Cilindro Rotatorio Ø ext.	m	1.9
Longitud	m	8
Post-Combustión Ø int.	m	3
Post-Combustión altura (h)	m	4
Capacidad Calorífica		
Cilindro Rotatorio	KCal/h	2×10^6
Post-Combustión	KCal/h	1.5×10^6
Desechos (Horno Rotatorio)	KCal/h	1×10^6
Combustible (Horno Rotatorio)	KCal/h	1×10^6
Relación aire/combustible	KgA/KgC	15:1
Velocidad de gases	m/s	4.2
Tiempo residencia	seg.	4.0
Capacidad de incineración	Ton/año	2000
Cenizas generadas	Ton/año	240

TABLA 2

CONDICIONES DE DISEÑO

		AIRE	COMBUSTIBLE GAS LP	DESECHO	GASES DE COMBUSTION	
		COMBUSTION + POST-COMBUSTION	COMBUSTION + POST-COMBUSTION		CRUDO	LIMPIO
Velocidad de Gases	m ³ N/h seco				3400	3600
Flujo de Gases	Kg/hr	3750	250	250		
Valor Calorífico	Kcal/kg	-	10000	4000	-	-
Temperatura	°C	25			1200	68
Composición	mg/m ³					
Rel. 11% O ₂	polvo	-	-	-	8000	<30
	HCl	-	-	-	10000	<5
	NO ₂	-	-	-	750	<750
	SO ₂	-	-	-	10000	<400

TABLA 3

CONDICIONES ACTUALES DE OPERACION HORNO ROTATORIO
 Datos Promedio 1994

	DISEÑO	OFICIAL	REAL	UNIDADES DE MEDIDA
Tiempo Efectivo Operación	6960	-	5953	h
Flujo de Chimenea	3700	-	5486*	m ³ N(seco)/h
Tiempo de Residencia de los Gases	4	>2	4	Seg.
Aire: Combustión + Post-Combustión	3750	-	3650	Kg/h
Combustible: Gas LP Combustión + Post-Combustión	250	-	154	Kg/h
Desechos Alimentados Dosificación	250	250	296	Kg/h
Poder Calorífico: Desechos	4000	-	4007	Kcal/Kg
Combustible	10000	-	10000	Kcal/Kg
Temperaturas:				
Int. Horno (Paredes)	-	-	1200-1400	° C
Gases de Combustión**	1200	950-1250	1020	° C
Después del Enfriamiento	-	-	76	° C
Chimenea	68	-	85	° C
Composición de los Gases (REL: 11% O ₂)				
Partículas	< 30	180	115	mg/m ³ N
CO	-	200	29	ppm
CO ₂	-	-	8	%
NO ₂	<750	900	201	mg/m ³ N
SO ₂	<400	500	119	mg/m ³ N
SO ₃	-	31	189	mg/m ³ N
HCl	<5***	1.8	5.8***	Kg/h, **mg/m ³ N
HCT	-	-	1	ppm
O ₂	-	MIN. 3	11	%
Composición Efluente Torre Lavadora				
Sólidos Suspendidos	13000	-	3900	mg/L
Cl ⁻	17000	-	1200	mg/L
SO ₃ ²⁻	2200	-	2600	mg/L
SO ₄ ²⁻	24000	-	4037	mg/L
pH	-	-	8.0	

* Considera aire de enfriamiento de cabeza' del horno y aire falso.

** Medidas después de combustión

*** Reportado en mg/m³N

A-AIR TO KILN
 Ab-AIR TO P-COMB
 B-CRUDE FLUE GAS
 C-PRECLEANED
 FLUE GAS
 D1-BY-PASS
 E-CLEAN FLUE GAS
 01-FUEL TO KILN
 01b-FUEL TO P-COMB
 02-WASTE
 11-PROCESS WATER
 TO QUENCH
 12-SCRUBBER 1 EFF
 13-RECIRC WATER QUENCH-
 14-RECIRC WATER PACK 1

15-RECIRC WATER R-J
 16-COOLING WATER
 21-DEIONIZED WATER
 24-RECIRC WATER PACK 2
 25-WATER BLEED TO SCRUBBER 1
 22-CAUSTIC 50%
 23-SULFOX AIR

PROCESS FLOW DIAGRAM ATOTO INCINERATOR

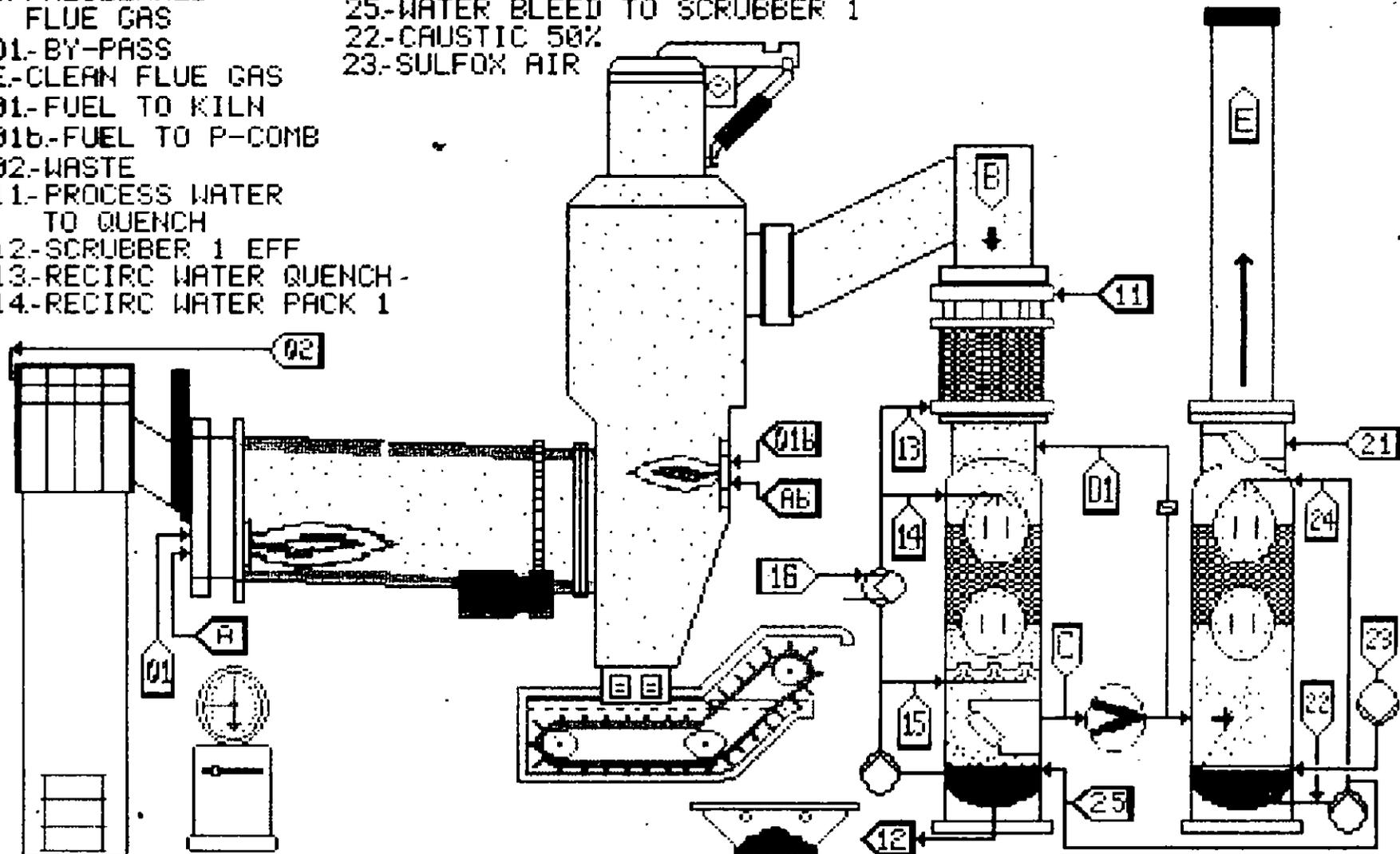


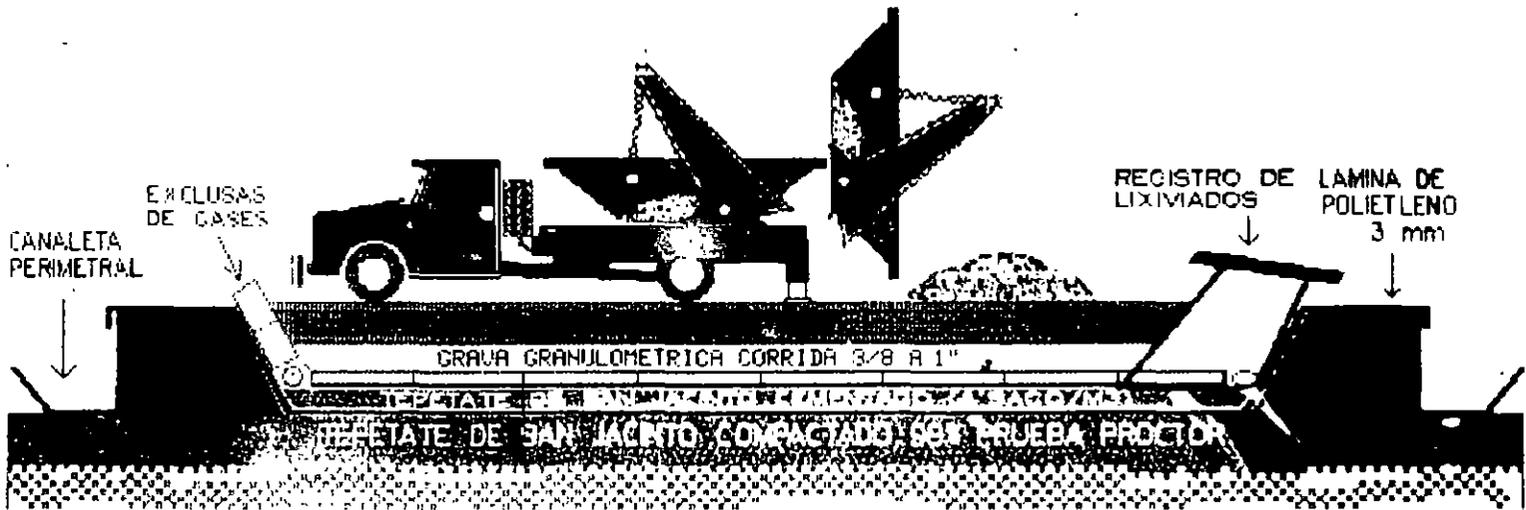
TABLA 4

PROBLEMAS	SOLUCIONES
<p>Ventilador Centrifugo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Insuficiencia de suministros de aire con ventilador de álabes abiertos. • Formación de incrustación en la superficie de los álabes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio a ventilador de álabes cerrados y motor de mayor potencia. • Cambio a ventilador de álabes abiertos con el motor de mayor potencia.
<p>Cilindro Rotatorio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Engrane motriz muy pequeño. • Calentamiento frecuente de los baleros de transmisión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baleros y rodamientos fueron cambiados a recomendaciones de SKF. • Se implemento enfriamiento con aire.
<p>"Quench" (enfriador) y anillos Raschig.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taponamiento de tubos y Raschig del Quench con escoria y sólidos, causando sobrecalentamiento y rotura de tubos. • Taponamiento de empaque debido a la alta concentración de sólidos suspendidos en el líquido de recirculación de la torre 2 a la 1. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de la sección empacada de grafito por una de acero recubierta con hule e instalación de mirilla para checar periódicamente el depósito de escoria. • Incrementar el flujo de agua nueva a ambas torres y purgar sólidos suspendidos. Instalar equipo de filtración en la recirculación de las torres.

TABLA 4

<p>Emisión de partículas arriba de lo permitido por el diseño del sistema de lavado.</p> <ul style="list-style-type: none">• Precipitación de partículas en torre lavadora 2 debido a la mala distribución del agua y a que los tubos internos de los "Ring-Jets" estaban tapados.• Formación de partículas e incremento en el tamaño de las ya presentes debido a separación insuficiente.• Sólidos suspendidos y partículas de SO₃ detectados por análisis, acarreados a la chimenea debido a la mala instalación del separador de gotas y/o insuficiente eficiencia de destrucción debido a sobrecarga del Incinerador.	<ul style="list-style-type: none">• Remover todos los "Ring-Jets", limpiarlos y reinstalarlos.• Maximizar la capacidad del sistema de enfriamiento para recirculación de la torre número 1 e incrementar el flujo de agua en ambas torres.• Modificar la posición del separador de gotas y mejorar el sistema de lavado del mismo.• Incrementar tiempo de residencia de los residuos en el horno reduciendo la velocidad de rotación y el flujo de aire y/o reduciendo la carga en el Incinerador.
<p>Daño en Refractario</p> <ul style="list-style-type: none">• Corrosión en compuerta de dosificación y los primeros metros del cuerpo del cilindro rotatorio debido a la mala selección del refractario para la incineración de algunos residuos.• Desprendimiento de refractario en la compuerta de salida de lava debido a mal anclaje del refractario y falta de velo aislante.	<ul style="list-style-type: none">• Cambio de tipo de refractario y modificación de la compuerta, así como cambio en la programación de dosificación de los residuos causantes del problema.• Cambio del sistema de anclaje y uso de velo aislante.

DESCARGA DE CENIZAS A CONFINAMIENTO CONTROLADO



INTERRELACION SISTEMA DE INCINERACION - TIPO DE DESECHO

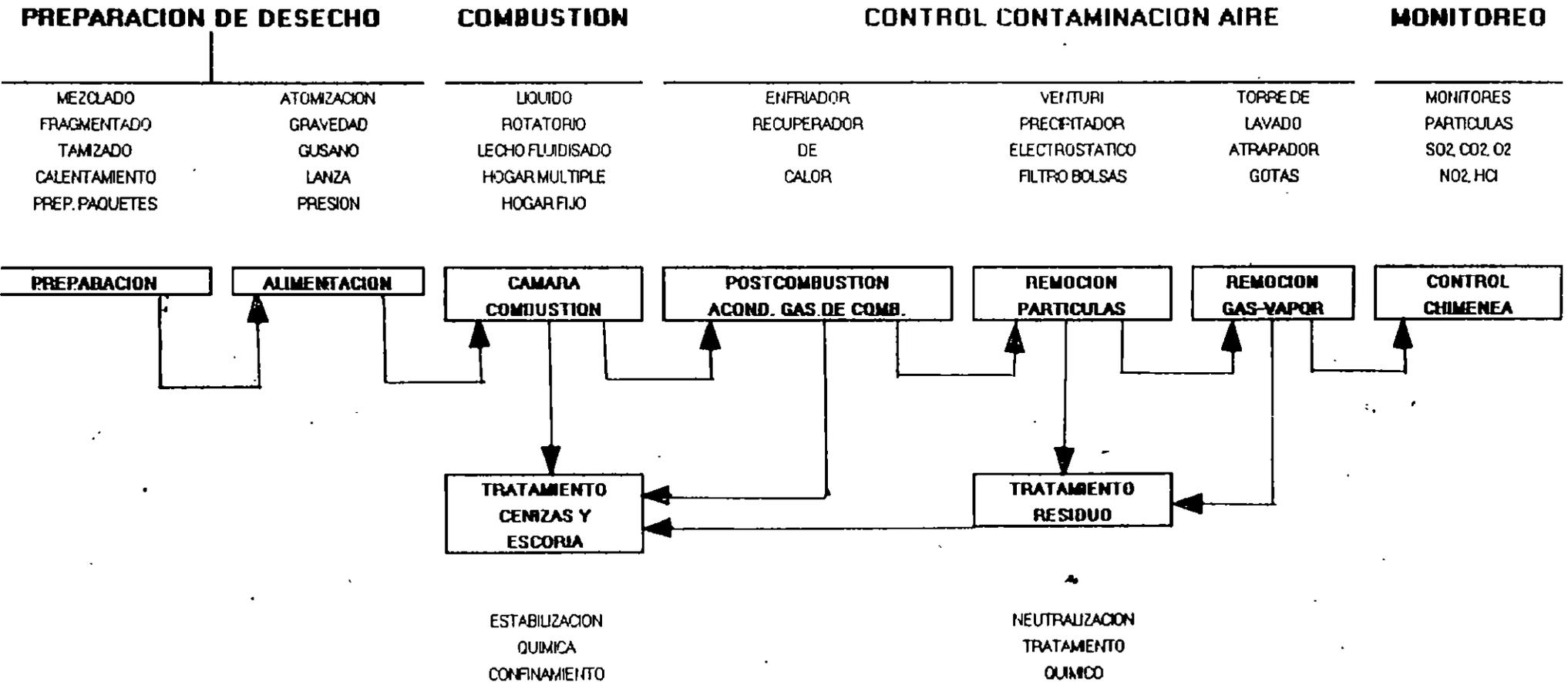
TIPO DE DESECHO	INCINERADOR					
	HORNO DE PARRILLA	HOGAR MULTIPLE	LECHO FLUIDIZADO	LIQUIDO	ROTATORIO	OXIDACION HUMEDA
SOLIDOS						
-BASURA, IRREG.	1	3	3	0	2	0
-BAJO P. FUSION	0	0	2	3	1	0
-GRANULAR	2	1	1	0	1	0
-ORGANICO ALTA CENIZA	2	1	1	0	1	0
-TAMBORES Y CONTENEDORES	2	0	0	0	1	0
PASTAS						
-ORGANICOS ALTA VISCOSIDAD	0	0	2	3	1	0
-LUDOS ORGANICOS ACUOSOS	0	2	1	0	1	1
LIQUIDOS						
-ORGANICOS	0	0	2	1	2	2
-ORGANO-HALOGENADOS	0	0	2	1	2	0
-DESECHO ACUOSO CON ALTO ORGA	0	0	2	1	2	1
GASES	0	0	2	1	2	0

0 = NO ADECUADO, 1 = IDEAL

2 = ADECUADO

3 = ADECUADO DESPUES DE PRETRATAMIENTO

COMPONENTES TÍPICOS DE UN SISTEMA DE INCINERACION



COSTO DE UN SISTEMA DE INCINERACION

N\$ 20.000.000

COSTO / KILO PROCESO DE INCINERACION

N\$ 2

MÉTODOS DE TRATAMIENTO TÉRMICO

METODO	DESCRIPCION	DESECHO TRATADO
Horno de parrilla estático o dinámico	El desecho se introduce al horno con banda mecánica o con mov. de parrillas mecánicas.	Desperdicio doméstico y basura. Lodos municipales.
Hogar múltiple	Sistema de material refractario con hogares múltiples en donde el desecho cae de uno a otro. temp. 300-1000 oC	Lodos municipales. Aceites. Sólidos. Gases.
Lecho fluidizado	Cámara de material inerte con aire forzado que fluidiza el desecho. temp. de 800-950 oC	Lodos y material granular de industrias del papel y petróleo. Lodos municipales.
Incinerador de líquidos	Sistema horizontal o vertical con atomizador. temp. arriba de 800 oC	Desecho líquido. Combustibles. Hidrocarburos clorados.
Horno rotatorio	Cámara rotatoria de combustión. temp. de 800-1200 oC	Sólidos, líquidos, gases, aceites. Lodos combustibles
Oxidación húmeda	Oxidación catalizada con alta temp. y presión.	Licores madre con alta concentración de orgánicos.

QUE TIPOS DE DESECHOS SE PUEDEN INCINERAR

TIPO	TRATAMIENTO	CONDICIONES
GASES	Flama directa Oxidación termica Oxidación catalitica	100 BTU/ft ³ 300 - 400 °C Precalentado 500 - 800 °C Incineración Relación 1:1 desecho-combustible
Liquidos combustibles y Parcialmente combustibles	Horno vertical u horizontal con atomización	8,000 - 10,000 BTU/lb. > 8,000 BTU/lb. ≥ 800 °C
Solidos	Horno rotatorio Hogar múltiple Lecho fluidizado	Exceso de aire 50-150% Mas del estequeometrico 800 - 1000 °C Tiempo residencia 1-2 s.
Pasta y lodos	Horno rotatorio Lecho fluidizado	Exceso de combustible 5,000 - 10,000 BTU/lb. seco 800 - 1,100 °C



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO DE RESIDUOS SOLIDOS
MOD. III PROCESOS DE TRATAMIENTO
PARA EL CONTROL DE RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES Y PELIGROSOS**

**CRITERIOS BASICOS PARA EL DISEÑO Y SELECCION DE EQUIPOS
PARA EL RECICLAMIENTO Y COMPOSTEO**

**ING. VICTOR FLORES VALENZUELA
ING. MARGARITA GUTIERREZ ROJAS**

**DIPLOMADO DE RESIDUOS SOLIDOS
MODULO III PROCESOS DE TRATAMIENTO
PARA EL CONTROL DE RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES Y PELIGROSOS**

**" CRITERIOS BASICOS PARA EL DISEÑO Y SELECCION DE
EQUIPOS PARA EL RECICLAMIENTO Y COMPOSTEO "**

P o n e n t e s :

**Ing. Victor Manuel Flores Valenzuela
Ing. Margarita Gutiérrez Rojas**

Julio de 1995.

CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO DE EQUIPOS

Los criterios básicos de diseño son los que se establecen en el desarrollo de un diseño conceptual o en un proceso y se dividen en: básicos de diseño de proceso, diseño de equipo y en criterios generales, en este caso desarrollaremos los criterios básicos para el diseño de los principales equipos que integran el proceso de selección y recuperación de subproductos, así como el manejo del rechazo y materia orgánica para el proceso de composteo, tales como: transportador de tablillas, transportadores de banda, separador magnético, criba rotatoria y molino de martillos para refinamiento de composta y básculas.

Es importante señalar que el diseño y fabricación de equipos de proceso se deben sujetar a los códigos técnicos nacionales e internacionales aplicables según sea el caso.

BASCULA

FUNCION :

Pesaje de vehículos que suministran residuos, retiran rechazo; materia orgánica y subproductos.

CRITERIOS :

- El diseño de la báscula debe ser propio para trabajos pesados.
- Considerar que existen horas pico de llegada de

vehículos.

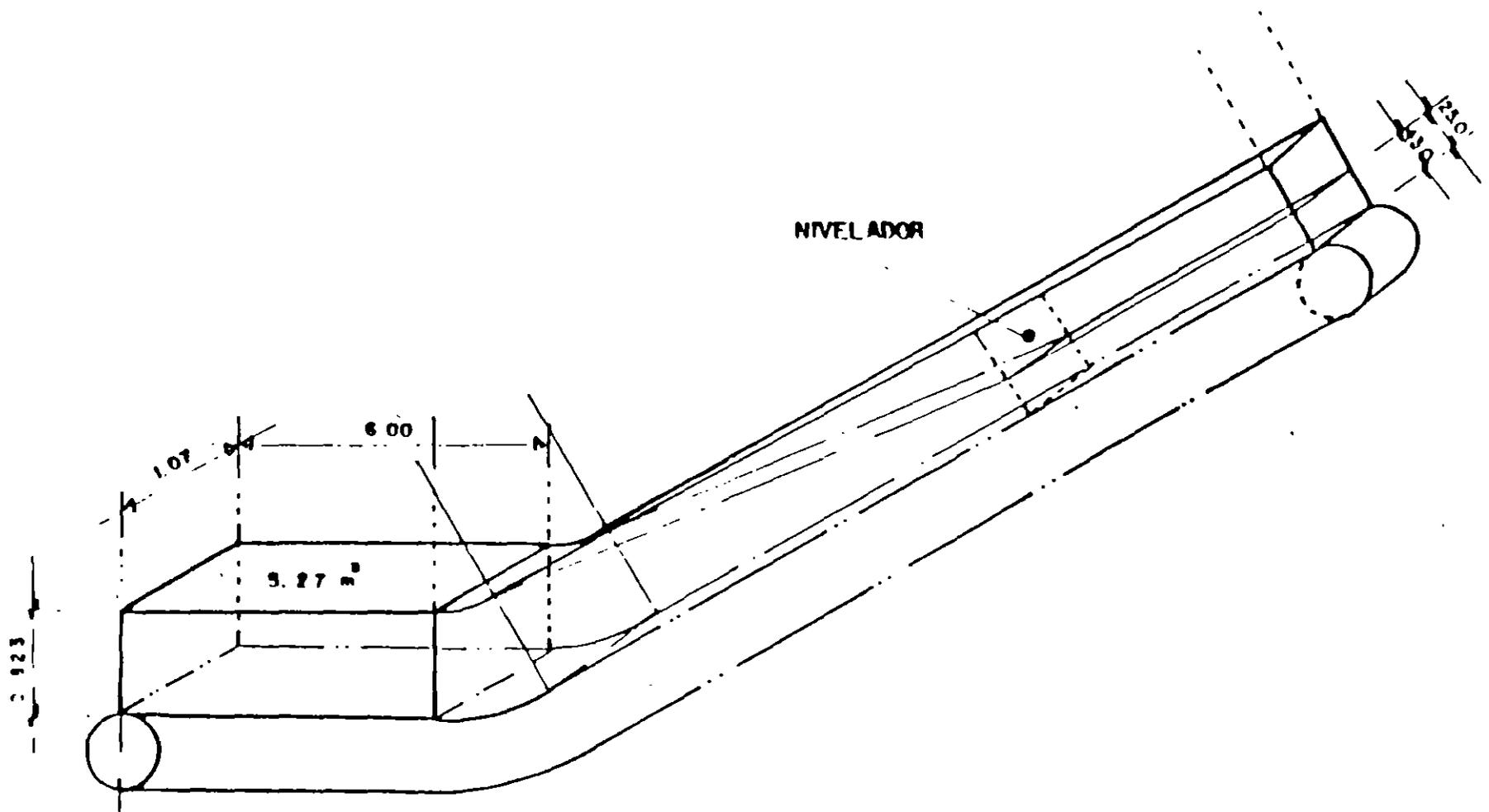
- El equipo estará expuesto a condiciones ambientales severas.
- El equipo debe diseñarse para operar con un mínimo mantenimiento.
- Se requiere velocidad y exactitud en el pesaje.
- La operación y control del equipo debe ser muy simple de operar.
- Protegida para cambios de temperatura.
- Sobrediseñar con un 5 - 10 %
- Control electrónico.
- Impresión de boletos, electrónico.
- Protección contra caídas o sobrevoltaje.
- Preparaciones para integrar una computadora.
- Contemplar un sistema para estabilizar lo más rápido posible la plataforma de pesaje.
- La plataforma de pesaje debe ser de estructura metálica con recubrimiento de concreto.
- Considerar un recubrimiento especial anticorrosivo.

TRANSPORTADOR DE TABLILLAS

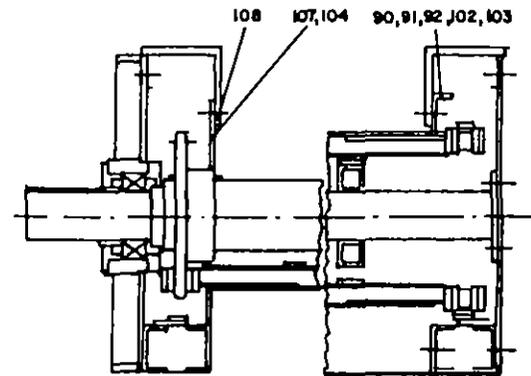
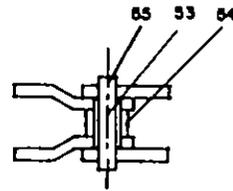
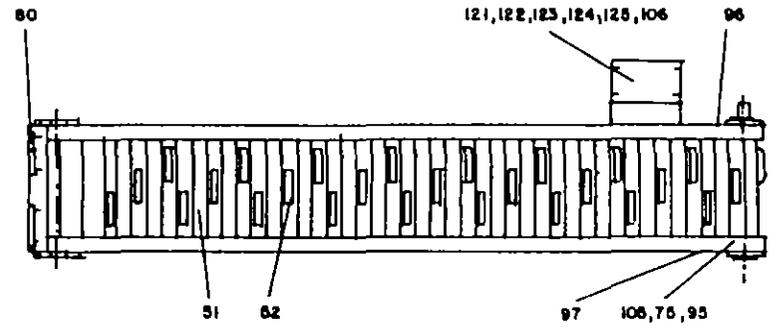
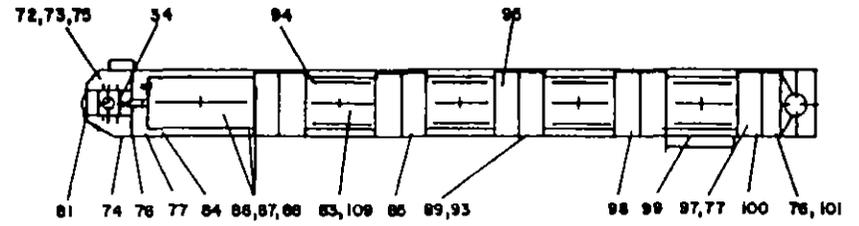
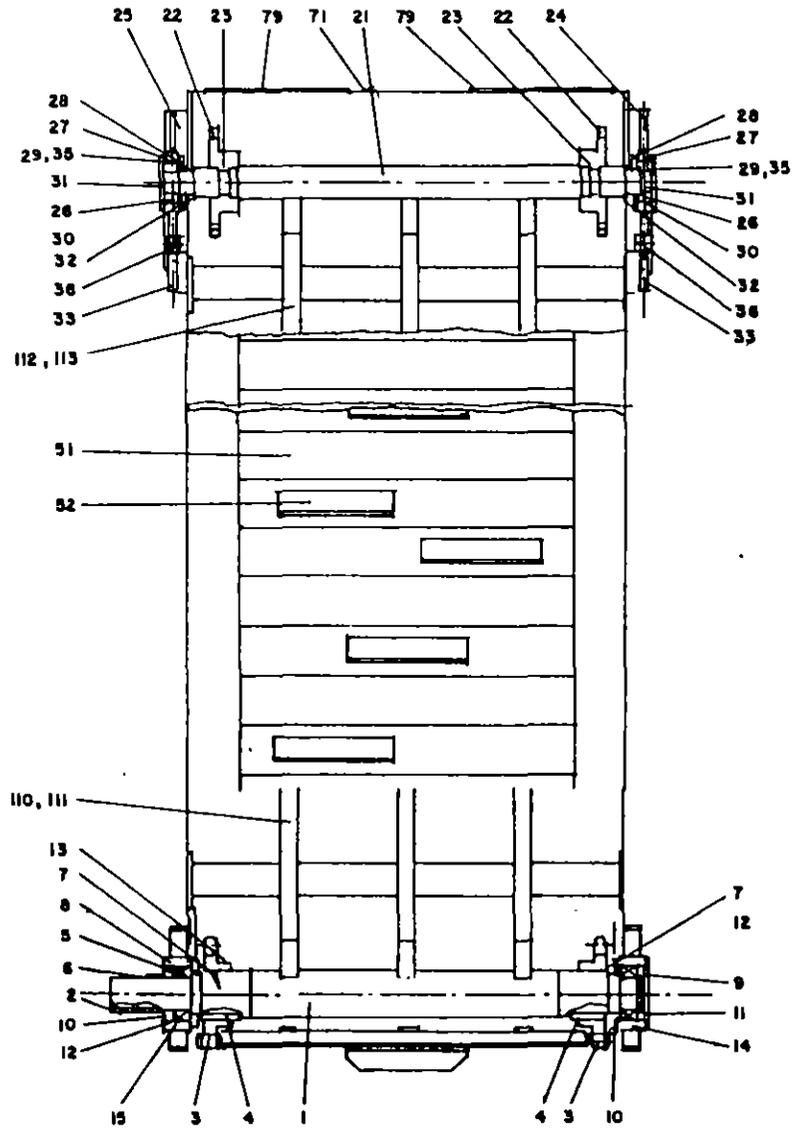
FUNCION :

Transportar los residuos del área de recepción y almacenamiento hasta la banda de selección (5.40 m).

FIG.II.1.3 ESQUEMA GENERAL DEL TRANSPORTADOR DE TABLILLAS



TRANSPORTADOR DE TABLILLAS



CRITERIOS :

- Construcción compacta y rígida, fabricado con placas y perfiles estructurales de acero al carbón de buena calidad.
- Dimensiones y pesos de fácil transportación y manejo, con preparaciones de taller necesarias para su armado en campo con tornillos.
- Soportes al piso con marcos contraventeados.
- Las tablillas de la banda serán metálicas de 3/8" de espesor de acero al carbón con acoplamientos fáciles de montar y desmontar, evitar al máximo el paso de residuos finos.
- Los rodamientos deben diseñarse para lubricarse con grasa, con vida mayor de 6000 hr y con facilidad de lubricación.
- El motor eléctrico para mover el transportador debe calcularse para arrancar con carga.
- El control de la velocidad será con variador de frecuencia.
- Las guías y superficies de apoyo por donde se deslizan las cadenas deben ser lisas y sin obstáculos para evitar esfuerzos súbitos.
- Dosificador fabricado en acero al carbón, cuchilla reguladora de 1/2".
- Los tensores de banda deben considerarse tipo tornillo.
- Interruptor de seguridad de paro de emergencia, con

cable "tipo hilo hombre muerto", para acondicionamiento del interruptor.

- Colocar estaciones de botones para paro y arranque (ambos lados).
- La tornillería será galvanizada, alta resistencia con tuercas y arandelas.
- La parte horizontal del transportador donde se depositarán los residuos debe estar diseñada para recibir cargas severas.
- La capacidad de la fosa de recepción de residuos en el transportador debe diseñarse para almacenar la cantidad suficiente de residuos para mantener una alimentación continua.
- Proteger la estructura metálica con un recubrimiento anticorrosivo, de la línea Amercoat.

TRANSPORTADORES DE BANDA DE SELECCION Y RECUPERACION

FUNCION :

Conducir los residuos en tramo de 50 m para que se efectúe la selección y recuperación de subproductos reciclables y/o aprovechables.

CRITERIOS :

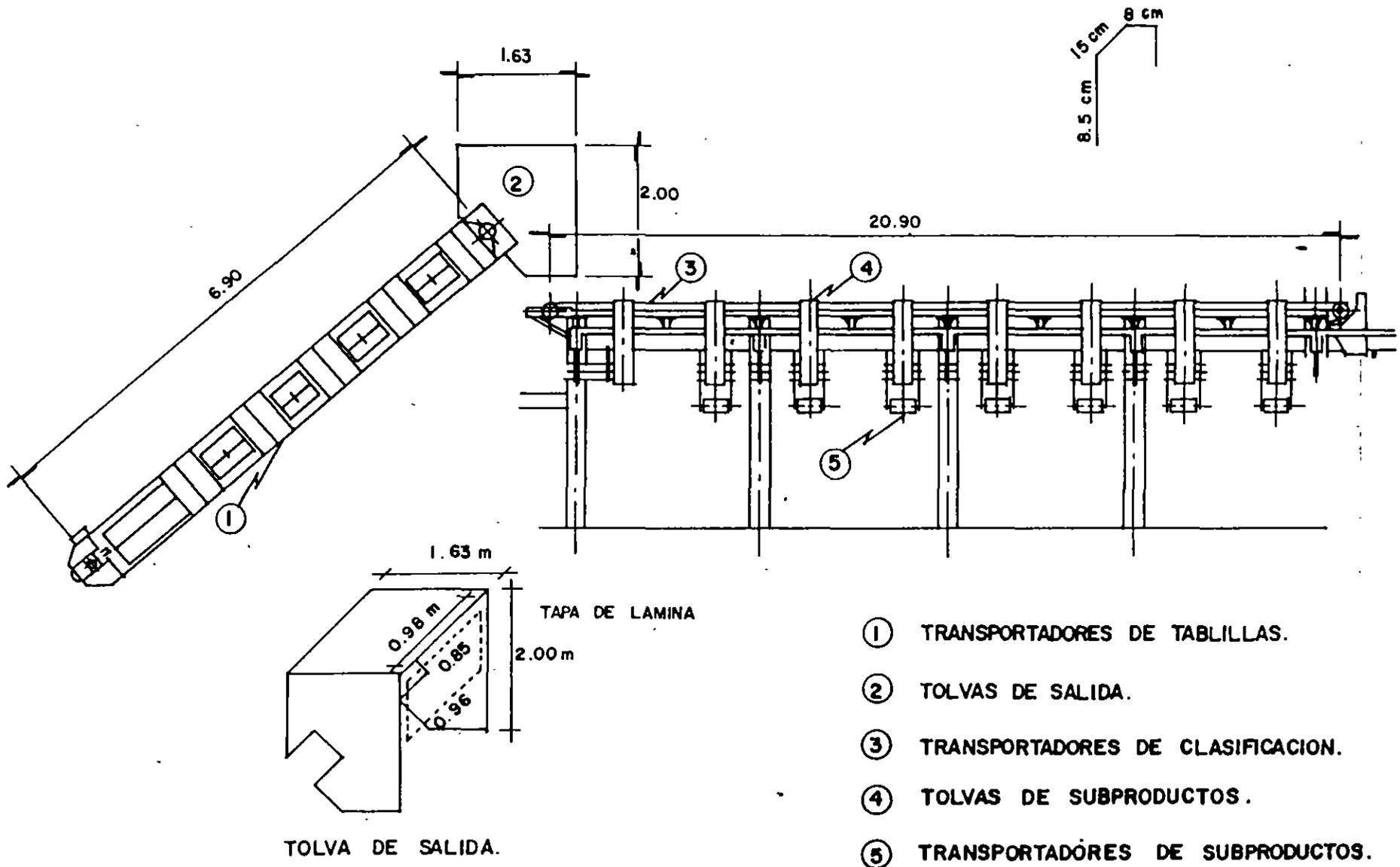
El diseño y fabricación de este tipo de equipos está basado principalmente en el tipo de trabajo que va a desarrollar, las condiciones técnicas ambientales de operación, en los códigos técnicos nacionales e inter-

nacionales aplicables y por otro lado a los lineamientos establecidos por el proceso mismo. A continuación se relacionan una serie de indicadores que deben tomarse en cuenta.

- Construcción compacta, rígida y lo más ligera posible, fabricada con estructuras de acero al carbón.
- Los bastidores deben construirse en secciones menores de 6.00 m de longitud, pudiendo ser canal de acero al carbón tipo liviano y soportes para una altura de 1 m.
- Facilidad de mantenimiento.
- Velocidad variable.
- Considerar un factor de sobrediseño de 5 - 10 %.
- Accionamiento con motorreductor eléctrico.
- Diseñar para temperaturas máximas y mínimas en el área de trabajo.
- Protección sobre carga y corto circuito.
- Protección contra atascamiento del transportador (perno de corte).
- Considerar un factor de ensuciamiento elevado.
- Los materiales usados deben cumplir con las normas internacionales y nacionales.
- Protección eléctrica contra accidentes de trabajo.
- Paro y arranque a ambos lados del equipo.
- Control eléctrico automático.
- Bandas a prueba de grasas, ácidos, aceites, combustibles y antiestáticas.

TRANSPORTADORES PLANTA INDUSTRIALIZADORA

FALDON TRANSPORTADORES DE CLASIFICACION.



- Motores con suficiente potencia para arrancar con carga.
- Los equipos deben ser a prueba de polvos.
- Rodillos prelubricados y sellados de por vida, tipo picking table, C.E.M.A. "D" a 20 grados.
- Variador de frecuencia para motores.
- Las poleas deben tener una guarda metálica como protección.
- Faldón lateral a lo largo del transportador fabricado en placa de 3/16", con hule amorite.
- Los tensores de banda deberán ser tipo tornillo.
- El recubrimiento del transportador debe ser para protección de la corrosión, grasas, aceites y ácidos diluídos, Recomendándose que sea de línea Amercoat.

TRANSPORTADOR PARA SELECCION Y RECUPERACION ESPECIAL

FUNCION :

Recibe y transporta los subproductos (papel, cartón y plástico) que se seleccionan en bandas horizontales, para una segunda selección y recuperación especial.

CRITERIOS :

El diseño y fabricación de este transportador debe estar basado en la actividad que va a desarrollar, condiciones técnicas ambientales de operación y las que establezca el proceso, a continuación se relacionan con más detalle los criterios básicos que rigen en el

diseño y fabricación.

- Por el tipo de material a manejar se requiere que la estructura sea compacta y rígida.
- Es conveniente que se tome en cuenta un sobrediseño del 5 - 10 %.
- La soportería del transportador (patas) debe ir anclada al piso, por lo que deben considerar que su fabricación contemple la forma de ajustar la altura requerida (holgura de 20 cm).
- El material a manejar es muy voluminoso y tiende a salirse de la banda, por lo tanto tienen que considerar principalmente en los tramos de recepción de las tolvas superiores un faldón de aproximadamente 30 cm.
- Los bastidores deben ser fabricados en secciones ligeras y manejables tanto para la transportación como para el montaje.
- Los bastidores deben tener a lo largo una guarda de lámina ligera para evitar el derrame de polvos.
- Considerar ambos lados del transportador una protección de hule amortiguante.
- Los equipos deben fabricarse de tal forma que sea fácil su manejo y un rápido montaje, de preferencia preparado para atornillarse.
- Una parte importante de este equipo son los rodamientos (poleas y rodillos) por lo que deben ser del tipo prelubricados y sellados de por vida.
- Tomando en cuenta la longitud de la banda y la altura

de montaje, es necesario que el sistema tensor de la banda sea del tipo tornillo ajustable.

- La banda debe ser de neopreno, resistente a grasas, ácidos, aceites etc.
- La unidad motriz debe ser un motor eléctrico seleccionado para arrancar con banda cargada.
- La transmisión debe ser con cadena.
- En este tipo de equipos es necesario variar la velocidad de los equipos, por lo que deben considerar un variador de frecuencia.
- El control del transportador será eléctrico.
- Para la protección del personal que labora sobre este equipo, comúnmente a lo largo del transportador se coloca un hilo ("hilo hombre muerto") que acciona un interruptor para paro de emergencia.
- Los equipos deben tener un recubrimiento anticorrosivo y esmalte, de la línea Amercoat.

SEPARADOR MAGNETICO

FUNCION :

Separar la fracción metálica no recuperada manualmente sobre la banda de selección.

CRITERIOS :

El diseño y fabricación de estos equipos principalmente se determinan en base al tipo de material a manejar, la

posición sobre la banda y el sitio de montaje. A continuación se relacionan algunos criterios que pueden tomarse en cuenta por el diseñador y fabricante.

- El equipo debe tener la potencia suficiente para retirar todo material ferroso menor de 10" de tamaño.
- Su colocación debe ser suspendido transversalmente sobre la banda de selección.
- El diseño debe preveer que se realice el mínimo mantenimiento posible.
- Debe ser del tipo autolimpiable.
- El núcleo del imán, debe generar los gaussés suficientes para recoger los residuos metálicos, a una altura de 15 cm.
- Considerar que los residuos sobre la banda tienen un peralte de 10 a 15 cm.
- La estructura para suspender este equipo debe ser ligera y no debe ocupar mucho espacio.
- El control y protección del equipo debe ser eléctrica.
- Las partes metálicas deben cubrirse con un material anticorrosivo.

TRANSPORTADOR DE BANDA

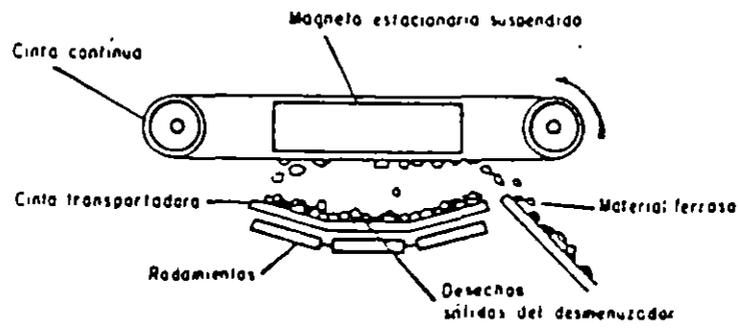
FUNCION:

Movimiento de material de rechazo y materia orgánica para el proceso de composteo.

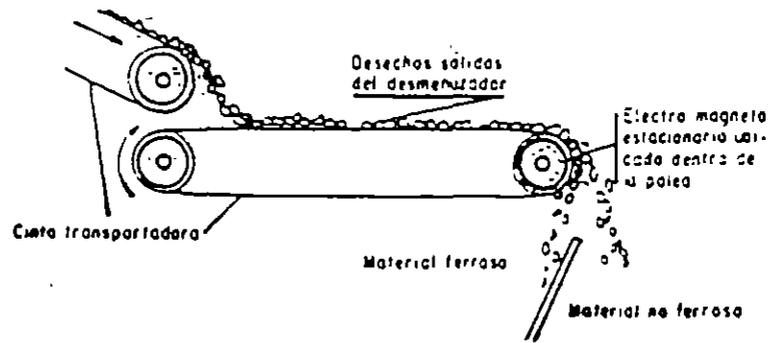
CRITERIOS :

En principio se aplican los mismos criterios señalados para otros transportadores de banda, sólo que en este caso el material a manejar es de diferentes características, la ubicación es a la intemperie y no existe personal para separación, de acuerdo a la actividad que desarrollan, a continuación se relacionan los criterios que se deben tomar para el diseño y fabricación de este equipo.

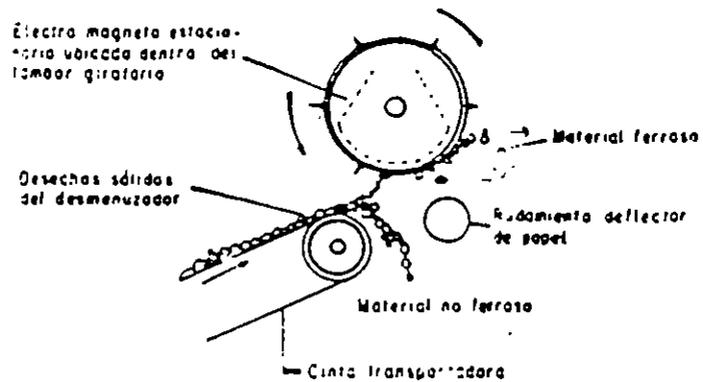
- El montaje de estos equipos es uno a uno, altura mínima de 3.5 m., soportados por una estructura metálica.
- Su fabricación debe considerar que se realice en secciones manejables para carga, montaje y mantenimiento.
- La estructura metálica fabricada en acero al carbón, debe ser lo más resistente y liviana posible.
- El transportador debe ser de tipo artezado con faldones laterales de lámina Cap. No. 10 o similar para evitar derramamiento de material.
- Cubierta de lámina sobre el transportador, para protegerlo del viento y lluvia.
- Protección lateral con hule amorite.
- Rodillos prelubricados y sellados de por vida, triples montados a 20°.
- Banda con esqueleto de tres caras, resistente a grasas, aceites, ácidos, abrasión y antiestática.



a) MAGNETO SUSPENDIDO



b) POLEA MAGNETICA



c) TAMBOR MAGNETICO SUSPENDIDO

Separadores típicos de magnéticos (Eriez Magnéticos).

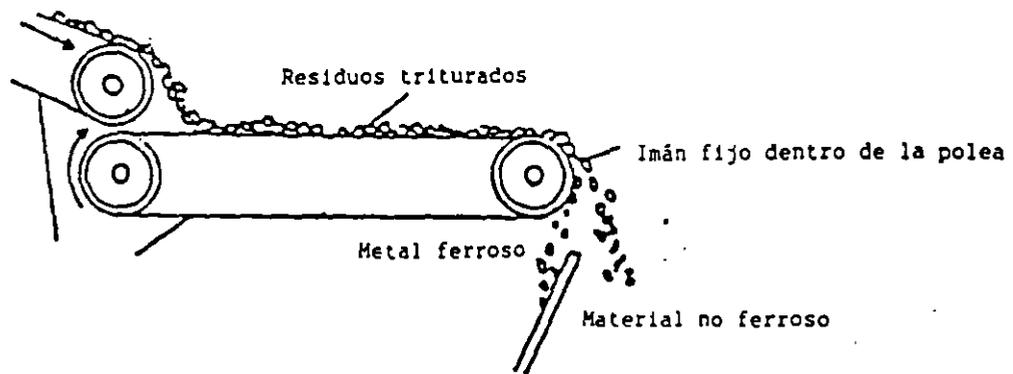
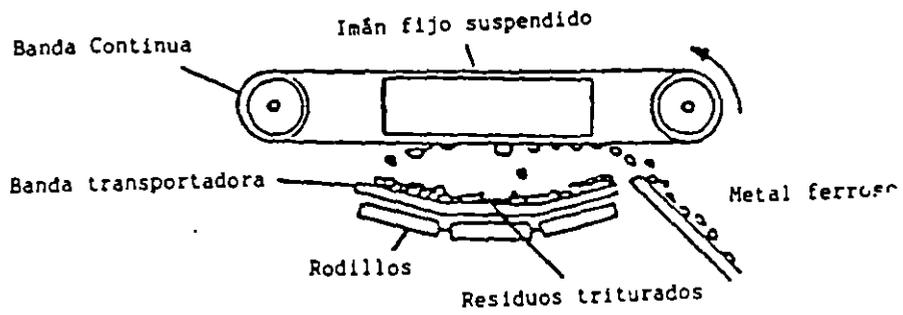


Fig. 10 Separadores magnéticos típicos

- El control de arranque y paro será con estación de botones, asimismo debe considerar un dispositivo para paro de emergencia.
- La unidad motriz se accionará con un motor eléctrico, tipo jaula de ardilla, sellado para operar a la intemperie, a prueba de polvo y lluvia, debe tener la potencia suficiente para mover inicialmente el transportador con carga.
- La transmisión debe hacerse con cadena y estará protegida con una guarda de malla metálica.
- El control de la velocidad se hará con un variador de frecuencia.
- Los empalmes de las bandas serán vulcanizados.
- Las bandas que cargarán los residuos a los vehículos serán de tipo reversible cuyo accionamiento se hará con un inversor de rotación en el motor.
- Los tensores para bandas deben ser tipo tornillo para ajuste.
- Todas las superficies metálicas deben limpiarse con chorro de arena y aplicarse un recubrimiento anticorrosivo y esmalte alquidático, efectivos para un ambiente corrosivo y a exposición de aceites y ácidos, recomendándose la línea Amercoat.

CRIBA ROTATORIA

FUNCION:

Separar al máximo la parte orgánica del resto de los residuos que no se separaron en las bandas de selección.

CRITERIOS :

El diseño y fabricación de la criba rotatoria se hará de acuerdo a las características cuantitativas y cualitativas del material a manejar, así como de la eficiencia de cribado que se desee, a continuación se relacionan los principales criterios que se deben considerar para diseñar este equipo.

- El diseño de la criba debe considerar una alimentación continua de residuos durante las 4 hrs. de trabajo. Esta alimentación se hará directamente de las bandas de selección mediante un chute que conducirá los residuos al tambor de cribado, debiendo contener una tolva para la recepción.
- Las perforaciones para el tambor de cribado son de la misma dimensión en toda la superficie.
- La coraza que envuelve el tambor de cribado debe de construirse de preferencia en secciones atornillables, para facilitar el montaje y mantenimiento interior.
- Es necesario que la descarga de residuos que pasaron la malla de cribado se haga mediante dos tolvas que

descarguen a transportadores de banda.

- El montaje del transportador será aproximadamente a 3.5 m. S.N.P.T., en posición inclinada a 5° , debiendo considerar en sus apoyos la manera para ajustar el ángulo de inclinación requerido.
- El tiempo máximo de residencia de los residuos debe ser tal, que permita separar al máximo los residuos cuya granulometría alcance a pasar por la malla de diseño.
- El movimiento de los residuos dentro del tambor de cribado debe ser tal, que la velocidad de la criba sea suficientemente alta para lanzar el material fuera de la pared interna, describiendo una caída parabólica, con esto el cribado es más eficiente, cuidando no llegar a la velocidad crítica donde los residuos se adhieren a las paredes y no caen.
- Este equipo debe sobrediseñarse con 5 ó 10 % de su capacidad normal.
- El material para el diseño del tambor rotatorio y tolvas debe ser resistente a la corrosión.
- Los requerimientos de potencia para mover a la criba rotatoria deben calcularse con la criba cargada de material a procesar.
- Considerar que empíricamente se ha encontrado que a una velocidad dada, la recuperación es mayor cuando la carga ha recorrido un tercio de la longitud de la criba.

- También considerar que la pendiente del equipo incluye la eficiencia de cribado, porque a medida que se aumenta el ángulo de inclinación disminuye la presencia de los residuos en la criba, por eso se recomiendan ángulos de inclinación de 3 a 5 grados.
- Para una buena eficiencia en el cribado de residuos sólidos no triturados se requiere una residencia de cuando menos 1 minuto, donde el material debe dar de 5 a 6 vueltas dentro del tambor.
- Para el cálculo de la longitud de la criba rotatoria, deben considerar que dentro de los primeros dos metros, los residuos ya dieron dos o tres vueltas y por lo tanto ya gran parte del material fue separado.
- El movimiento de la criba se hará mediante un motor eléctrico acoplado a un reductor de velocidad, este equipo estará controlado con un variador de frecuencia para controlar la rotación del equipo.

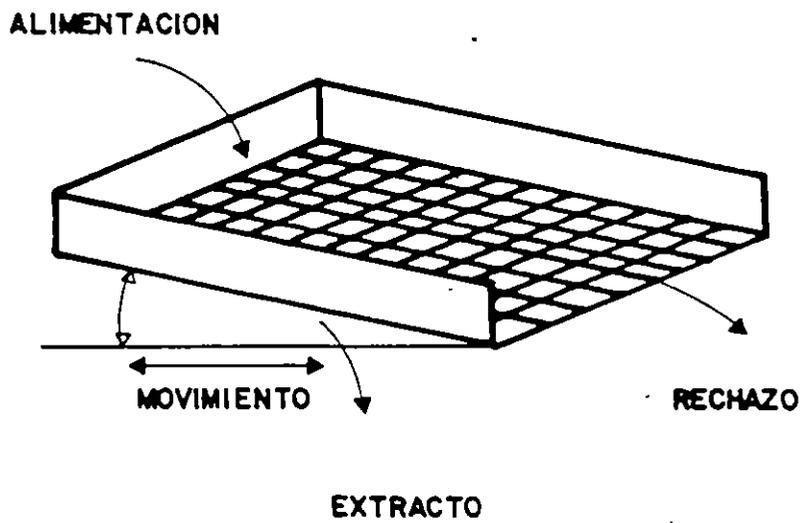
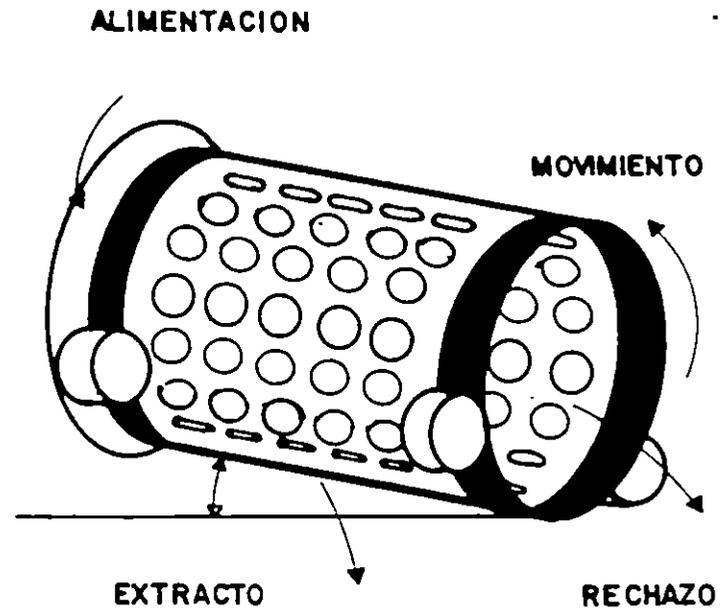


FIGURA I.

Las partículas pesadas caen

Las partículas ligeras suben

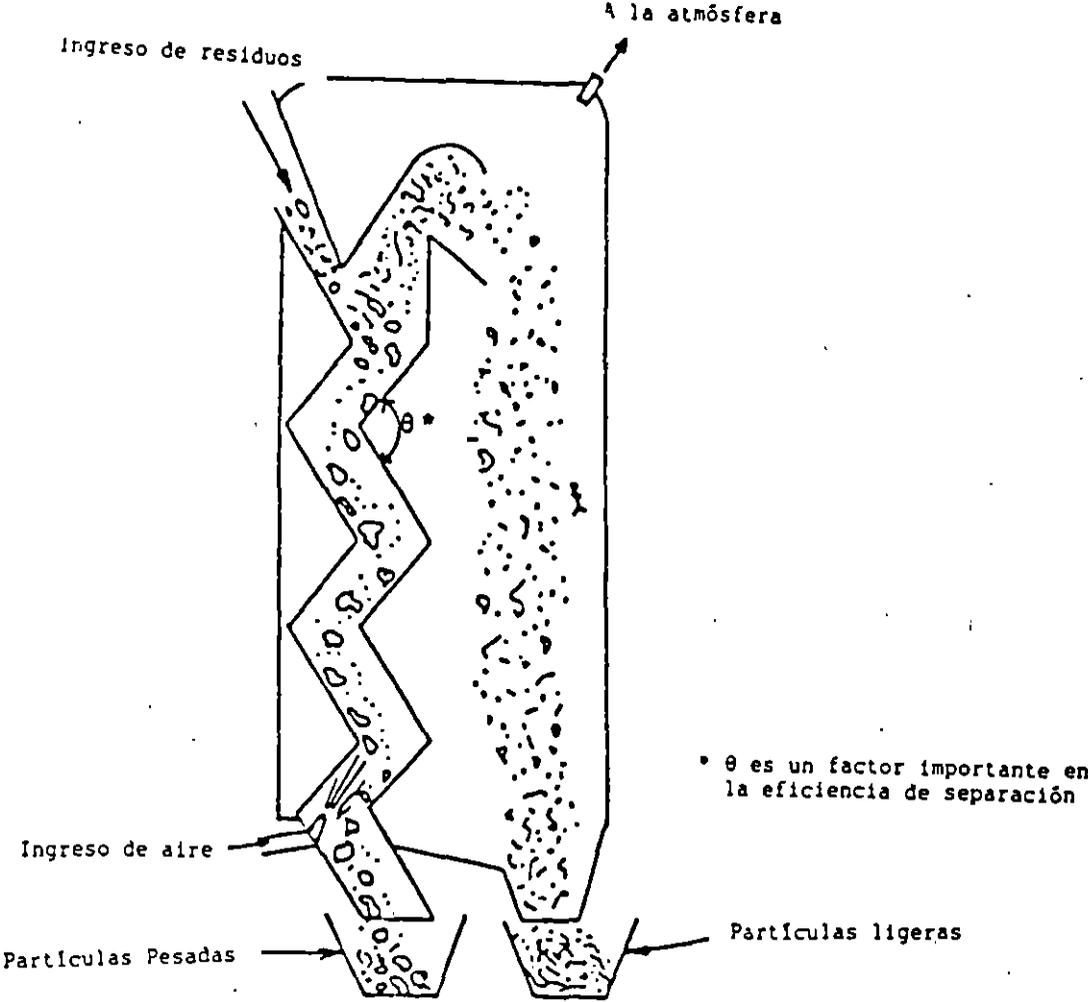
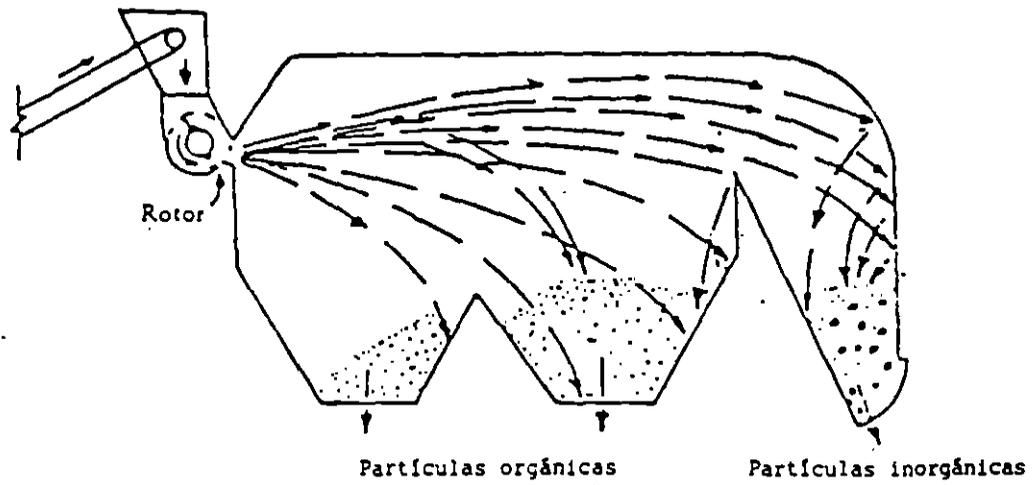
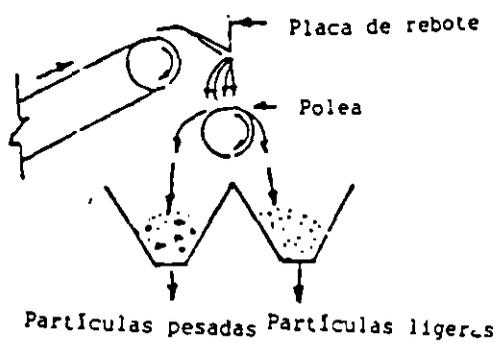


Fig. 11 Separador zig zag

Separador balístico



Separador de rebote



Transportador inclinado

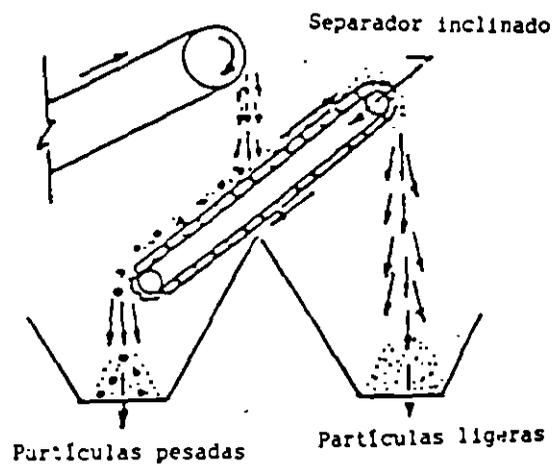
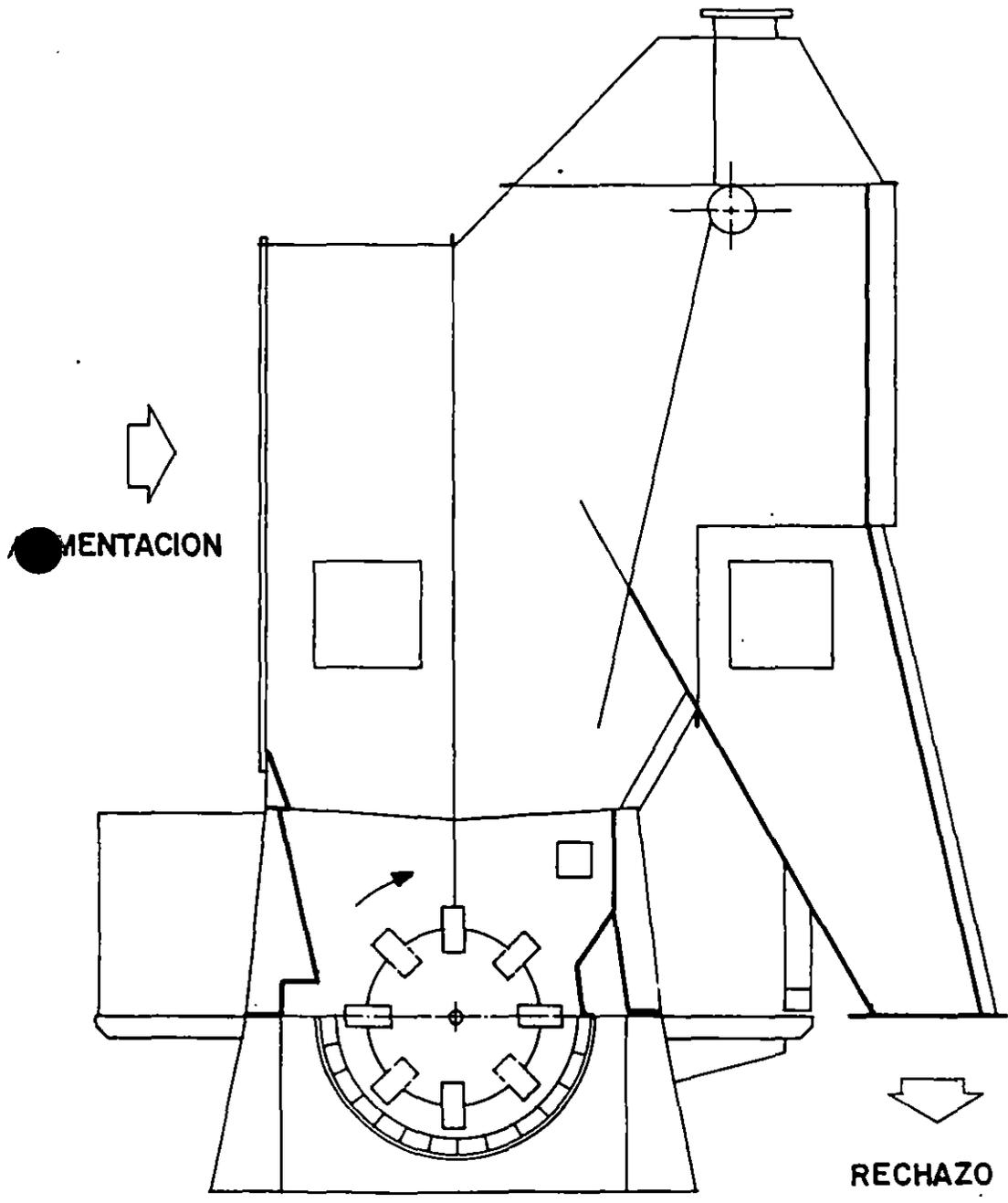


Fig. 12 Separadores inerciales



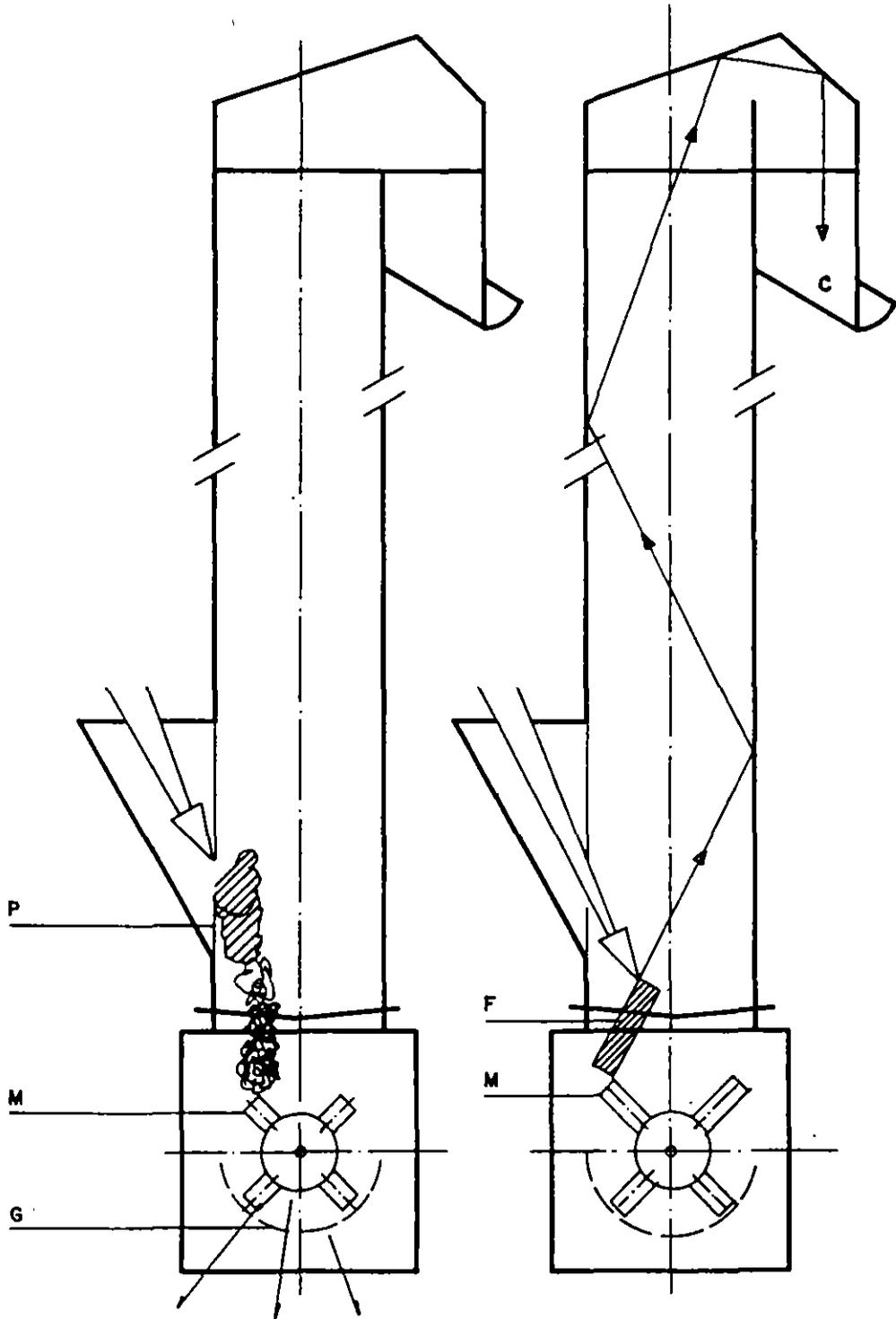
SECRETARIA GENERAL DE OBRAS Y SERVICIOS
DEL DEPARTAMENTO DEL
DISTRITO FEDERAL
MEXICO



MENTACION

RECHAZO

PRODUCTOS
TRITURADOS



**EVACUACION
DE MATERIALES
NO TRITURADOS**

MOLINO GONDARD

CALCULOS

1. Area transversal de la pila = $\frac{\text{base} \times \text{altura}}{2}$

$$\text{Area} = \frac{5 \times 2}{2} = 5 \text{ m}^2$$

2. Volumen de la pila = Area x longitud

$$\text{Volumen} = 5 \text{ m}^2 \times 100 \text{ m} = 500 \text{ m}^3$$

3. Cantidad de material por pila = Peso volumétrico x volumen

$$\text{Cantidad en material} = 0.45 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} \times 500 \text{ m}^3 = 225 \text{ Ton/pila}$$

4. Número de pilas generadas por día =

$$\frac{\text{Cantidad de material a procesar}}{\text{Calidad de material por pila}} = \frac{690.935 \text{ Ton/día}}{225 \text{ Ton/pila}}$$

$$\text{Número de pilas generadas} = 3.070 \text{ pilas/día}$$

5. Cantidad de pilas generadas durante el proceso de fermentación

$$= (\text{Número de pilas generadas por día}) (\text{Tiempo de residencia})$$

... Cantidad de pilas generadas durante el proceso de fermentación

$$(3 \text{ pilas/día}) (30 \text{ días}) = 90 \text{ pilas}$$

6. Area longitudinal de la pila = b x h

$$100 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 500 \text{ m}^2/\text{pila}$$

7. Area longitudinal total = Area longitudinal x cantidad de pilas generadas durante el proceso de fermentación

$$\text{Area longitudinal total} = 90 \text{ pilas} \times 500 \frac{\text{m}^2}{\text{pilas}} = 45,000 \text{ m}^2$$

8. Area de separación entre pilas = distancia entre pilas x longitud pila

AREA REQUERIDA PARA COMPOSTAJE.

Etapa de fermentación

A continuación calcularemos el área necesaria para el proceso de compostaje, del balance de materiales, se tiene que se procesarán aproximadamente 690.935 Ton/día. El peso volumétrico estimado para el material a procesar es de 450 Kg/m^3 , el tiempo de fermentación recomendado para este proceso es de 30 días, se colocará el material en pilas con las siguientes dimensiones: 5 m de base, 2 m de alto 100 m de longitud. El tamaño de la pila esta limitado por las dimensiones del volteador mecánico.

DATOS

1. Cantidad de material a procesar: 690.935 Ton/día
2. Peso volumétrico del material: $450 \text{ Kg/m}^3 = 0.45 \text{ Ton/m}^3$
3. Tiempo de residencia: 30 días
4. Largo de la pila (Aprox.): 100 m
5. Ancho de la pila: 5 m
6. Altura de la pila: 2 m

Area de separación entre pilas = $1.5 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 150 \text{ m}^2$

9. Area total de separación = Area de separación entre pilas x
Cantidad de pilas generadas du-
rante el proceso de fermentación

Area total de separación = $150 \text{ m}^2/\text{pila} \times 90 \text{ pilas} = 13,500 \text{ m}^2$

10. Area total necesaria para la etapa de fermentación =

Area longitudinal total + Area de separación total

Area total = $45,000 \text{ m}^2 + 13,500 \text{ m}^2$

Area total = $58,500 \text{ m}^2$

De lo anterior, tenemos que se necesitarán $58,500 \text{ m}^2$ de área disponible para la etapa de fermentación, la cual durará 30 días, después de éste período se podrán recoger las pilas que hayan completado su fermentación y se llevarán a la etapa de maduración.

AREA NECESARIA PARA LA ETAPA DE MADURACION

DATOS :

1. Cantidad a procesar : $483.654 \text{ Ton/día} *$
2. Tiempo de residencia : $2 \text{ meses} = 60 \text{ días}$
3. Peso volumétrico del material a procesar : $500 \text{ Kg/m}^3 = 0.5 \text{ Ton/m}^3$
4. Dimensiones de la pila : $8 \text{ m de largo} \times 4 \text{ m de alto}$

Considerando una superficie cónica, tenemos que el diámetro sería de 8 m. de donde podemos sacar el área superficial de ésta pila

45,238.50 m² (etapa de maduración)

Area de compostaje : 58,500 + 45,238.50 = 103,738.5 m²

Area de cribado : 600 m²

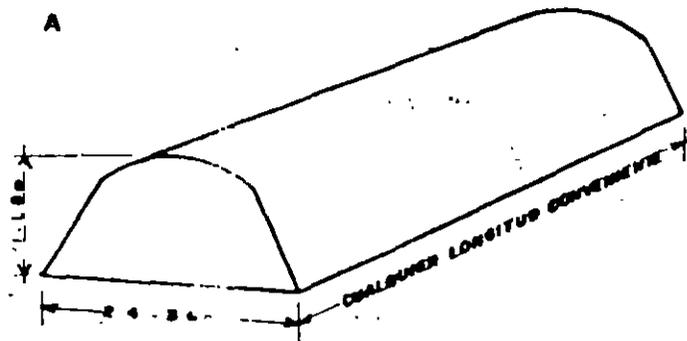
Area adicional : 17,200 m²

Area total : 121,538.5 m² ≈ 12.1 Ha.

El producto que se obtenga después de la etapa de maduración, es una composta de calidad media, la cual se puede utilizar como material de cobertura en rellenos sanitarios.

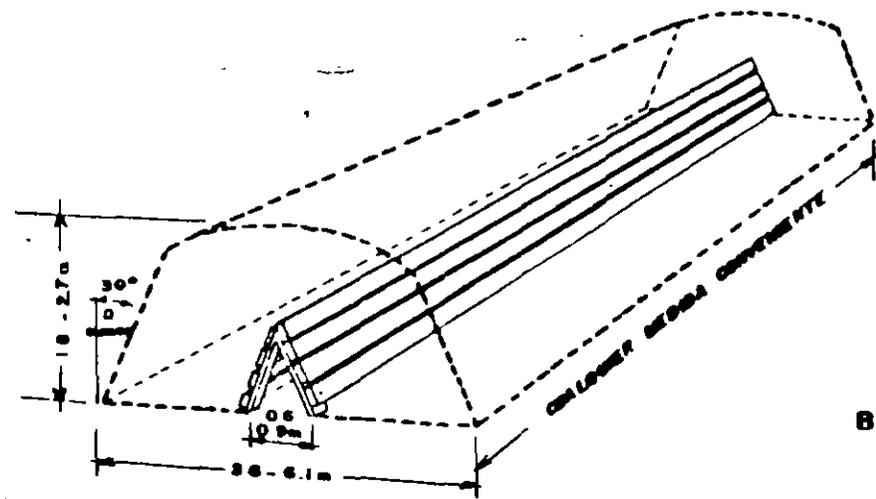
En resumen tenemos que la etapa de fermentación necesita 58,500 m² de área disponible, la etapa de maduración 45,238.5 m²; el área de acondicionamiento se ubicará en una superficie de 600 m² y finalmente un área adicional de 17,200 m² para almacenamiento de los vehículos y productos.

De lo anterior resulta un área global para el proceso de compostaje de 121,538.5 m² o aproximadamente 12.1 Ha.



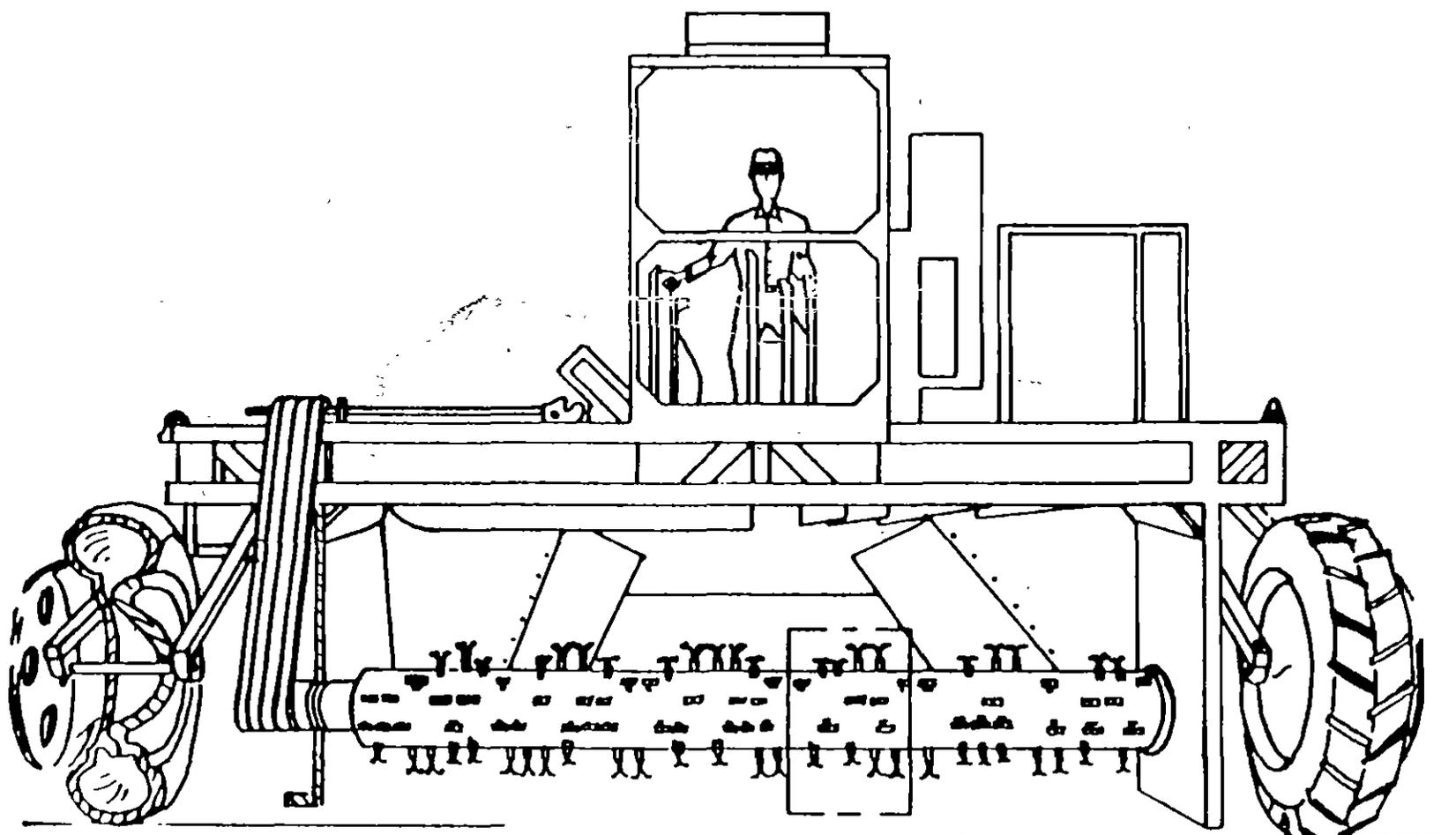
A HILERA CON VOLTEOS PARA LA AIREACION.

B. HILERA CON ARMAZON DE CANALES (MADERA, BAMBU, RATAN, ETC.) PARA LA AIREACION POR EL INTERIOR



B

FIG. II.2.3 MAQUINA VOLTEADORA PARA COMPOSTA.





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO DE RESIDUOS SOLIDOS
MOD. III PROCESOS DE TRATAMIENTO
PARA EL CONTROL DE RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES Y PELIGROSOS**

**SISTEMAS Y EQUIPOS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES**

**ING. VICTOR FLORES VALENZUELA
ING. MARGARITA GUTIERREZ ROJAS**

**DIPLOMADO DE RESIDUOS SOLIDOS
MODULO III PROCESOS DE TRATAMIENTO
PARA EL CONTROL DE RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES Y PELIGROSOS**

**" SISTEMAS Y EQUIPOS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS
SOLIDOS MUNICIPALES "**

P o n e n t e s :

**Ing. Victor Manuel Flores Valenzuela
Ing. Margarita Gutiérrez Rojas**

Julio de 1995.

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 considera 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:

$$1 \text{ Joule/kg} = 4,185.5 \text{ kcal/kg} = 1.8 \text{ Btu/lb}$$

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):

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

donde H_u 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.

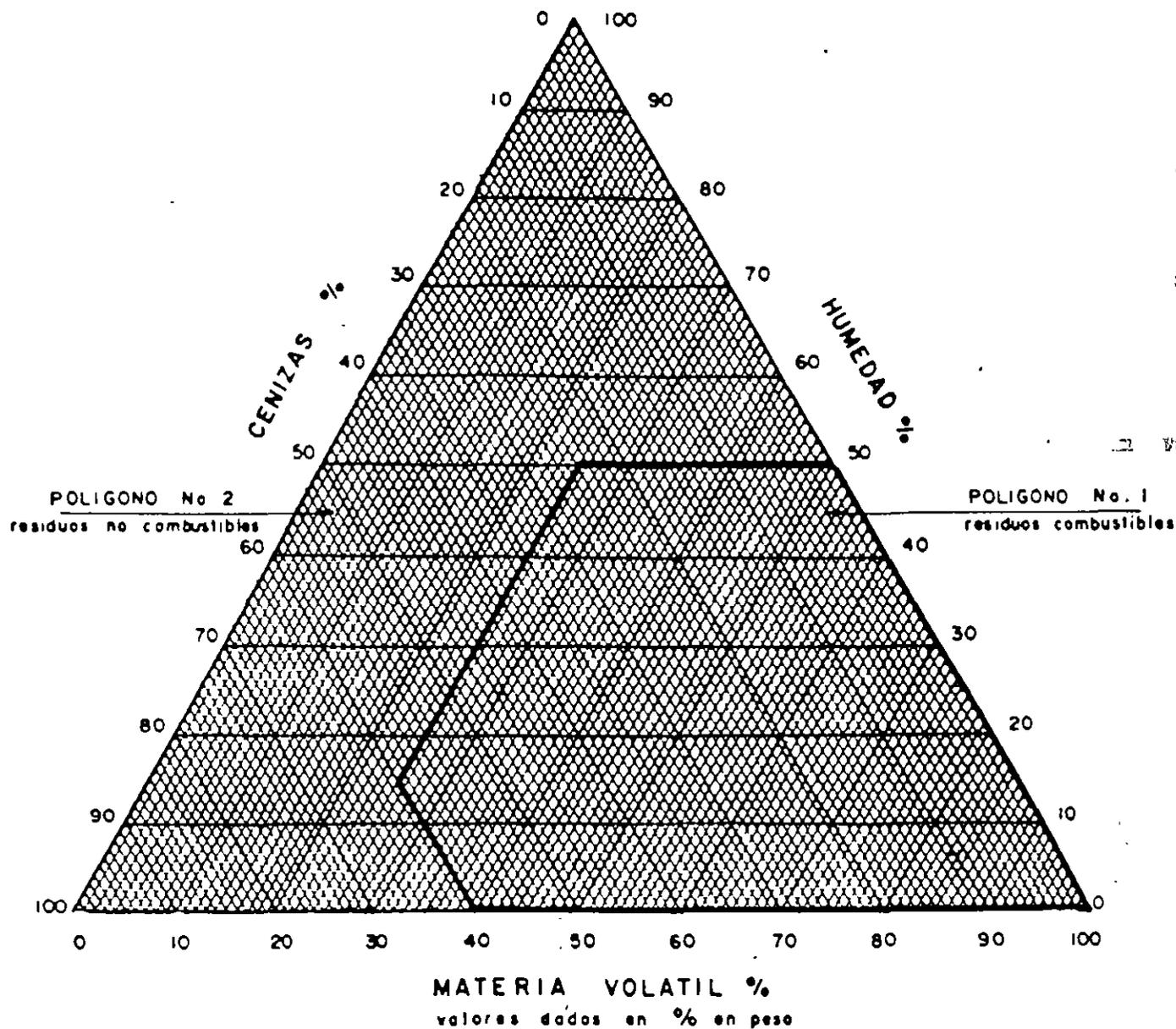
De manera general, y de acuerdo a los equipos de incineración de residuos sólidos actualmente disponibles en el mercado, aquélla puede ser clasificada de dos maneras: continua, y "batch" o intermitente.

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, y luego 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.

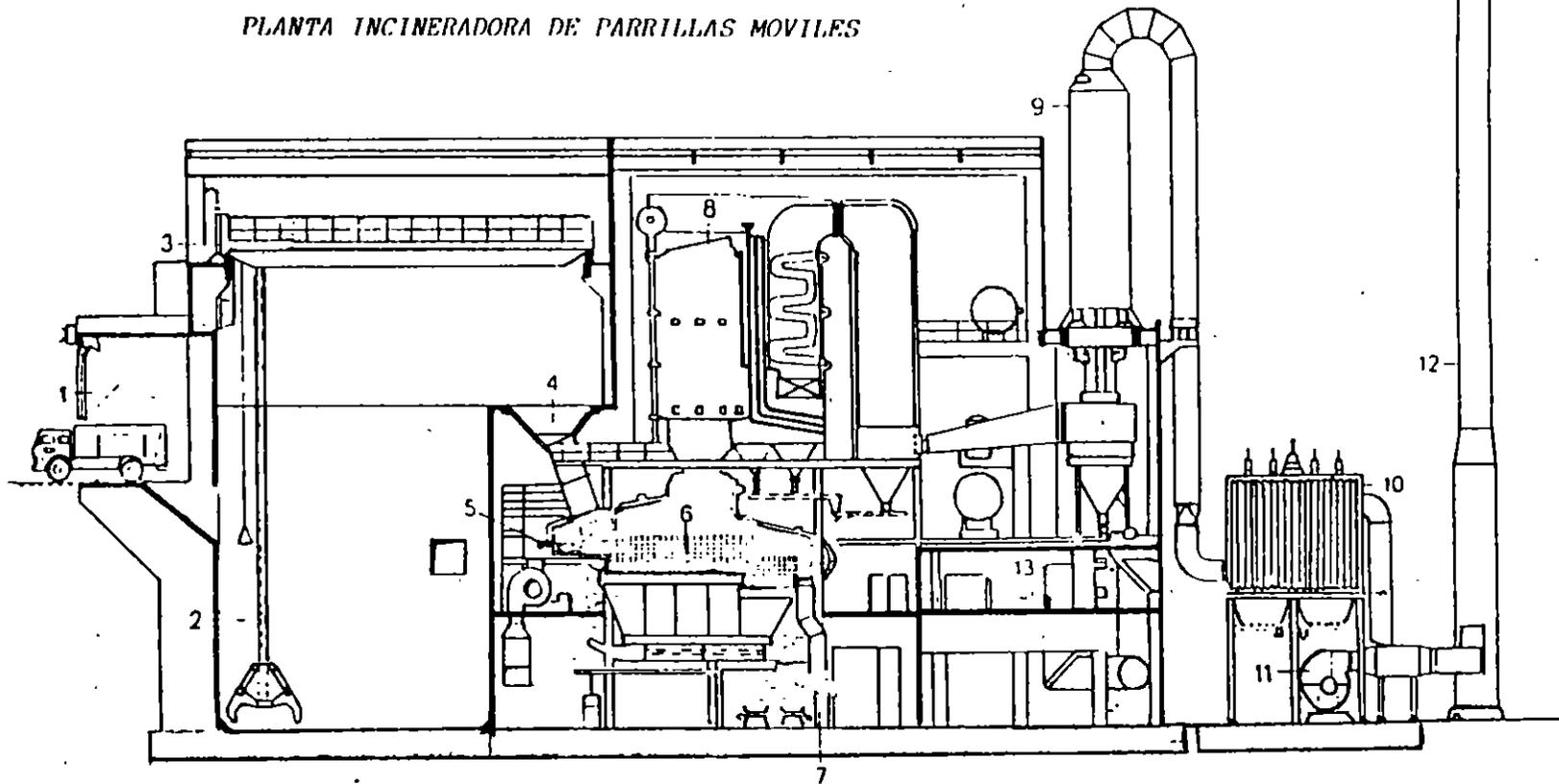
Por lo general, este tipo de horno se utiliza para la incineración de residuos industriales (especialmente los peligrosos); de hecho, es un equipo que tradicionalmente se ha utilizado en procesos industriales de fabricación, como por ejemplo, en la industria del cemento (ver figura 3).

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.).

PLANTA INCINERADORA DE PARRILLAS MOVILES

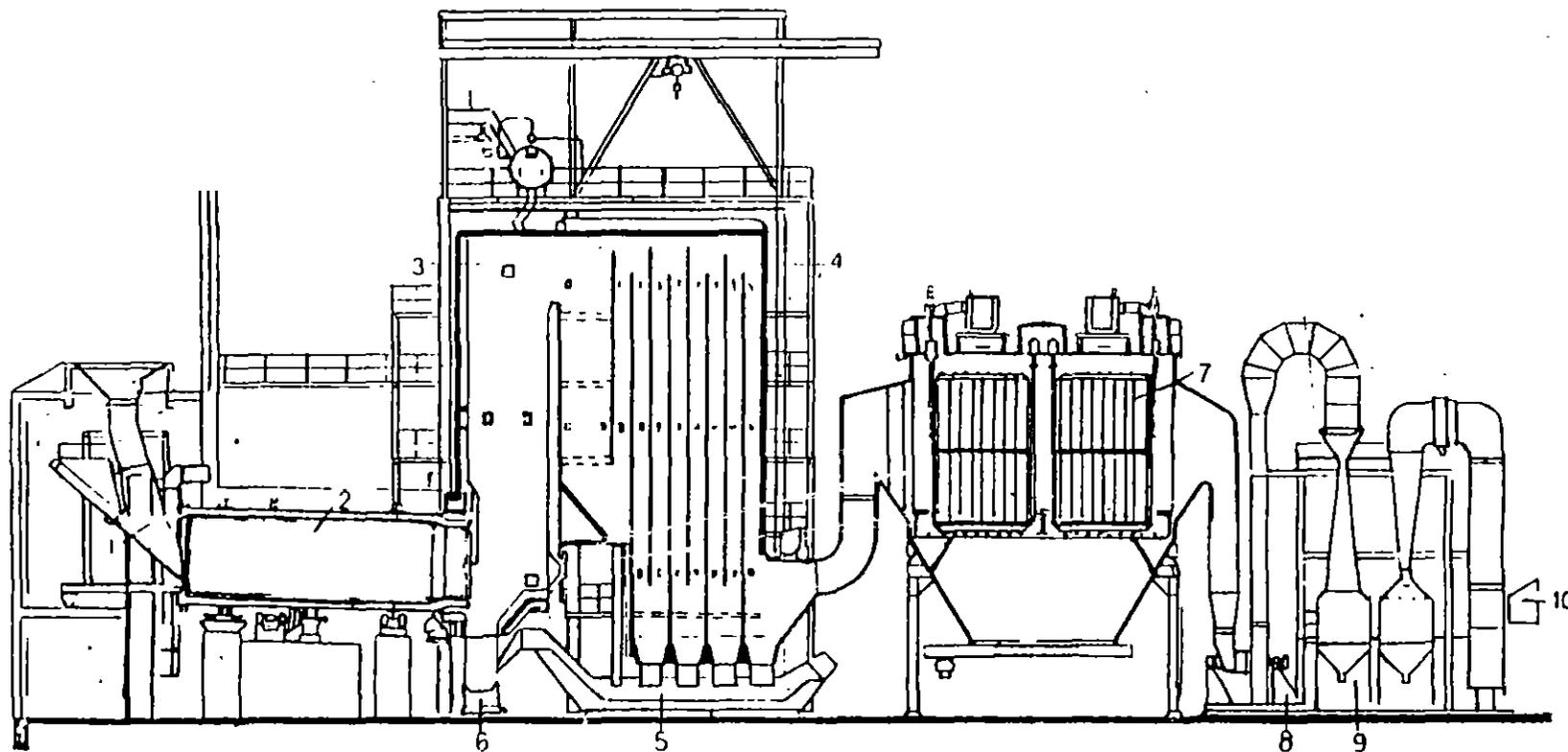


- 1. Zona de descarga
- 2. Almeja hidráulica
- 3. Grúa viajera
- 4. Tolva de alimentación
- 5. Pistón de alimentación

- 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

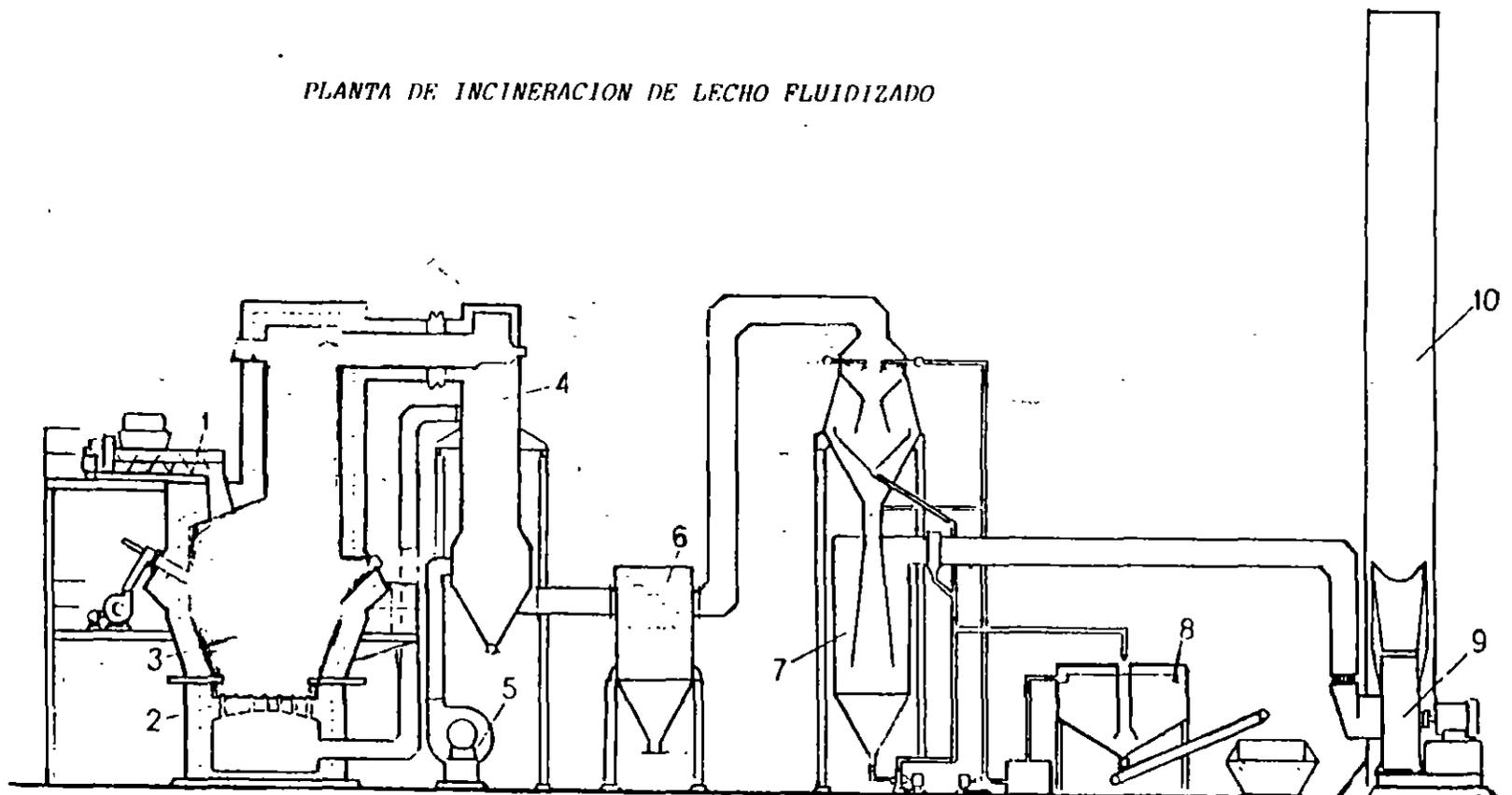
PLANTA INCINERADORA DE HORNO ROTATORIO



- 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

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

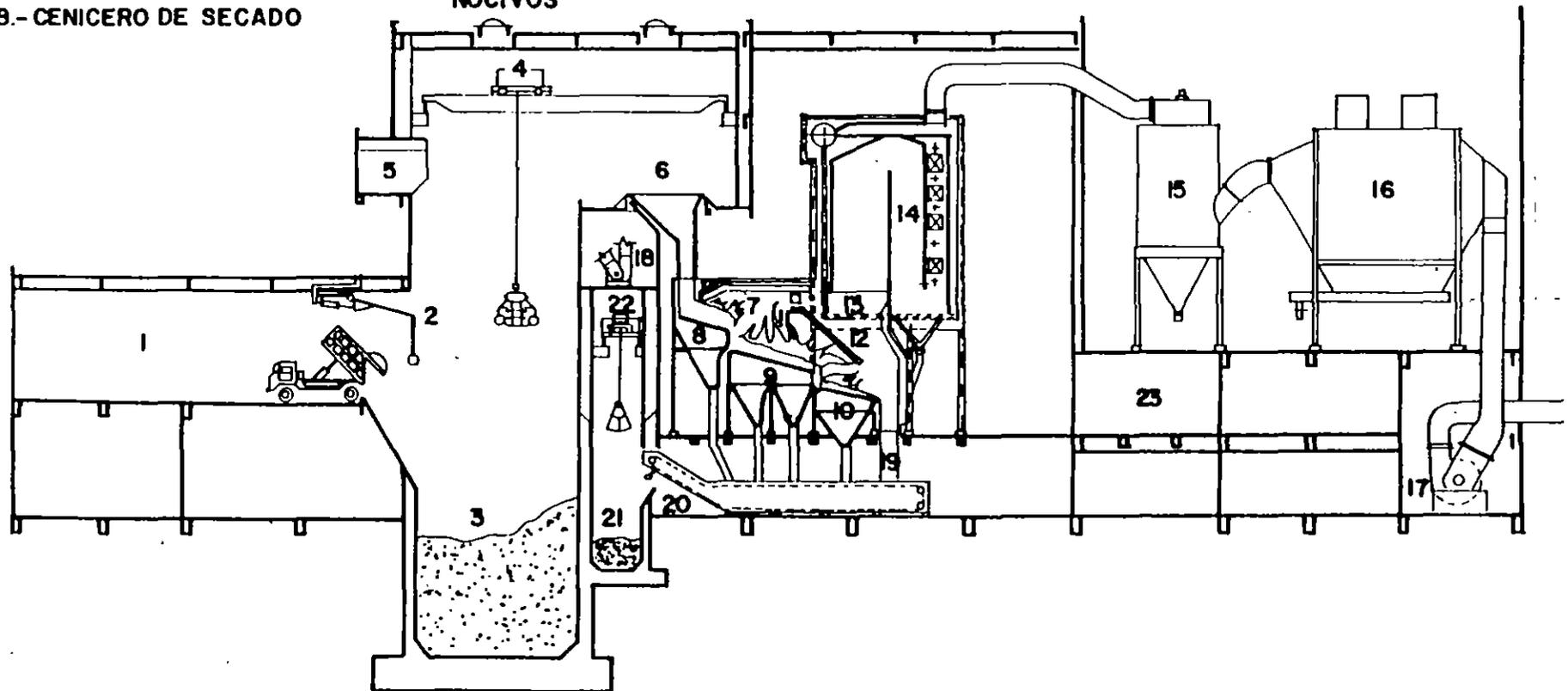
19.- CONDUCTO DE CENIZAS

20.- TRANSPORTADOR DE CENIZAS

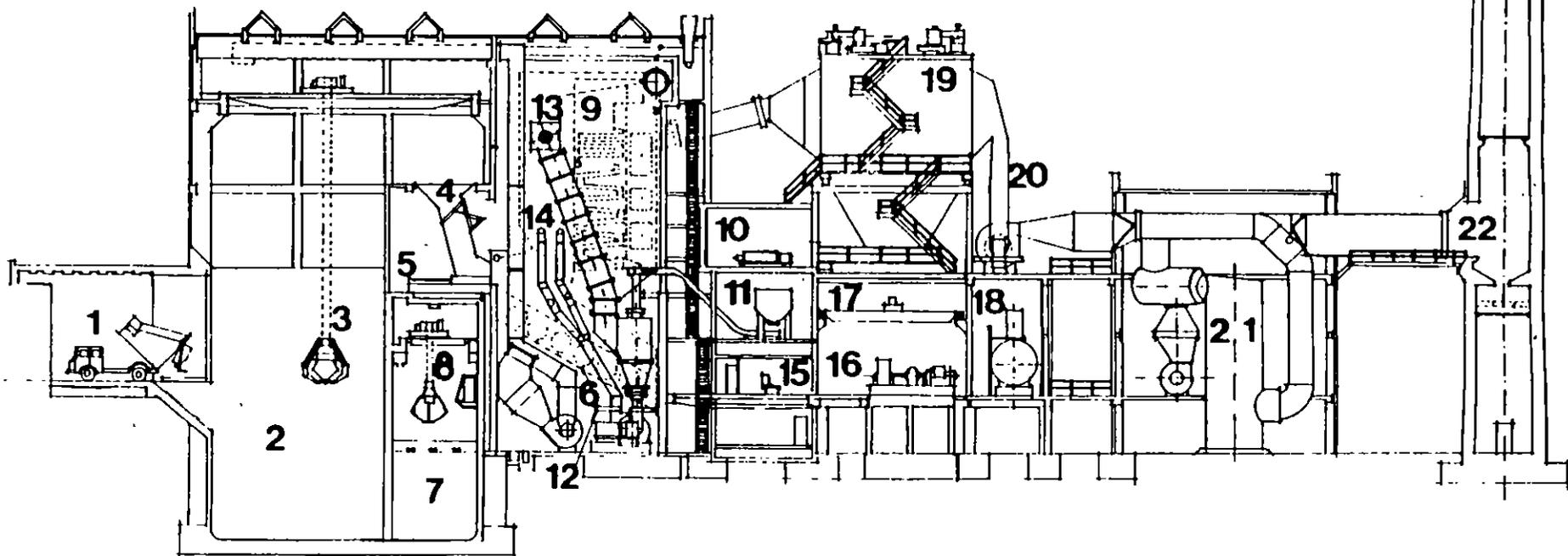
21.- FOSA DE CENIZAS

22.- GRUA DE CENIZAS

23.- CUARTO CENTRAL DE CONTROL



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

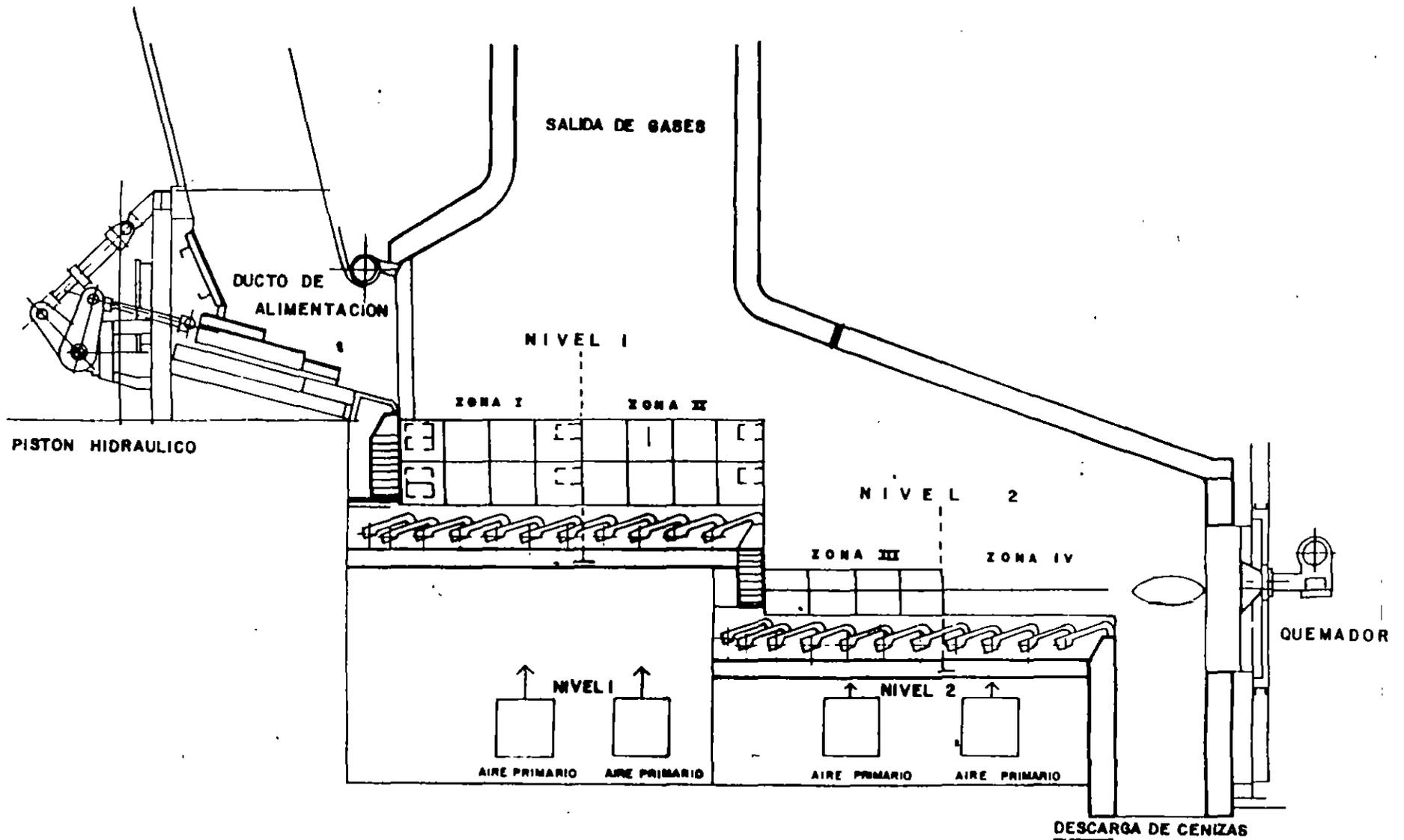


1. CAMION CERRADO
2. DEPOSITO DE DESECHOS
3. GRUA
4. TOLVA DE ALIMENTACION
5. ALIMENTACION DE DESECHOS
6. PARRILLAS ROTATORIAS DE SISTEMA DÜSSELDORF
7. DEPOSITO DE CERIZAS
8. GRUA DE CENIZAS

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 RECIÁCULACION DEL GAS
14. LINEA DE INYECCION DE LODOS PARA QUEMARSE
15. CUARTO DE CONTROL
16. GENERADOR DE 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.(BARCOCK)



LOCALIZACION DE LAS PARRILLAS

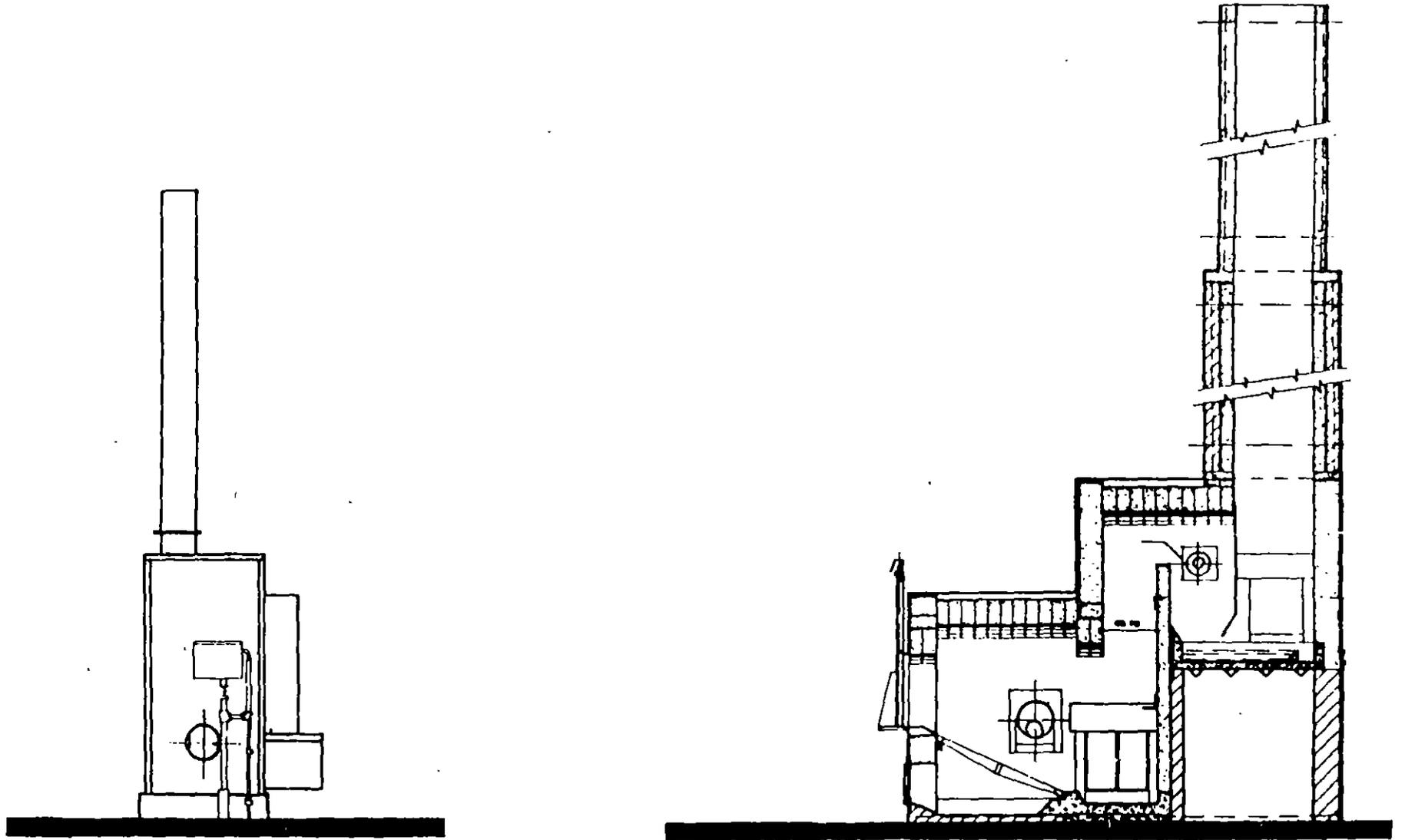
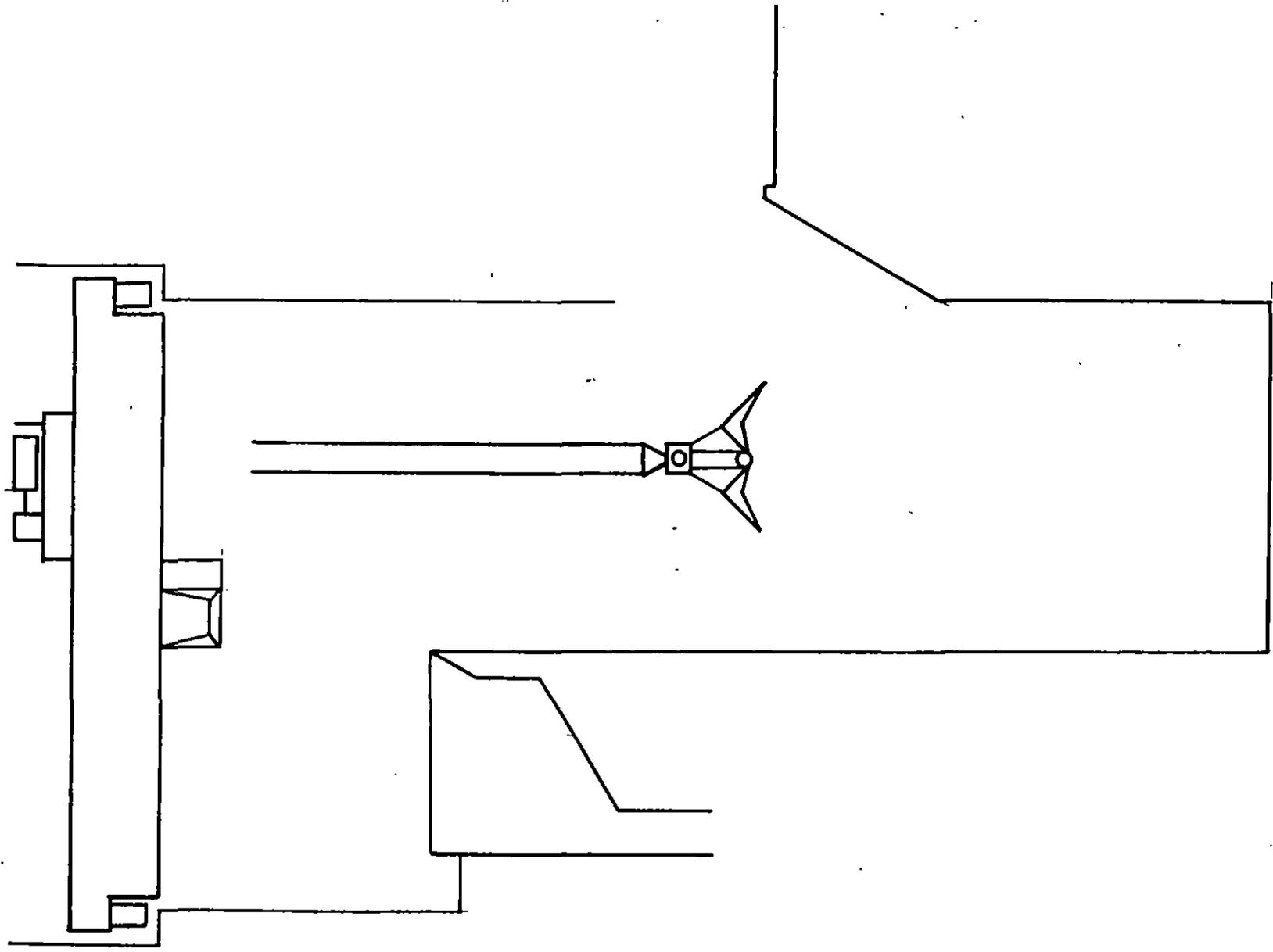
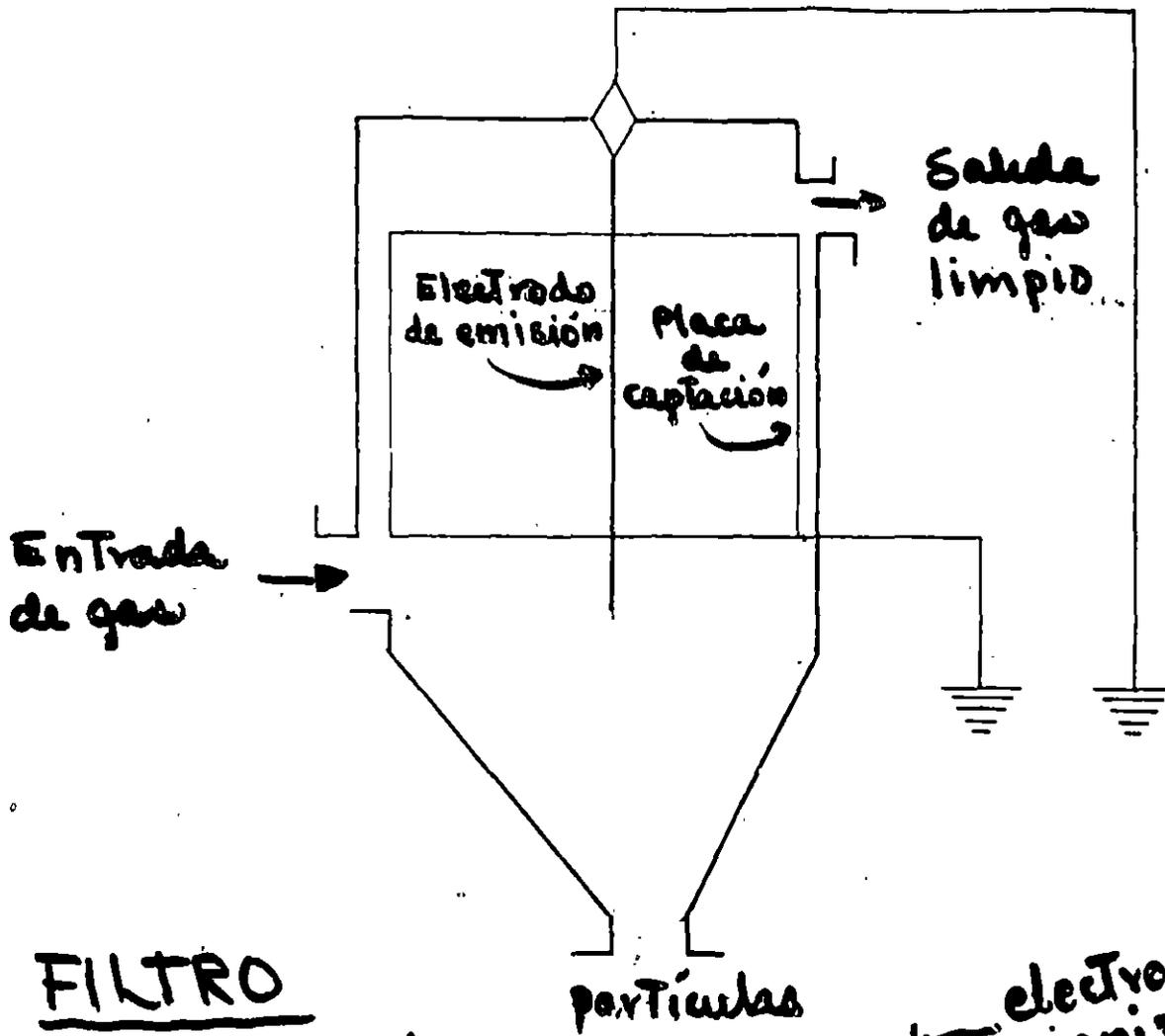
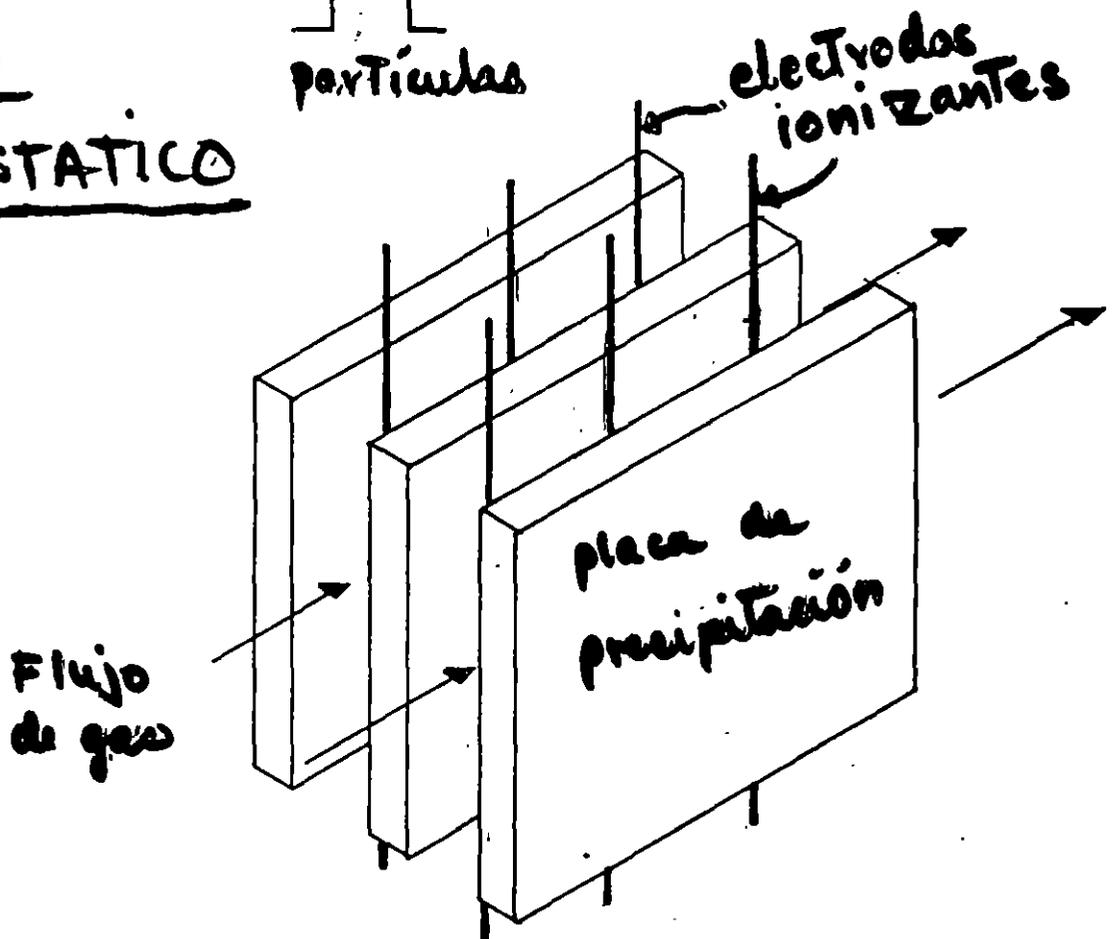


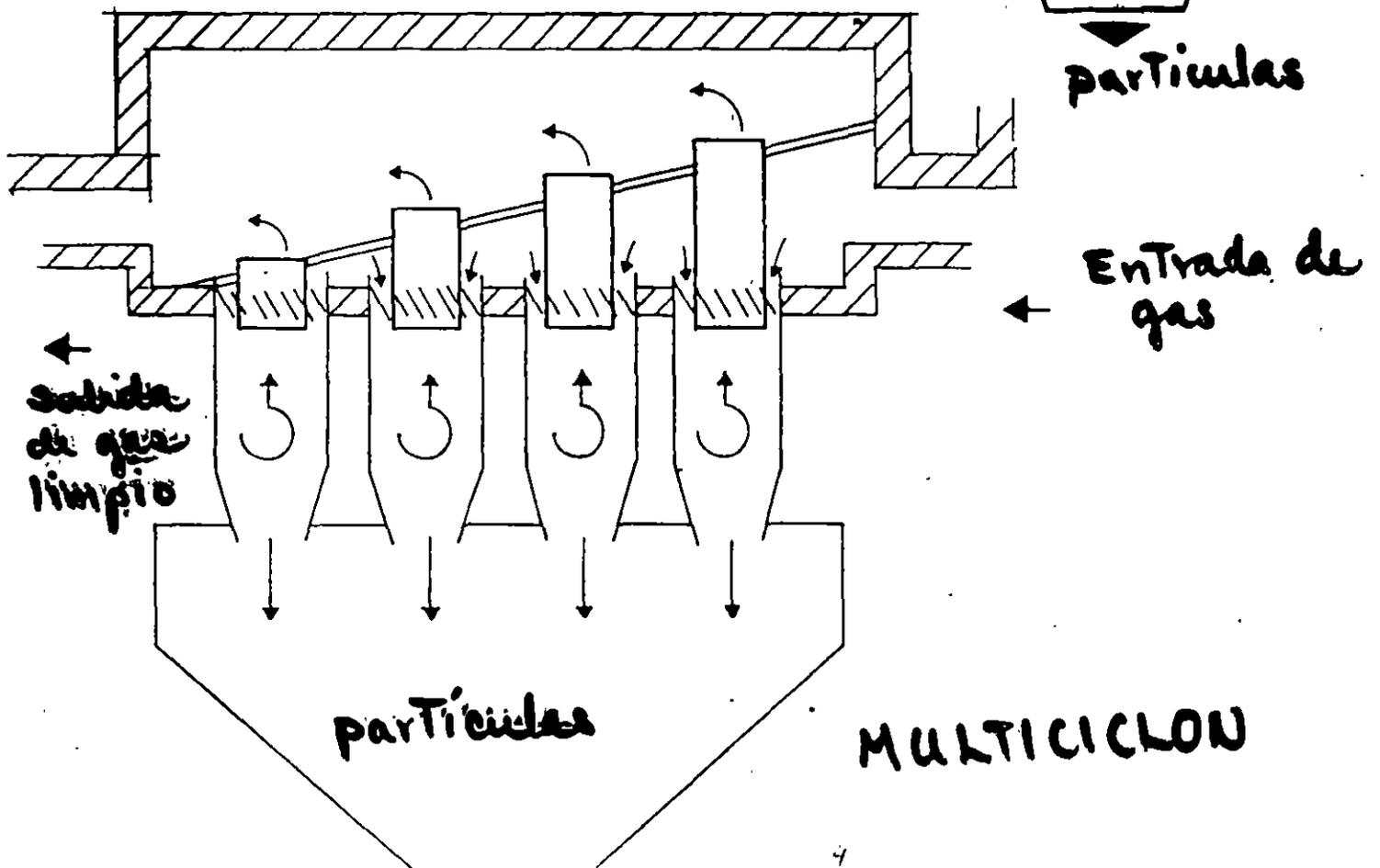
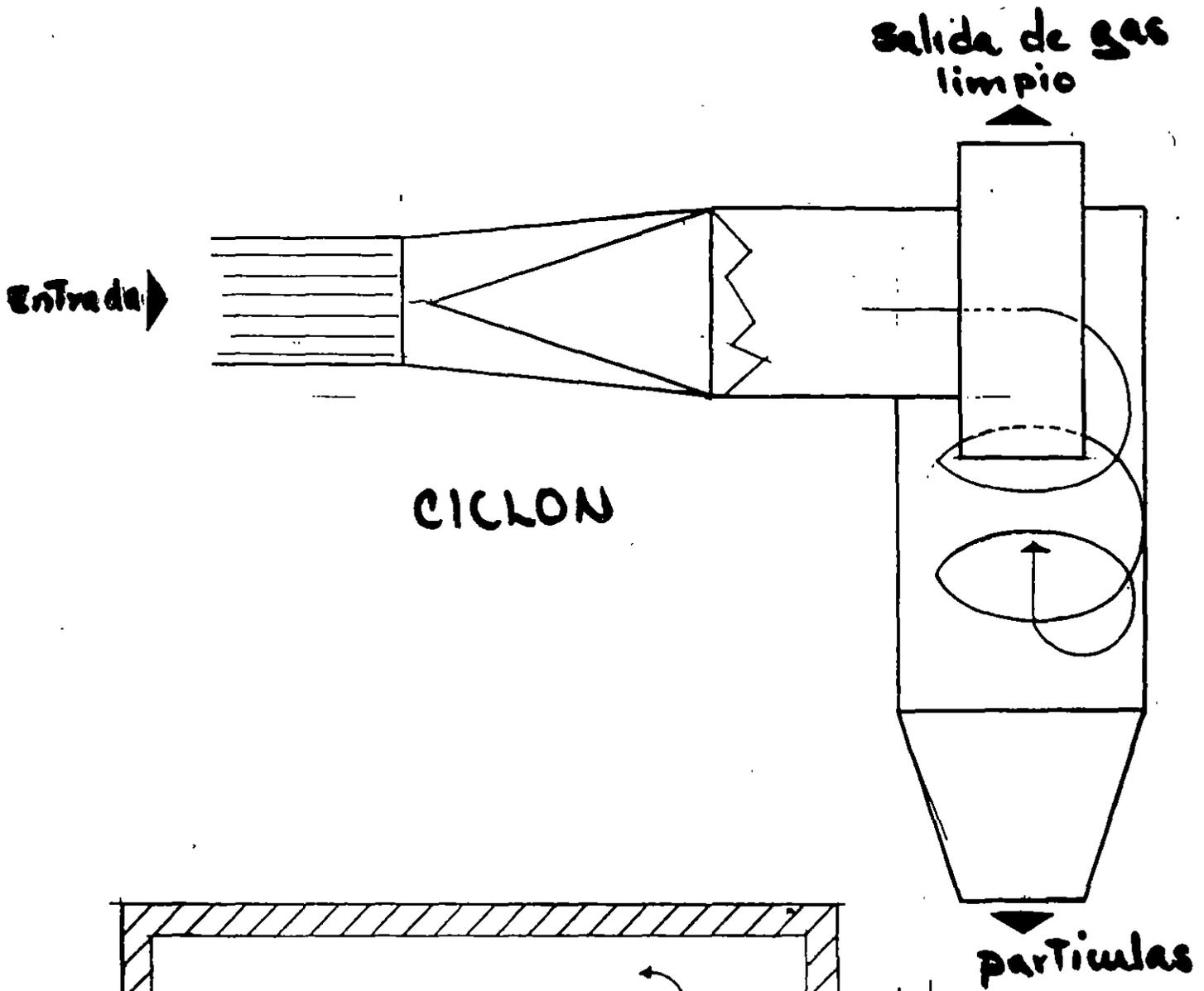
FIG.5 INCINERADORES INTERMITENTES



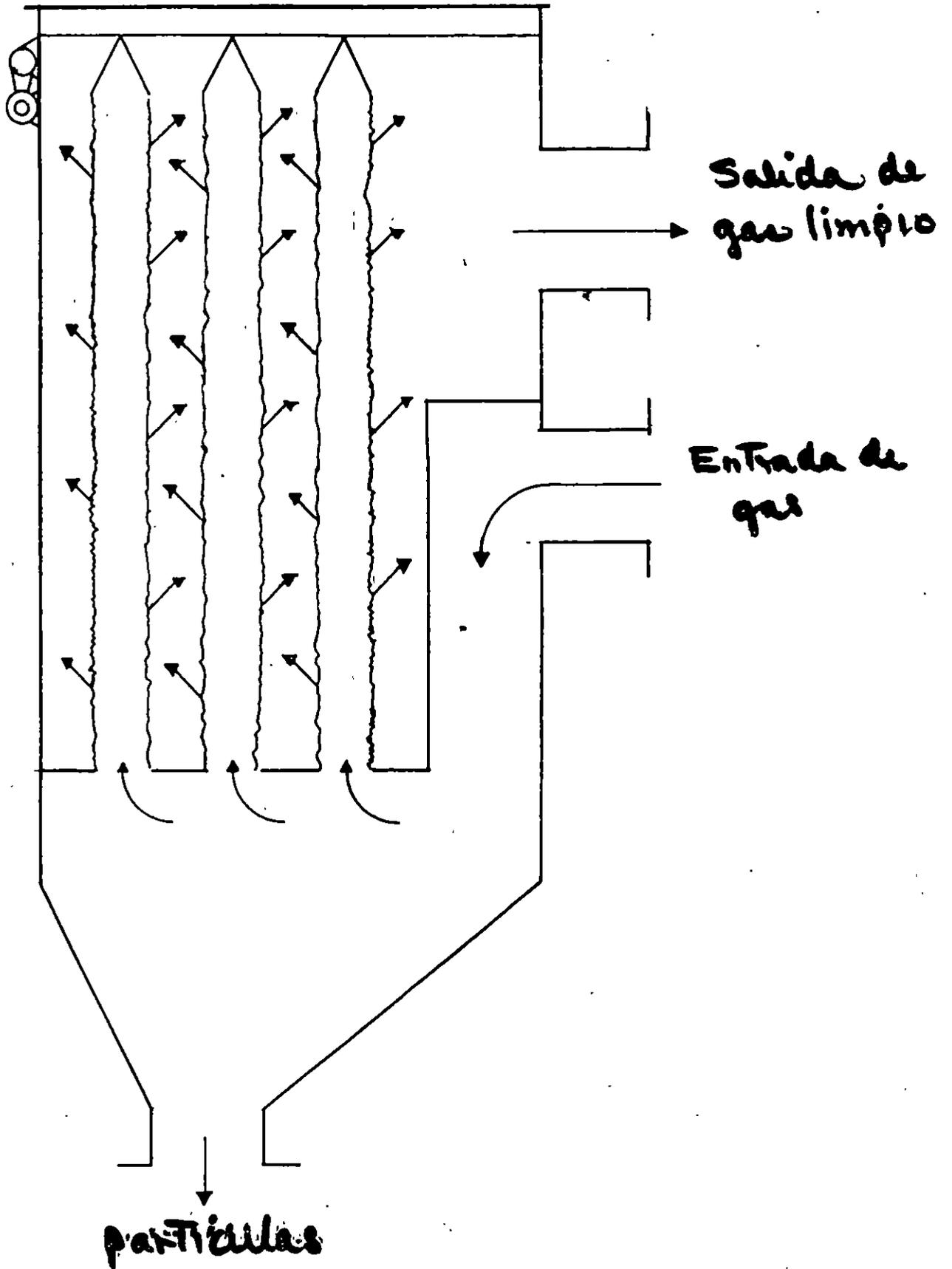


FILTRO
ELECTROSTATICO





FILTRO DE Bolsas



COMPOSTAJE

II. PRINCIPIOS BASICOS DE COMPOSTAJE

Como una alternativa para resolver el problema de la disposición de residuos sólidos, tomando en cuenta la factibilidad económica, muchas comunidades está optando por el compostaje.

El compostaje se está volviendo popular, una razón de esto, es el alto costo para el manejo de los rellenos sanitarios.

El compostaje se define como una descomposición biológica controlada de la materia orgánica, es un proceso natural, que para que ocurra más rápidamente, es necesario algunas condiciones ambientales, las cuales deben ser controladas.

El producto resultante del proceso citado, es el compost, el cual generalmente de apariencia oscura parecida al humus, con una textura gruesa y olor a humedad y que generalmente se usa como regenerador de suelos. Con el proceso de compostaje se pueden alcanzar, reducciones de volumen de hasta el 50% del volumen original de desechos.

Una buena composta está libre de organismos que pueden dañar a la salud humana y estable para descomposiciones posteriores por los microorganismos. La composta, debido a su alto contenido de materia orgánica, puede usarse como un sustituto de fertilizante para proporcionar los nutrientes necesarios a las plantas. Cuando es mezclado con el suelo, promueve el balance apropiado entre aire y agua de la mezcla resultante.

El compostaje es un concepto que ha sido usado por siglos como un método de estabilización de desechos de la agricultura y humanos. Actualmente, ha sido usado para la estabilización de lodos de plantas de tratamiento, dese-

chos industriales, desechos de jardinería y residuos sólidos municipales.

Para que el proceso de compostaje se lleve a cabo en forma óptima, es necesario que se tengan ciertas condiciones ambientales en la pila de composta; éstas condiciones son del tipo: biológicas, químicas y físicas.

- Oxígeno adecuado
- Niveles de pH aceptables
- Ausencia de sustancias tóxicas que pudieran inhibir la actividad microbial.

Carbono/fuente de energía: Los microorganismos en el proceso de composta son como mini-plantas; tienen mas o menos las mismas necesidades nutricionales (nitrógeno, fósforo, potasio y otras trazas de elementos) que las plantas grandes. Hay una excepción notable: los microorganismos de la composta tienen al carbono de la fracción orgánica como su fuente de energía, mientras que las grandes plantas tienen al dióxido de carbono y la luz solar.

El carbono contenido en los materiales orgánicos naturales o sintéticos pueden ser o no biodegradable. La relativa facilidad con la cual un material es biodegradable depende de los microorganismos y de la molécula orgánica. Por ejemplo, el carbono en azúcares puede ser descompuesto fácilmente por muchos microorganismos, el carbono presente en las ligninas contenidas en el papel y fibras de madera, puede ser descompuesto por algunos microorganismos; y el carbono en los plásticos puede ser no biodegradable.

La mayoría de los desechos de agricultura, jardinería y municipales contienen cantidades suficientes de formas de carbono biodegradable. La relativa facilidad de descomposición y forma en la cual el carbono original está presente puede ser un factor más limitante en el compostaje que la cantidad de carbono en los desechos. Por ejemplo, considerando al carbono como un sólo factor, los chips de madera son más difíciles para compostear que los

residuos alimenticios.

Como las formas fáciles de degradar del carbono son descompuestas, una pequeña porción del carbono es convertido a células microbiales, mientras una fracción significativa es convertida a dióxido de carbono y se escapa a la atmósfera. Cuando el proceso de compostaje progresa, la pérdida de carbono disminuye en peso y volumen a los residuos.

Las formas de carbono que son fácilmente descompuestas formarán la base para la estructura física del producto final (composta).

Nutrientes: De todos los nutrientes de las plantas (nitrógeno, fósforo y potasio), el nitrógeno es el más importante debido principalmente a su ausencia en los residuos. La relación C/N es considerada crítica en la determinación del grado de descomposición.

La relación debe ser establecida sobre el carbón degradable en lugar del carbono total. Generalmente, una razón menor de 30:1 (carbono:nitrógeno) es considerada ideal. Relaciones superiores tienden a retardar el proceso de descomposición.

Cuando el proceso de compostaje continua, se pierde carbono a la atmósfera, y esta relación disminuye. La composta terminada puede tener razones de 10:1 a 15:1.

Para disminuir la relación C/N, desechos ricos en nitrógeno tales como estiércol de animales o lodos de desechos pueden ser adicionados. Asimismo la adición de residuos composteados o parcialmente biodegradados puede disminuir esta razón.

La adición de fertilizantes con contenido de nitrógeno, puede crear problemas adicionales, modificando la concentración de sales en la pila, la cual impide la actividad microbial. Aunado a esto aumenta la temperatura de la

pila y el nitrógeno fertilizador se pierde en forma de gas hacia la atmósfera.

Los demás nutrientes no son un factor limitante para los residuos municipales. Sin embargo cantidades excesivas de residuos tóxicos, principalmente metales pesados, puede afectar la actividad microbial.

Las condiciones ambientales citadas son interdependientes, por lo que se debe de tener especial atención para que se cumplan estas condiciones, dentro de los niveles aceptables requeridos por el proceso biológico.

- Ambiente biológico

Los microorganismos tales como bacterias, hongos y actinomicetos juegan un papel activo en la descomposición de los materiales orgánicos, en comparación con organismos mayores como insectos y gusanos; los cuales tienen una actividad menor.

Los microorganismos comienzan a descomponer la fracción orgánica, en esta etapa el carbón es producido a bióxido de carbono, agua y humedad. Algo de carbón es consumido por los microorganismos para formar nuevas células microbiales, por lo que aumenta su población. El calor es rechazado durante el proceso de descomposición.

Los subproductos humicos resultantes de la actividad metabólica de un tipo de microorganismos pueden ser usados como alimento o energía por otra fuente o tipo de microorganismos. Esta cadena de descomposición continua hasta que se mantiene un poco de material orgánico. En este punto, al material orgánico remanente se le denomina composta, y esta composta principalmente de células microbiales, esqueletos microbiales y subproductos de descomposición microbial y partículas de origen orgánico e inorgánico no descompuestas.

Los microorganismos tienen ciertas preferencias en cuanto al tipo de materiales orgánicos que ellos consumen. Cuando las moléculas orgánicas de su elección no están disponibles, ellas permanecen en estado latente o pueden morir. Un proceso de selección natural obliga al organismo a continuar la descomposición, primero a expensas de una pequeña población. Pero como la población crece, los organismos rápidamente consumen el material orgánico presente en los desechos.

Cuando se presentan condiciones desfavorables para los organismos dominantes, rápidamente aparece otro grupo de organismos a ser dominante. Esta sucesión de sucesiones continua hasta que exista una materia orgánica adecuada para descomposición.

Generalmente el tipo de microorganismos, o el tipo de organismo, no es un factor ambiental limitante en el compostaje de desechos de agricultura no tóxicos, de jardinería, residuos municipales. Sin embargo, las poblaciones microbiales pueden ser un factor limitante, si los desechos fueron generados en un ambiente estéril o de composición química única debido a la falta de una diversidad de microorganismos. En tales situaciones podría ser necesario la adición de un inóculo de microbios para hacer el trabajo.

La adición de un inóculo generalmente no es necesaria para residuos sólidos municipales o de jardinería. Algunas veces desechos composteados parcial o totalmente pueden ser agregados para servir como un inóculo y conseguir que el proceso de compostaje inicie rápidamente.

Los microorganismos son la clave en el proceso de compostaje. Si todas las condiciones son ideales para que la población microbiana se desarrolle hasta su máximo potencial, el compostaje ocurrirá rápidamente. Por lo tanto el proceso de compostaje, deberá ajustarse a las necesidades de los microorganismos, y promover las condiciones que ayuden para la rápida estabilización de la fracción orgánica de los desechos.

Los organismos patógenos deben ser destruidos antes de que la composta sea distribuida en el mercado; principalmente esta destrucción se lleva a cabo controlando el ambiente físico en la operación de compostaje, el cual será discutido posteriormente.

AMBIENTE QUIMICO

El ambiente químico es determinado principalmente por la composición de los residuos a ser composteados. En síntesis, deben realizarse varias modificaciones para crear el ambiente químico ideal para la descomposición rápida de los desechos orgánicos.

Entre los factores que determinan el ambiente químico, los más importantes son:

- *Presencia de una adecuada fuente de alimento/energía*
- *Cantidad de nutrientes balanceados*
- *Agua*

Humedad

El agua es un factor esencial para todas las formas de vida. Generalmente los desechos no contienen el contenido de humedad suficiente, por lo que, el proceso puede ser más lento si no se agregan líquidos para compensar esta deficiencia de humedad. Normalmente, el agua es usada para aumentar el contenido de humedad. Sin embargo en algunos casos también han sido usados residuos ricos en humedad (como lodos de aguas).

Un contenido de humedad del 50-60% es considerado ideal. El contenido de humedad debe ser tal que haya suficiente humedad para evitar el flujo excesivo de agua y el movimiento debido a la gravedad; lo cual formaría lechada, creando un problema para la disposición del líquido.

El exceso de humedad también impide la transferencia del oxígeno, presente en el aire contenido en los espacios vacíos de la pila, hacia las células microbiales. Asimismo, una humedad excesiva puede provocar putrefacción y malos olores.

La humedad es uno de los subproductos de la actividad microbiana y aumenta su contenido en la pila durante el proceso de degradación. Así como aumenta la humedad, también se pierde una parte debido a la evaporación. La cantidad de agua evaporada generalmente es mayor a la producida por el proceso de descomposición, lo que resulta en una pérdida neta de humedad en la pila de composta. Esto requiere de humedad adicional para mantener el proceso de compostaje en su óptimo desarrollo.

La evaporación en las pilas de composta puede ser minimizada controlando el tamaño de la pila, esto es, pilas con grandes volúmenes tendrán una pequeña superficie de evaporación en comparación con pilas pequeñas.

Oxígeno:

El compostaje es considerado generalmente como un proceso aeróbico (requiere oxígeno). Las condiciones anaeróbicas (deficiencia de oxígeno) pueden causar olores desagradables. La descomposición aeróbica ocurre a una velocidad de reacción más rápida.

La pila debe tener suficientes espacios vacíos para permitir la entrada de oxígeno atmosférico. Con estos espacios vacíos, los residuos gaseosos, tales como dióxido de carbono pueden ser venteados a la atmósfera. En algunas operaciones de compostaje, puede ser introducido de una manera forzada aire hacia las pilas para mantener niveles adecuados de oxígeno. En otras la pila es volteada frecuentemente para dejar los microbios expuestos a la atmósfera y alzar la pila para crear más espacios vacíos.

Una concentración de oxígeno del 5 al 15% es considerada adecuada. Aunque altas concentraciones no tendrán un impacto negativo en el proceso de compostaje, esta condición puede requerir exceso de aire. El exceso de aire también removerá el calor, lo que enfriará la pila, y promoverá una evaporación excesiva; provocando un proceso de compostaje lento.

pH:

La acidez/alcalinidad del proceso de compostaje es crítica. El nivel de acidez/alcalinidad afecta la disponibilidad de los nutrientes para los microorganismos, la solubilidad de los metales pesados, y la actividad metabólica de los microorganismos.

El pH puede ser ajustado adicionando cal, lo cual generalmente no es necesario. El proceso de compostaje produce dióxido de carbono, el cual combinado con el agua, produce ácido carbónico. Este último puede disminuir el pH de la composta.

AMBIENTE FISICO

El ambiente físico en el proceso de compostaje incluya factores como, tamaño de partícula, temperatura, mezclado y tamaño de la pila. Cada uno de estos procesos son esenciales para que el proceso de compostaje ocurra de manera efectiva.

El tamaño de partícula del material a ser compostado es crítico. La degradación biológica inicia en la superficie de la partícula de los desechos; como los microbios se alimentan a través de las partículas, dichas partículas son descompuestas. Por lo tanto a través del proceso, se presenta una disminución en el tamaño de partícula.

Generalmente, partículas pequeñas tienen mayor superficie de área por uni-

dad de peso, por lo que, permite una mayor actividad microbial en las superficies, produciendo una rápida degradación.

Sin embargo, si todas las partículas son molidas, se compactarán entre ellas y sólo existirán pocos espacios vacíos para que circule el aire. Esto es crítico especialmente cuando los materiales siendo composteados tienen un contenido de humedad óptimo. El tamaño de partícula deberá tener suficiente área de superficie para una actividad microbial rápida, teniendo espacios vacíos para permitir la circulación de aire para la respiración microbial.

Por ejemplo, los lodos de aguas residuas tienen tamaño de partícula pequeña y grandes superficies de área, los chips de madera (tamaño de partícula grande) son agregados al proceso de compostaje como un agente voluminoso para incrementar los espacios vacíos y la circulación de aire. Para residuos municipales o de jardinería, la combinación de espacios vacíos y su superficie de área puede ser lograda por una reducción en el tamaño de partícula. Esto a veces se hace después de terminado el proceso de compostaje para darle una mejor presentación al producto terminado en su venta al mercado.

Todos los microorganismos tienen un rango de temperatura óptima. Cuando la temperatura se incrementa arriba del máximo, la destrucción térmica de las células comúnmente provoca la muerte de los microorganismos. De igual manera temperaturas por abajo del mínimo requerido para un grupo de microorganismos afectan el mecanismo metabólico regulatorio de las células.

Las temperaturas termofílicas pueden estar entre 40 - 80°C, con un rango óptimo de 55 - 75 °C. Las temperaturas termofílicas son preferidas por dos razones: promueven un compostaje rápido y destruyen los organismos patógenos.

Las temperaturas en el rango 55 - 60°C son las mejores para el compostaje. Normalmente no es necesario adicionar calor externo ya que los microorga-

nismos generan calor en el proceso de degradación. Este calor es retenido en la pila por el agua en la pila de composta. Asimismo los espacios vacíos actúan como una capa aislante, manteniendo el calor que se encuentra dentro de la pila.

Pilas grandes producen y mantienen de mejor manera el calor que las pilas pequeñas. Temperaturas extremas no son ideales para el compostaje. Actualmente se utiliza la circulación de aire controlado como un medio para mantener la temperatura en la pila, así como para proporcionar aire a los microbios.

Destrucción de patógenos:

Temperaturas mayores de 55°C son necesarias cuando menos durante tres días consecutivos para asegurar la destrucción de organismos patógenos. Es importante que toda la pila sea expuesta a tales temperaturas para asegurar la destrucción de todos los organismos patógenos.

Las temperaturas del aire ambiente tienen poco efecto en el proceso de compostaje por lo cual la masa de material composteable puede retener el calor generado por los microorganismos.

Mezclado:

Todos los factores deben tomarse en cuenta en las pilas de composta para un proceso rápido. El mezclado adecuado del agua con los desechos permite la actividad microbiana así como una circulación de aire uniforme.

REFERENCIA:

Waste Age/University of Wisconsin Solid Waste Composting course.

A. BIOLÓGICO.

Actividad de microorganismos (bacterias, hongos, antinomicientes)

- Carbono es convertido a CO_2 , agua, humedad por microorganismos.
- Carbono también sirve como fuente de alimento/energía.
- Generación de calor por la actividad microbial.
- Sucesión de microorganismos dominantes mientras existen las condiciones para su alimento y sobrevivencia, hasta que existe sólo materia orgánica remante.
- Microorganismos tienen preferencia sobre el tipo de alimento a consumir, por lo que cuando no existe el alimento adecuado están latentes o pueden morir.
- La población de microorganismos crece rápidamente alimentándose del material orgánico presente en los desechos, tan pronto como son desfavorables las condiciones para el microorganismo dominante emerge otro para ser el dominante.
- En algunas ocasiones es necesario un ináculo para que inicie el proceso de descomposición y los microbios realizan su trabajo.
- El proceso de compostaje deberá sujetarse a las necesidades de los microorganismos y promover condiciones que promueven la estabilización rápida de la fracción orgánica de los desechos.
- Existen microorganismos nocivos para el compostaje, los cuales son dañinos a salud humana, estos organismos patógenos deben ser destruidos antes de la comercialización del producto en el mercado.
- La destrucción de los organismos citados generalmente se realiza, controlando el ambiente físico del proceso de compostaje.

A. QUÍMICO.

El ambiente químico está determinado por la composición de los residuos sólidos a ser composteados, así como otros factores tales como:

- Presencia de una fuente adecuada de alimento/energía.
- Cantidad balanceada de nutrientes.
- Agua.
- Oxígeno adecuado.
- Niveles de pH aceptables.
- Ausencia de sustancias tóxicas que podrían inhibir la actividad Microb--
bial.

Carbono/fuente de energía para microorganismos, además de los nutrien--
tes (N, P, K, otros elementos).

- El carbono contenido en los materiales a compostear puede ser fácilmente
degradable (azúcares), regularmente biodegradable (Ligninas presentes en
la madera y pulpa de papel) o no biodegradable (plásticos).

Carbono Descomposición por microorganismos.
 Convertido a células microbiales.
 Formación de CO₂ escapa a la atmosfera.
Decremento en volumen y peso de los residuos.

Carbono que no es fácilmente composteable, esta base para la estructura--
física del producto final (compost).

NUTRIENTES: (N, P, K,) El principal N,

- Relación C/N el inicio 30:1
- Relación C/N a final 10:1 15:1
- Perdida de carbón aumenta la relación C/N.
- Adición de residuos ricos en nitrógeno y/o residuos parcialmente descom--
puestos para aumentar la relación C/N
- No es recomendable la adición de fertilizantes porque:
 - 1.- Modifica las concentraciones de sal.
 - 2.- Impide la actividad microbial.
 - 3.- Cuando aumenta la temperatura, el nitrógeno se pierde hacia la atmos--
fera.

- Los demás nutrientes no son factores importantes si se presentan en cantidades excesivas, excepto por los que pueden ser tóxicos, ya que inhiben la actividad.

HUMEDAD.

Generalmente los desechos no contienen un contenido de humedad suficiente por lo que regularmente es agregado agua o también pueden ser utilizados lodos de aguas negras para aumentar el contenido de humedad.

Un contenido de humedad del 50 a 60% es considerado ideal para:

- 1.- Evitar el flujo excesivo de agua y el movimiento debido a la gravedad.
 - 2.- Evitar la formación de lechada lo que provocaría un problema para la disposición del líquido.
 - 3.- Evitar la formación de malos olores y putrefacción.
- Así como se produce humedad, también se pierde debido a la evaporación. Generalmente la evaporación excede a la humedad producida en si por el proceso, por lo que es necesario agregar una cierta cantidad de agua.
 - Por otra parte la evaporación puede ser controlada controlando el tamaño de la pila, a mayor tamaño de pila, menor pérdida de agua por evaporación.

OXIGENO

La composta es un proceso aeróbico, por lo que es necesario la presencia de oxígeno para evitar la formación de malos olores y putrefacción, lo -

lo cual convertiría al proceso de compostaje hacia un proceso anaeróbico.

Cabe señalar que la degradación aeróbica ocurre a mayor velocidad que la anaeróbica.

Para que se pueda conseguir una pila aereada, es necesario que la misma tenga los suficientes espacios vacíos, que permitan la entrada de aire y la salida de productos de la degradación como dióxido de carbono hacia la atmosfera.

Otra manera de aumentar el contenido de oxígeno en la pila es el volteo de las mismas, lo que permite la exposición de los microorganismos. Así mismo se utilizan sistemas de ventilación forzada.

Concentraciones de oxígeno del 5 a 45% son consideradas adecuadas.

Concentraciones mayores no tienen un efecto negativo en el proceso de compostaje, pero pueden provocar lo siguiente:

- Remoción del calor.
- Enfriamiento de la pila.
- Evaporación excesiva.
- Disminuir la velocidad del proceso.

PH.

Un nivel de acidez /alcalinidad de 6 a 8 es considerado ideal. El pH afecta la disponibilidad de los nutrientes para los microorganismos, la solubilidad de metales pesados, y la actividad metabólica de los microorganismos.

El proceso de compostaje produce CO_2 y este en contacto con agua forma ácido carbónico, el cual puede disminuir el pH en el compost.

A medida que el proceso continua el valor del pH desciende, aunque la naturaleza orgánica del material conposteable no permite cambios bruscos en el pH.

A. FISICO

Para el proceso de compostaje, influyen factores físicos, dentro de los más importantes tenemos: tamaño de partícula, temperatura, mezclado, y tamaño de la pila.

El tamaño de la pila afecta al proceso de compostaje de la siguiente manera:

- Un tamaño de partícula menor, tiene una menor superficie por unidad de peso.
- A mayor superficie de área, mayor actividad microbiana lo que genera una rápida descomposición.
- Aunque también un tamaño de partícula demasiado pequeña, evita la formación de espacios vacíos, debido a la compactación de los residuos, lo cual retarda la biodegradación.

En resumen el tamaño de partícula deberá tener suficiente área de superficie para una rápida actividad microbiana y tener suficientes espacios vacíos para que el aire circule y permita la respiración de los microorganismos.

- . Requiere grandes extensiones de terreno.
- . El tiempo de residencia es muy grande.
- . Dificil de controlar por estar expuesto a factores climatológicos.

1.c LAS FASES QUE NORMALMENTE INTEGRAN ESTOS PROCESOS SON:

- . Recepción de residuos.
- . Separación de subproductos.
- . Reducción de tamaño por trituración o cribado-
(No en todos los casos).
- . Fermentación aerobia lenta o acelerada, según-
el caso.

1.d REQUERIMIENTOS PARA EL PROCESO

La descripción de las unidades que pueden ser consideradas dentro -
del proceso, para el tipo de residuos que se pretenden aprovechar,-
se describen a continuación:

- . Fosa de recepción.
- . Bandas de recuperación de subproductos recicla
bles.
- . Molino.
- . Cribas (vibratorias, rotatorias, etc.)
- . Puente formador de pilas.
- . traxcauos.

2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PROCESO

2.a. Ventajas

- . Reducción del espacio requerido para la disposición final de -
residuos urbanos.
- . Integración de la totalidad de la materia orgánica al ciclo --
natural.
- . Se puede ocupar mano de obra extensiva.
- . Recuperación de subproductos con valor comercial.
- . La composta se puede usar como material de cubierta para relle
no sanitario o regenerador de suelos de cultivo.

2.b DESVENTAJAS

- . Capacitación del personal
- . Se requiere controlar las condiciones físicas, químicas y biológicas del proceso.
- . Existe un mercado reducido para la composta
- . Costos altos para el transporte de la composta
- . Compete con fertilizantes inorgánicos (más baratos), -- por no tener una difusión adecuada para su empleo.
- . Costos de mantenimiento elevados, por el desgaste continuo del sistema de molienda.
- . Requiere de tiempos prolongados para estabilizarse siendo éstos mayores en el caso de digestión lenta (natural)
- . Se requiere de áreas grandes.

3. CANTIDAD, TIPO Y CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS POTENCIALMENTE APROVECHABLES.

3.a CANTIDAD DE RESIDUOS POTENCIALMENTE APROVECHABLES (4 500 TONELADAS DIARIAS DE MATERIA ORGANICA).

3.b CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS POTENCIALMENTE APROVECHABLES.

H	=	60	%
C	=	38	%
N	=	1.3	%
O	-	30	%

4. TIPOS DE COMPOSTA

De acuerdo al avance de degradación bioquímica y procesamiento Feinl

4.a COMPOSTA CRUDA

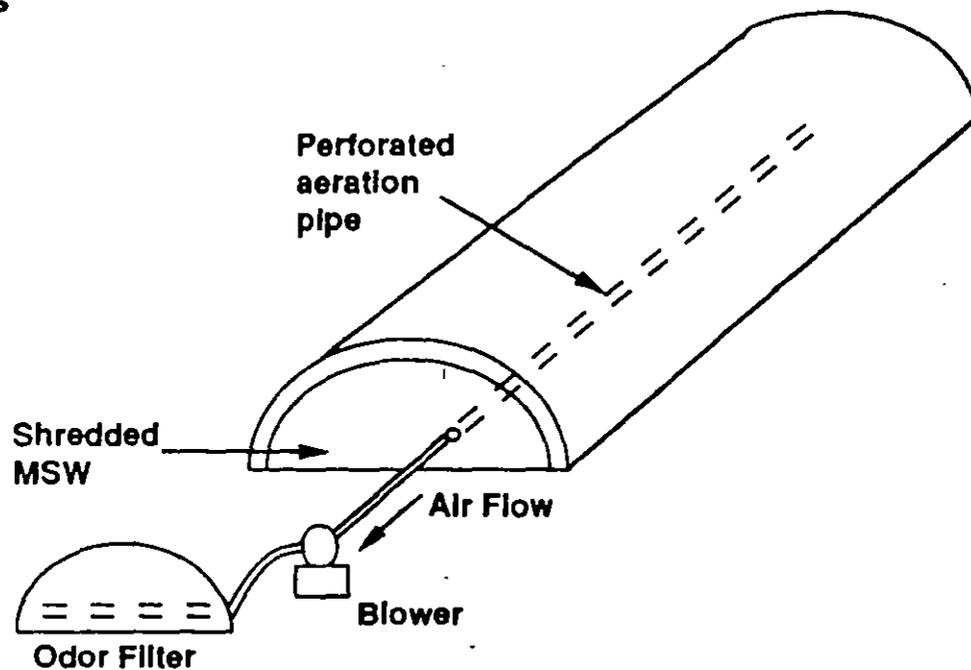
- . Residuos triturados que aún no se encuentran en etapa de descomposición.

4.b COMPOSTA FRESCA

- . Material que se encuentra en las primeras etapas de degradación bioquímica.

SOLID WASTE COMPOSTING

Aerated Static Pile for Composting Municipal Solid Wastes



Prepared by Phillip O'Leary, Patrick Walsh, and Aga Razvi.

Correspondence Course articles reprinted from Waste Age, 1989-90.

For further information contact:

Philip O'Leary
Engineering Professional Development
University of Wisconsin-Madison
432 North Lake Street
Madison, Wisconsin 53706
(608) 262-0493

COMPOSTEO

1. DESCRIPCION DEL PROCESO

Este proceso, comunmente denominado como "COMPOSTEO", consiste en la degradación aerobia y termófila de materiales putrescibles, - por acción de los micro-organismos, dando como resultado un mejo_rador orgánico de suelos, cuyo valor energético y nutritivo es - superior a cualquier estiércol.

Existen dos tipos de descomposición aerobia, la lenta o natural- y la acelerada o inducida.

Según las experiencias en diversos países, la degradación acele_rada con lleva costos de operación más elevada que los correspon_dientes a la degradación natural.

1.a FERMENTACION ACELERADA

- . Este proceso requiere de instalaciones y equipos especiales-cerrados.*
- . Se facilita controlar los parámetros que rigen el proceso.*
- . Las instalaciones cuentan con equipos de agitación mecánica.*
- . Se evita el uso de grandes extensiones de terreno.*
- . Se requieren tiempos de retención de 1 a 15 días.*
- . Existen en mercado cámaras fermentadoras verticales de piso-multiple, verticales de paletas, horizontales rotatorias ho_rizontales de paletas.*
- . Alla inversión de capital.*

1.b FERMENTACION LENTA

- . Se lleva a cabo normalmente a la intemperie.*
- . Formando pilas de longitud variable sobre el suelo.*
- . Comprende tres fases:*
 - . Prefermentación*
 - . Fermentación*
 - . Maduración*
- . Normalmente se obtiene un producto estabilizado de 90-120 días.*
- . La agitación se lleva a cabo mediante maquinaria.*

4.c COMPOSTA MADURA

. Producto completamente composteado y desinfectado.

4.d. COMPOSTA ESPECIAL

. Composta que ha pasado por etapas posteriores para su-refinación y/o adición de sustancias minerales.

5 USOS DE LA COMPOSTA

a.- Regenerador de suelos agrícolas.

b.- Material de cobertura para relleno sanitario.

c.- Sustrato para producción de proteínas.

d.- Como complemento alimenticio porcícola.

e.- Jardinería.

f.- Control de maleza y enfermedades de las plantas.

g.- Control biológico de daños al suelo.

h.- Fuente de micronutrientes y macronutrientes para las --
Plantas.

6. RIESGOS POR EL USO DE COMPOSTA

a.- . Aumento en la concentración de sales

b.- . Puede incorporar al suelo concentraciones dañinas de -
metales pesados.

c.- . Incorporación de organismos patógenos.

d.- . Modificación del pH.

e.- . Si la madurez no es adecuada empobrece los suelos.

7. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA COMPOSTA
MADURA COMERCIALIZABLE

PROPIEDAD	INTERVALO NORMAL
HUMEDAD (g/100g)	20 - 30
MATERIA INERTE (g/100 g)	30 - 70
CONTENIDO ORGANICO	10 - 30
pH (DE UNA SUSPENSION 1:10 EN AGUA DESTILADA)	6 - 9
TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULA (mm)	.5
DENSIDAD (gr/ml)	0.5 A 0.8
MATERIA ORGANICA	35.0 % DE MATERIA - SECA.
CARBONO ORGANICO	15 - 25 %
HUMUS	5 - 10 %
NITROGENO	0.9 - 1.5 % DE MATERIA SECA
RELACION C/N	10 - 15
FOSFORO	0.7 - 0.9 % MATERIA SECA
POTASIO	0.3 - 0.7 % MATERIA SECA
CALCIO	3 - 7 % MATERIA SECA
MAGNESIO	0.2 - 0.5 % MATERIA SECA
OLIGOELEMENTOS	CONCENTRACIONES VARIABLES

CARACTERISTICAS DE LA COMPOSTA

8. CONCENTRACION DE ELEMENTOS EN LA COMPOSTA MADURA

ELEMENTO	INTERVALO NORMAL
ELEMENTOS MAYORES (BASE SECA g/100 g)	
MATERIA INERTE (g/100 g)	0.1-1.8
P (P ₂ O ₅) ORGANICO	0.1-1.7 (0.2-3.8)
K (K ₂ O) SUSPENSION 1:10 EN AGUA DESTILADA)	0.1-2.3 (0.1-2.8)
S	0.5-3.0
ALCALINIDAD (COMO CaO)	(1-20)
SALES TOTALES (COMO KCl)	(0.5-2.0)
ELEMENTOS MENORES (BASE SECA mg/kg)	
B	60-360
Cd	15-40
Cu	90-260
Fe	8000-15000
Hg	1-5
Mn	300-1300
Mo	10
Pb	200-400
Zn	800-1200

DIGESTION ANAEROBICA

1.- DEFINICION DEL PROCESO

Es un proceso de fermentación de materia orgánica en ausencia de oxígeno, en condiciones anaeróbicas, a partir del cual se obtiene como productos biogas y un lodo estabilizado. que es un excelente mejorador de suelos con un alto valor fertilizante.

2.- DESCRIPCION DEL PROCESO

Mediante est eproceso es factible procesar residuos orgánicos de tipo agrícola, jardinería y los contenidos en los residuos sólidos urbanos.

El proceso principia con el mezclado de residuos orgánicos - con agua para posteriormente introducirlos a un recipiente cerrado llamado digestor, que es donde se realiza el proceso - de digestión. El digestor se carga a intervalos regulares de tiempo con una cantidad dada de desechos mezclados con agua y del digestor sale un volumen de lodos fertilizantes igual al de la mezcla alimentada; el biogas se genera en forma continúa y se va almacenando en la cámara disponible para ello.

La fermentación anaeróbica se lleva a cabo por la acción de - diversas familias de bacterias. Usualmente se consideran dos - etapas de dicho proceso: en la primera se forman ácidos y en la segunda gases.

2.a ETAPAS DEL PROCESO

- . Recepción de materia prima.
- . Separación de componentes inorgánicos del volumen total de residuos sólidos.
- . Acondicionamiento del material a fermentar.
- . Carga del material al digestor.
- . Digestión anaerobia.
- . Captación de biogas.
- . Descarga del efluente digerido.

2.b. EQUIPO REQUERIDO

- . Tolvas de recepción.
- . Molino
- . Bandas de selección.
- . Tanque de mezclado y carga.
- . Digestor con campana flotante.
- . Tanque de descarga.
- . Línea de conducción de biogas.
- . Secadora de lodos estabilizados.
- . Cribas.

3. PARAMETROS QUE RIGEN EL PROCESO

- . Temperatura.- El proceso se lleva acabo en un amplio rango de temperatura, sin embargo, para que -- las bacterias formadoras de metano trabajen en forma óptima, se requiere mantenerlos en tre 30 y 60° C.
- . Relación Carbono Nitrógeno.- La más recomendable es de 30
- . Porcentaje de sólidos.- Experimentalmente se ha demostrado que una carga que contenga entre 7 y 9 % de sólidos totales es óptima para la digestión.
- . pH .- Su valor debe estar entre 6.7 y 7.5

4. CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS POTENCIALMENTE APROVECHABLES.

4.a. CANTIDAD

- . 5 900 toneladas de materia orgánica por día.
- . Fuentes de residuos orgánicos.
- . Residuos Domiciliarios.
- . Residuos de jardinería.
- . Residuos de mercados.
- . Residuos de rastros.
- . Lodos de Plantas de tratamiento de aguas residuales.

4.b CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS

H	60%
C	38%
N	1.3%
O	30%

5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PROCESO

5.a. VENTAJAS

- . Obtención de gas metano (combustible).
- . Obtención de un lodo con propiedades fertilizantes y regenerativas de suelos.
- . Control de la contaminación derivada por la descomposición espontánea e incontrolada de materia orgánica.
- . Destrucción de patógenos.
- . Mayor vida útil del sitio de disposición final donde serían confinados los residuos sin procesar.
- . El 100% de los residuos orgánicos alimentados, son degradados.
- . No hay escape de malos olores.
- . No contamina el subsuelo.

5.b. DESVENTAJAS

- . Los lodos pueden tornar ácido el suelo donde son aplicados.
- . Requiere capacitación de personal.
- . Condiciones de operación muy controladas.
- . Competencia en el mercado de abonos naturales.
- . Tiempos prolongados de proceso.
- . Remoción constante de natas.
- . Riesgos en el manejo de gas metano.

6. UTILIZACION DEL BIOGAS.

- . El biogas puede utilizarse directamente en quemadores, - -- como por ejemplo en estufas, lámparas, refrigeradores, etc.
- . Puede ser utilizado como combustible en máquinas de combustión interna.
- . Generación de energía eléctrica.

7. UTILIZACION DEL BIOABONO

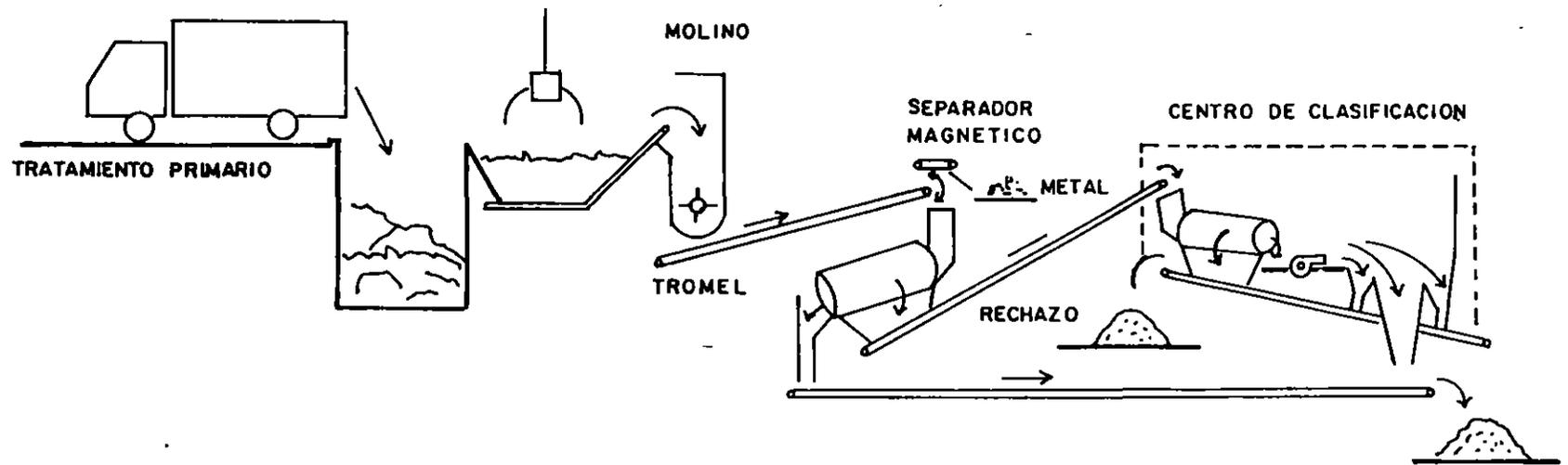
- . Puede servir como materia prima para producir compostas.
- . Mejorador de suelos.
- . Aumento de la producción agrícola.
- . Fertilización de estanques de peces.
- . Cultivos de hidroponia.

8. COMPOSICION DEL BIOGAS

. METANO	54% - 70%
. BIOXIDO DE CARBONO	27% - 45%
. HIDROGENO	1.0% - 10%
. NITROGENO	0.5% - 3.0%
. ACIDO SULFIDRICO	0.1%
. PODER CALORIFICO	5335 KCAL/M3

9. COMPOSICION DEL BIOABONO

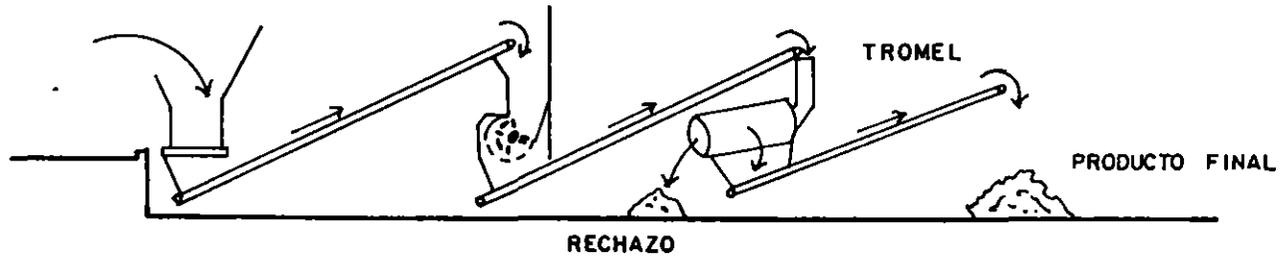
. pH	7.5%
. MATERIA ORGANICA	85.0%
. NITROGENO	2.6%
. FOSFORO	1.5%
. POTASIO	1.0%



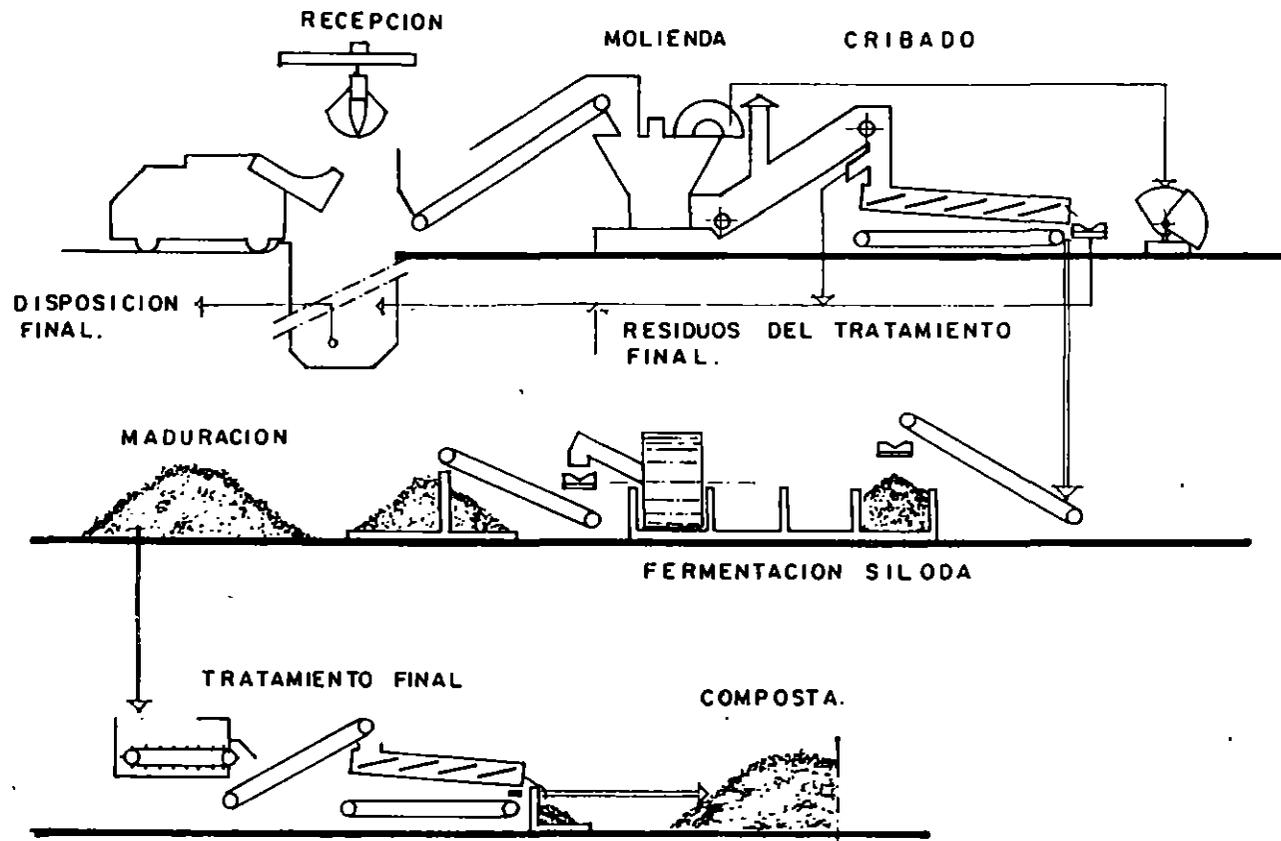
FERMENTACION



TERMINACION

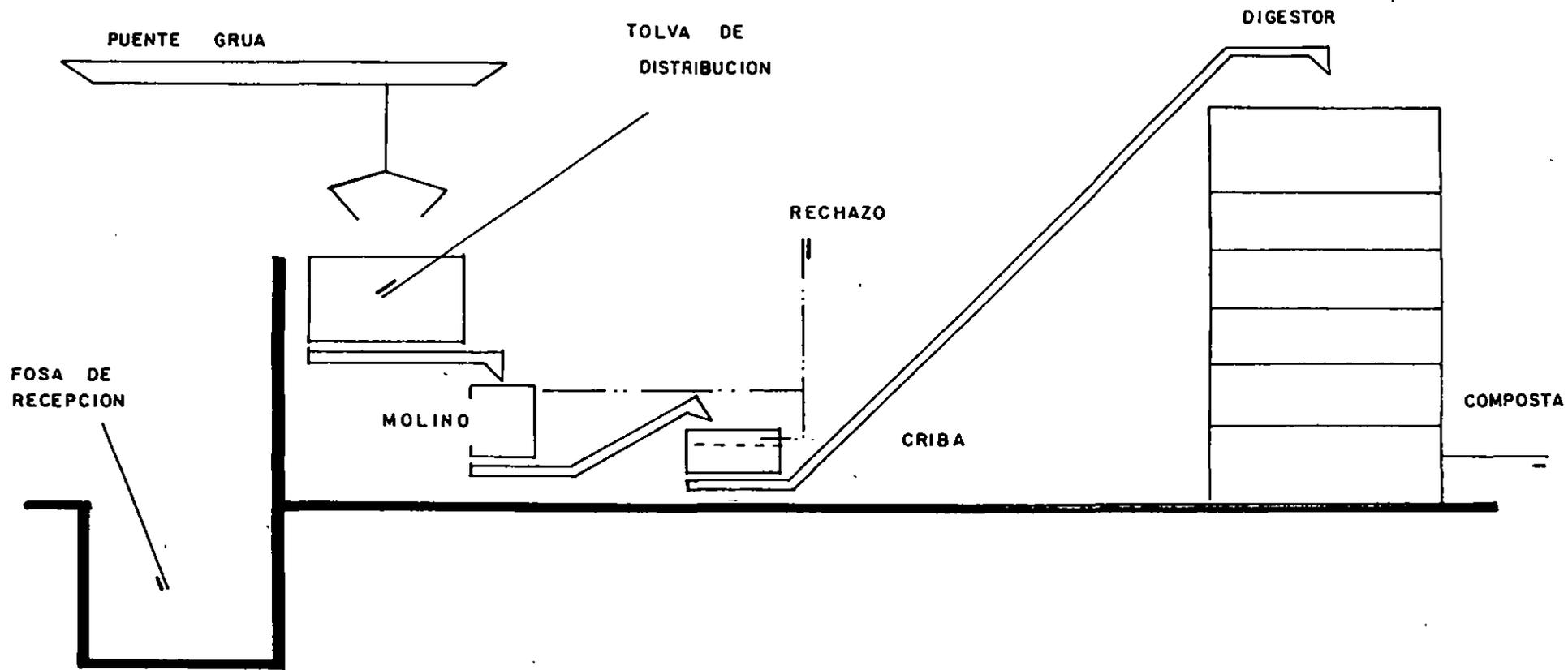


PROCESO DE COMPOSTAJE DE LA SOCIEDAD DE URBANISMO AQUITAINE-LANGUEDOC.(FRANCIA)



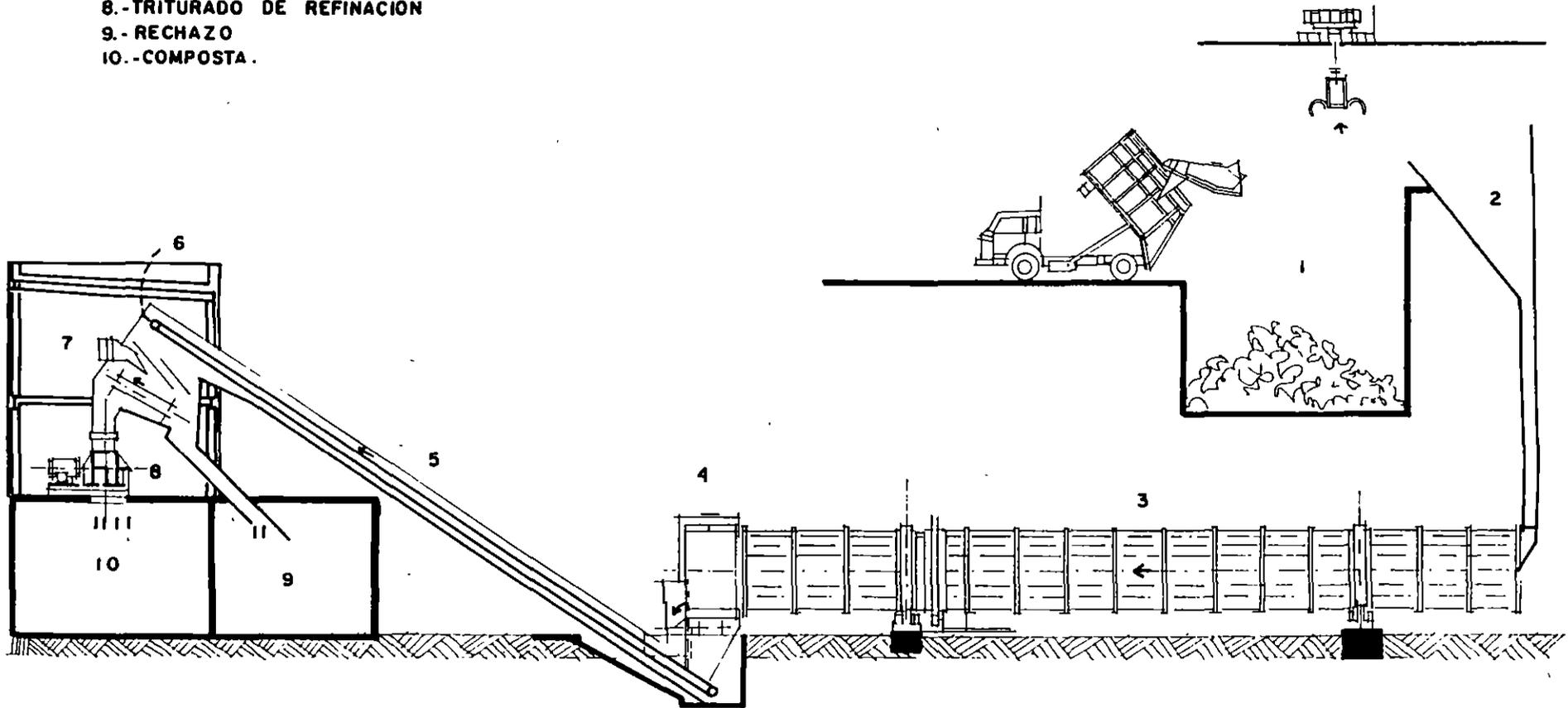
PROCESO DE COMPOSTAJE ACCELERADO " SILODA "

61



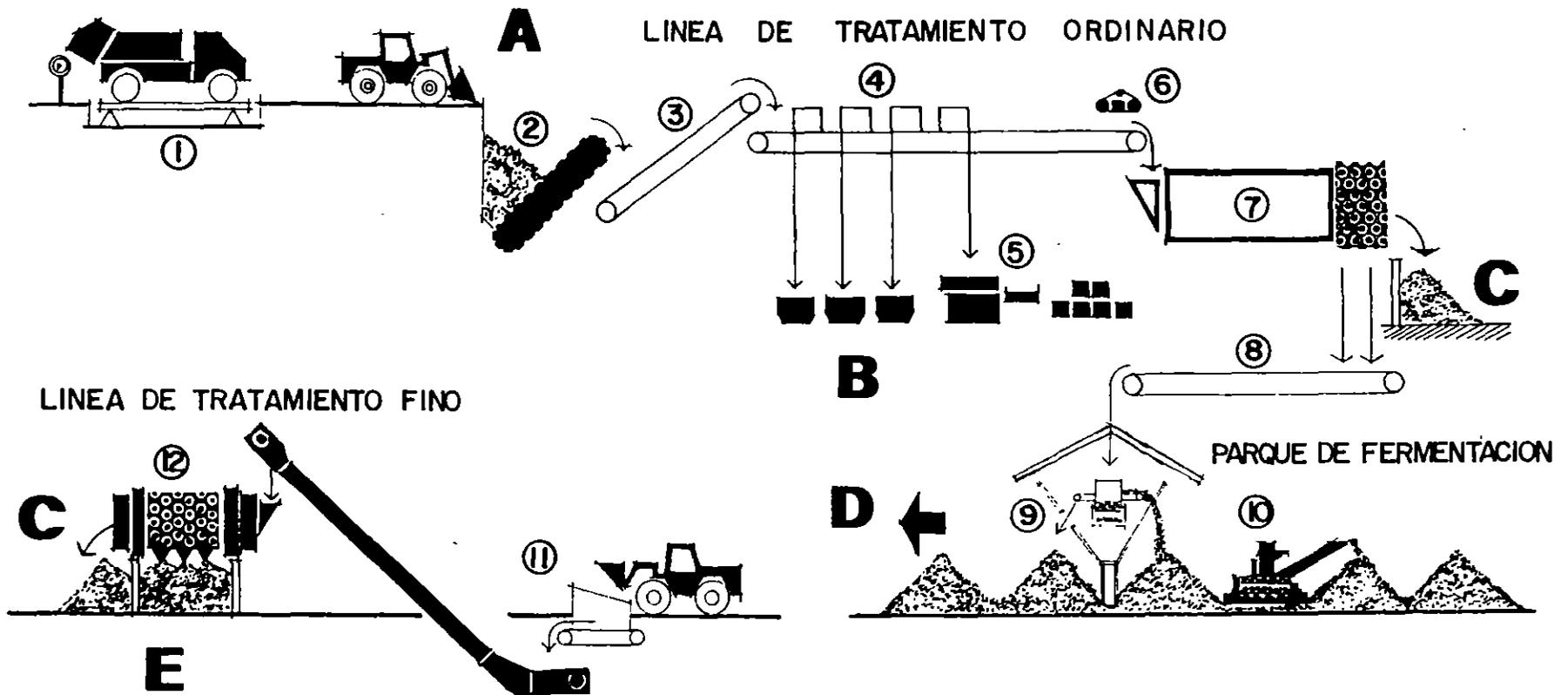
PROCESO DE COMPOSTAJE CAREL - FOUCHE (ESQUEMA GENERAL)

- 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 SOCEA-BALENCY (SOBEA)

20



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).

///. 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.

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. 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. 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 fijadas 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

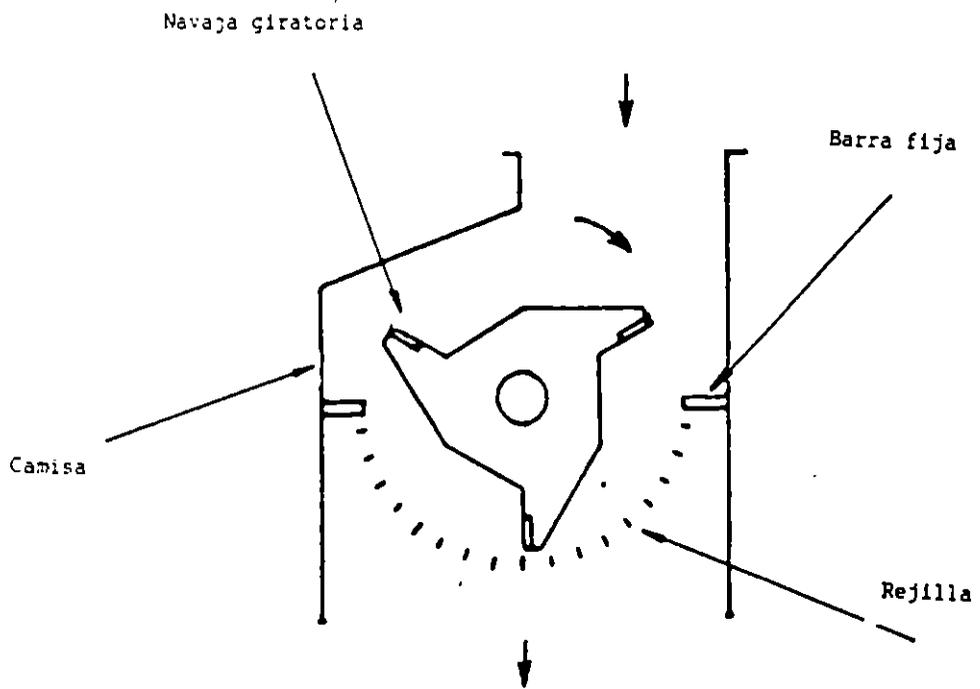
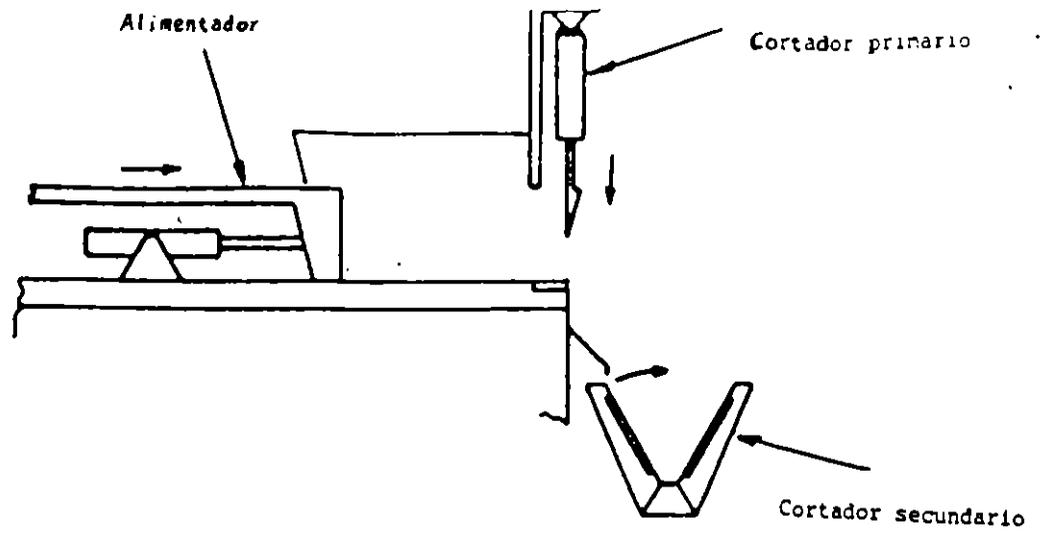


Fig. 8 Cortadores

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.

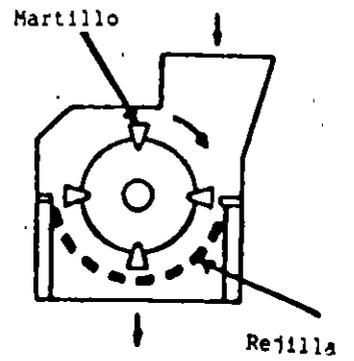
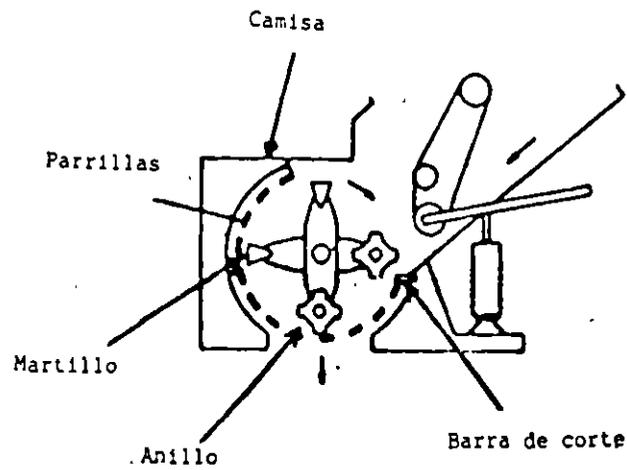
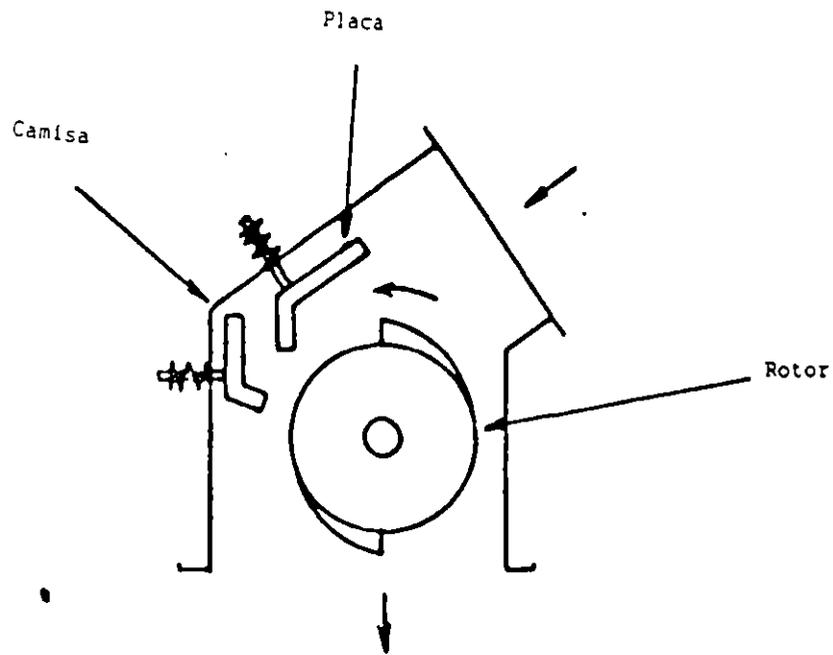


Fig. 9 Molinos

IV. 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 comúnmente utilizados en la separación mecánica de subproductos.

Figura 10	Figura 11	Figura 12
Diagrama de un equipo de separación mecánica que utiliza una banda transportadora con rodillos y un sistema de aspiración para separar los subproductos.	Diagrama de un equipo de separación mecánica que utiliza una banda transportadora con rodillos y un sistema de aspiración para separar los subproductos.	Diagrama de un equipo de separación mecánica que utiliza una banda transportadora con rodillos y un sistema de aspiración para separar los subproductos.

PRINCIPALES ETAPAS DEL PROCESO DE COMPOSTEO DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

I. SELECCION Y SEPARACION DE RESIDUOS POTENCIALMENTE RECICLABLES Y/O APROVECHABLES (ETAPA DE PREPARACION)

1. Control (Pesaje)

- Básculas tipo camioneras sin fosa (Electrónicas)
- Básculas tipo camioneras con fosa (Mecánicas)
- " " " " " " (ELECTROMECANICAS)

2. Almacenamiento

- Fosas
- Capacidad dos días de la capacidad de procesamiento
- Pisos de descarga
- Capacidad un día de la capacidad de procesamiento

3. Alimentación de Residuos

- Grúas - Viajera
- Maquinaria
- Trascavos
- Almeja hidráulica (F.I.A)
- Tolvas
- Con dosificadores

4. Alimentación - Dosificación de Residuos

- Transportadores de Tablillas de Acero
- Transportadores de banda de Neopreno - PVC, etc.
- Transportadores de Plataforma Viva (Tipping - Floor)
- Transportadores de Elicoidales

- **Transportadores de Cajilones**
- **Transportadores de Vibradores**

- 5. Separación Mecánica (Primera Etapa)**
 - **Criba Rotatoria**
 - **Criba Vibratoria**

- 6. Transportadores para Selección Manual**
 - **Transportadores de Banda**
 - **Transportadores de Plataforma (Tipping - Floor)**

- 7. Separación Mecánica (Segunda Etapa)**
 - **Magnética**
 - **Neumática**
 - **Densimetrica**
 - **Balística**

- 8. Molienda Gruesa**
 - **Molinos de Martillos**
 - **Molino de Navajas**
 - **Molino de Cuchillas**
 - **Molino de Impacto**

- 9. Depuración**
 - **Cribas Vibratorias**
 - **Cribas Rotatorias Trommels**
 - **Magnética**
 - **Balística**

- Neumática
- Densimétrica

10. **Transportación de Residuos (Triturados)**

- **Bandas**
- **CADENA (BKT)**
- **Elicoidales**
 - . **Materia Orgánica para Composteo**
 - . **Material de Rechazo**

II. PROCESO DE COMPOSTEO (FERMENTACION AEROBIA - LENTA)

1. **Formación de Pilas de Prefermentación**

- **Puente Móvil con Transportador de Rastras**
- **Con Carros de Volteo**
- **Trascavo**

2. **Movimiento de Pilas de Fermentación (MAT. ORGANICA)**

- **Máquina Volteadora**
 - . **Scarabajo**
- **Trascavo**
- **MANUAL**

3. **Maduración**

4. **Acondicionamiento de Composta**

- **Alimentación de Composta**
 - . **Trascavo**
- **Transportador de Cadenas (BKT)**

- **Molienda Fina**
 - . **Molino de Martillos**
- **Depuración**
 - . **Criba Rotatoria (Tromel)**
 - . **Criba Vibratoria**
 - . **Sepración Balística**
 - . **Separación Neumática**
 - . **Separación Densimétrica**
 - . **Separación magnética**
- **Almacenamiento**
 - . **Embaraje**
 - . **A Granel**



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

C U R S O S A B I E R T O S

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE CONTROL DE RESIDUOS
SOLIDOS Y PELIGROSOS 1995.**

**MOD. III PROCESOS DE TRATAMIENTO PARA EL CON
TROL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPA--
LES Y PELIGROSOS**

**TEMA: PUESTA EN MARCHA DE PLANTAS DE RESIDUOS
COMPOST.**

EXPOSITOR CLAUDE COUSIN PERSEMAYE

I
PLATICA.

PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA TRATADORA DE BASURA CON COMPOSTEO.

ANTES DE PONER EN MARCHA UNA PLANTA TRATADORA DE BASURA HAY QUE ESTUDIAR ALGUNAS SITUACIONES.

1) SE TIENEN QUE ESCOGER LOS EQUIPOS ADECUADOS Y APROPIADOS PARA CADA CIUDAD.

CRITERIOS A TOMAR EN CUENTA:

VOLUMEN DE BASURA A TRATAR EN UN PRINCIPIO.

TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL Y CRECIMIENTO DE GENERACION POR HABITANTE PARA LA PLANEACION DEL PROYECTO A LARGO PLAZO.

SI LA CIUDAD TIENE EPOCAS CON ALTA GENERACION DE DESECHOS (FERIA DE SAN MARCOS EN AGUASCALIENTES).

ANALISIS DE COMPOSICION DE LA BASURA. CON PORCENTAJES DE PRODUCTOS RECICLABLES, DE PRODUCTOS ORGANICOS Y DE RECHAZOS.

NECESIDADES DE LA ZONA COMPOSTA O ENERGIA.

PARA DETERMINAR SI SE VA A DIRIGIR MAS EL EQUIPO A LA COMPOSTA O A LA INCINERACION. EN MEXICO SEREQUIERE MAS LA COMPOSTA PARA MEJORAR LAS COSECHAS Y SOLUCIONAR EL PROBLEMA DE LA ALIMENTACION, DETENER LA MIGRACION DE LOS CAMPESINOS Y ASI EVITAR QUE SE VAYAN A LAS GRANDES URBES O QUE ARRIESGUEN SUS VIDAS TRATANDO DE EXPATRIARSE.

COMO SE REALIZA LA RECOLECCION, SI HAY SEPARACION DE PRODUCTOS RECICLABLES EN LOS DOMICILIOS, EN LAS CALLES O EN LOS CAMIONES Y QUE TAN EFECTIVA ES ESTA SEPARACION.

SI SE PODRA EN EL FUTURO EVITAR LA PEPENA EN LOS CAMIONES PARA PREVEER EL NUMERO DE PUESTOS DE SEPARACION MANUAL EN LA PLANTA.

2) SE TIENE QUE ESCOGER EL LUGAR ADECUADO PARA LA LOCALIZACION DE LA PLANTA.

CRITERIOS A ESTUDIAR:

DISTANCIA DE LA CIUDAD Y DE ZONAS HABITADAS PARA EVITAR QUEJAS A FUTURO Y TENER LA POSIBILIDAD DE CREAR UNA ZONA INDUSTRIAL DE RECICLAJE.

ESTUDIOS DE LOS SUELOS PARA QUE EL PESO DE LOS EQUIPOS NO SEA UN PROBLEMA, NI QUE SE VAYAN A HUNDIR.

ESTUDIOS DE LOS VIENTOS DOMINANTES PARA EVITAR QUE SEENSUCIE LA ZONA CON LOS PRODUCTOS QUE PUEDAN VOLAR. AFORTUNADAMENTE UNA ZONA DE COMPOSTEO BIEN MANEJADA, NO GENERA MALOS OLORES.

ESTUDIOS DE PLUVIOMETRIA PARA PREVEER LA NECESIDAD DE TECHAR LA ZONA DE FERMENTACION EN CASO DE LLUVIAS FRECUENTES E INTENSAS.

ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL CONFORME A LA LEY.

DESPUES DE REALIZAR ESTOS ESTUDIOS SE DECIDIRA LA TECNOLOGIA A UTILIZAR. SE DECIDIRA SI SE UTILIZA LA TECNOLOGIA DE TRITURACION CON FERMENTACION AEROBICA NORMAL DE LOS PRODUCTOS ORGANICOS O LA TECNOLOGIA DE DILACERACION CON FERMENTACION ACELERADA.

PUESTA EN MARCHA.

MI EXPERIENCIA PRACTICA EN ARRANQUE DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE ES MUY LIMITADA POR UNA RAZON MUY SENCILLA. NO HEMOS PODIDO ARRANCAR LA PLANTA QUE INSTALAMOS EN VILLAHERMOSA TABASCO.

ESTE PROYECTO ESTABA DIVIDIDO EN DOS PARTES, UNA ERA LA OBRA CIVIL QUE SE DEBIA REALIZAR SEGUN LOS PLANOS ELABORADOS POR NUESTRA COMPANIA EN FRANCIA, Y LA OTRA ERA EL MONTAJE DE LOS EQUIPOS FIJOS DE TRABAJO.

NOSOTROS REALIZAMOS LA PARTE DE MONTAJE SIN NINGUNA DIFICULTAD, TERMINANDO LAS INSTALACIONES EL DIA 11 DE DICIEMBRE DE 1994, FECHA ESTIPULADA EN NUESTRO CONTRATO. ESTE MISMO DIA ECHAMOS A ANDAR TODOS LOS EQUIPOS, COMPROBANDO A LAS AUTORIDADES LOCALES PRESENTES Y A LOS REPRESENTANTES DE BUREAU VERITAS QUE LAS MAQUINAS ESTABAN LISTAS PARA QUE SE REALIZARAN LOS AJUSTES NECESARIOS PARA SU FUNCIONAMIENTO OPTIMO. DESGRACIADAMENTE LA OBRA CIVIL NECESARIA PARA LA FERMENTACION Y RECUPERACION DE LIXIVIADOS A CARGO DEL GOBIERNO DEL ESTADO NO HABIA LLEGADO NI AL 50% DE AVANCE.

HOY EN DIA TODAVIA FALTAN CONSTRUIR 7000 METROS CUADRADOS DE LA ZONA DE FERMENTACION, LA CISTERNA DE RECUPERACION DE LIQUIDOS CONTAMINANTES Y TECHAR DICHA ZONA. ESE RETRAZO IMPIDE LA PUESTA EN MARCHA DE LA MAQUINARIA POR RAZONES ECOLOGICAS. SI EMPEZAMOS A TRATAR LOS DESECHOS SIN PODER CONTROLAR AL CIEN POR CIENTO LA GENERACION DE LIQUIDOS LIXIVIADOS, LA PLANTA CONTAMINARA LOS RIOS Y EL SUBSUELO.

SI MAÑANA O PASADO, ALGUNA ORGANIZACION PRIVADA O GUBERNAMENTAL TERMINA DICHA OBRA CIVIL, LOS INGENIEROS FRANCESES A CARGO DE ESTOS EQUIPOS VENDRAN A REVÍSAR LAS INSTALACIONES CHECANDO CADA UNO DE LOS ELEMENTOS TANTO MECANICOS, ELECTRICOS, ELECTROMECHANICOS Y DE SEGURIDAD. DESPUES SE CAMBIARAN LOS ELEMENTOS DAÑADOS POR EL TIEMPO Y LA HUMEDAD.

111

TENIENDO LA PLANTA LISTA PARA TRABAJAR, LOS PASOS A SEGUIR SERAN LOS SIGUIENTES:

- 1) SE CAPACITARA EN LA PRACTICA AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO QUE PREVIAMENTE HABRA ESTUDIADO LOS MANUALES ENTREGADOS CON LOS EQUIPOS.

ESO CUBRIRA EL ASPECTO ELECTRICO DESDE LOS TRANFORMADORES ~~SISTEMA DE~~ INSTALADOS EN LA PLANTA, EL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE LA CORRIENTE A LAS BANDAS DE ALIMENTACION Y RECUPERACION DE LOS DISTINTOS EQUIPOS, EL SISTEMA PARA LA DISTRIBUCION DE ENERGIA PARA LOS MOTORES DE TRITURACION, DE SEPARACION DE LOS METALES FERROSOS, DE SEPARACION DE LOS RECHAZOS GRANDES, DE LOS RECHAZOS PESADOS Y DE LOS LIGEROS.

SE HARA UNA CAPACITACION MUY ESTRICTA SOBRE EL FUNCIONAMIENTO, EL MANTENIMIENTO Y EL USO DE CADA UNO DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD QUE HACEN POSIBLE UN TRABAJO EFICIENTE Y DURADERO DE LOS EMPLEADOS Y DE LOS EQUIPOS.

ESO CUBRIRA TAMBIEN LA PARTE MECANICA. LOS ENCARGADOS DEBERAN APRENDER EL FUNCIONAMIENTO DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS MECANICOS, DESDE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS, EL FUNCIONAMIENTO DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS DEL PROCESO. ESO CON EL FIN DE CONOCER EL MANTENIMIENTO DIARIO Y ESPORADICO QUE REQUIEREN LOS EQUIPOS; LAS POSIBLES FALLAS Y COMO ARREGLARLAS, LAS PIEZAS DE DESGASTE Y EL MOMENTO ADECUADO PARA SU CAMBIO, LAS MODIFICACIONES QUE SE PUEDEN REALIZAR PARA ADECUAR LA CALIDAD DE LA COMPOSTA A LAS EXIGENCIAS DE LOS COMPRADORES.

- 2) SE VERIFICARA LA PRESENCIA Y EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PERIFERICOS NECESARIOS PARA UNA OPERACION OPTIMA DE LA PLANTA. CARGADORES FRONTALES, REMOLQUES, BASCULA, EQUIPOS DE OFICINA, BOMBAS DE AGUA, SISTEMAS DE ILUMINACION, INSTALACIONES PARA LOS EMPLEADOS (ENFERMERIA, COMEDOR, SANITARIOS) COMPACTADORA, CONTENEDORES, TRACTOR.

- 3) AL MISMO TIEMPO QUE SE CAPACITARA AL PERSONAL OPERATIVO A MANEJAR LOS EQUIPOS, SE REGULARAN LAS VELOCIDADES DE LAS BANDAS DE SALIDA DE LA BASURA EN LAS TOLVAS DE RECEPCION DE LA MISMA, SE REGULARA LA VELOCIDAD DE LAS BANDAS DE SEPARACION MANUAL Y ALIMENTACION DEL TRITURADOR. SE ENSEÑARA A LA PERSONA ENCARGADA DE ORGANIZAR LAS AREAS DE FERMENTACION A ESTABLECER LAS HILERAS DE FERMENTACION, SU CONTROL CON FECHAS Y NECESIDADES DE RIEGO.

- 4) SE PREPARARA LA PERSONA ENCARGADA DE SUPERVISAR EL GRADO DE FERMENTACION DE LA COMPOSTA PARA QUE LA OPERACION DE AFINADO DE LA COMPOSTA SE LLEVE A CABO EN EL MOMENTO MAS OPORTUNO.

IV

EN EL PROCESO DE AFINADO DE LA COMPOSTA SIENDO AUTOMATICO, SE CAPACITARA EL PERSONAL DE MANTENIMIENTO PARA REGULAR LA VELOCIDAD DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS, LA CAPACIDAD DE ROTACION DE LA CRIBA CIRCULAR PARA LA ELIMINACION DE RECHAZOS DE GRAN TAMAÑO, LA VELOCIDAD Y CAPACIDAD DEL SEGUNDO ELECTROIMAN ROTATIVO, LA POTENCIA VIBRATORIA DE LA MESA DENSIMETRICA PARA LA ELIMINACION DE LOS PRODUCTOS PESADOS Y EL CONTROL DE VENTILACION PARA LA ELIMINACION DE LOS PRODUCTOS MAS LIGEROS QUE LA COMPOSTA.

ESE PROCESO DE ARRANQUE DE LA PLANTA DE TRITURACION Y COMPOSTEO DE LA BASURA DOMESTICA SE LLEVARA A CABO EN 4 A 6 SEMANAS PARA ASEGURAR UNA PREPARACION COMPLETA DEL PERSONAL Y GARANTIZAR LA CALIDAD DEL SERVICIO.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS
MODULO III: PROCESOS DE TRATAMIENTO PARA EL CONTROL
DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES Y PELIGROSOS
DEL 10 AL 14 DE JULIO DE 1995
DIRECTORIO DE ASISTENTES

FCO. JAVIER ACEVES HERNANDEZ
PROFESOR
PIMADI - IPN
AV. IPN ESQ. SIERRA VISTA
COL. LINDAVISTA
07300 MEXICO, D.F.
TEL. 754 02 06

SALVADOR ACEVEDO MARQUEZ
PROFESOR
ENEP ACATLAN
AV. ALCANFORES S/N
COL. SANTA CRUZ ATOYAC
53150 NAUCALPAN; EDO. DE MEX.
TEL. 623 17 68

JESUS MANUEL ANDRADE OCHOA
COORDINADOR AMBIENTAL
GRUPO AUTOS COMPACTOS
CALZ. VALLEJO 1030
COL. INDUSTRIAL VALLEJO
MEXICO, D.F.
TEL. 587 77 33 EXT. 413

ANTONIO AVALOS RAMIREZ
PROFESOR
FES ZARAGOZA
PROL. P. ELIAS CALLES S/N
COL. EJERCITO DE ORIENTE
09230 MEXICO, D.F.
TEL. 623 07 53

MIGUEL A. BELTRAN GUZMAN
REVISOR DE CONTRATOS Y FIANZAS
CONACAL
CERRO DE CUBITOS 40
COL. ROMERO DE TERREROS
04310 MEXICO, D.F.
TEL. 604 15 12

J. ANTONIO CALDERON GUTIERREZ
JEFE DE AREA
D.G.S.U.
RIO CHURUBUSCO 1155
COL. ZAPATA VELA
DEL. IZTACALCO, MEXICO, D.F.
TEL. 591 12 22

MARIO CAMACHO CARDONA
INVESTIGADOR
ENEP ACATLAN
AV. TOLTEPEC ESQ. ALCANFORES
COL. SANTA CRUZ ATOYAC
53150 NAUCALPAN, EDO. DE MEX.
TEL. 397 38 67

MARGARITA CERVANTES GRANADOS
INGENIERA GEOLOGA
COM. FED. DE ELECTRICIDAD
INSURGENTES SUR 949
CD. DE LOS DEPORTES
03810 MEXICO, D.F.
TEL. 536 51 00

GABRIEL COLINA CASILLAS
GTE. DE PROYECTOS Y SUPERV.
HIDRO AMBIENTE DE MEXICO, S.C.
BLVD. AGUA CALIENTE 10535-504
22420 TIJUANA, BAJA CALIFORNIA
TEL. 86 44 44

MARCO ANTONIO GOMEZ GOMEZ
TECNICO GCIA. DE PROYECTOS
SERVS. DE TEC. AMBIENTAL
MINERIA 145 EDIF. G PISO 2
COL. ESCANDON
11800 MEXICO, D.F.
TEL. 272 99 91 EXT. 3625

CLAUDIA P. HERNANDEZ BARRIOS
CONSULTOR
CONSUL Y ASES. EN ING. AMBIENTAL
PEGASO 64
COL. ENSUEÑOS
54740 CUAUTITLAN, EDO. DE MEX.
TEL. 873 18 58

ARTURO LEON MARIN
SISTEMAS HIDRAULICOS
Y AMBIENTALES, S.A. DE C.V.
CDA. PERPETUA 22
COL. SAN JOSE INSURGENTES
03900 MEXICO, D.F.
TEL. 598 64 98

PEDRO MENDEZ LARA
AUXILIAR DE INVESTIGACION
CINVESTAV/IPN
AV. IPN 2508
COL. SAN PEDRO ZACATENCO
07100 MEXICO, D.F.
TEL. 747 70 00 EXT. 3951

MA. GUADALUPE MIRANDA JIMENO
PROFESOR
FES ZARAGOZA
AV. GUELATAO 66
COL. EJERCITO DE ORIENTE
09230 MEXICO, D.F.
TEL. 623 05 40

ADOLFO PORTILLA GONZALEZ
PROFESOR
C.C.H. ORIENTE
CANAL DE SAN JUAN S/N
COL. TEPALCATES
08500 MEXICO, D.F.
TEL. 758 03 88

CARLOS S. VALADEZ SANCHEZ
PROFESOR
FES ZARAGOZA
AV. GUELATAO 66
COL. EJERCITO DE ORIENTE
09230 MEXICO, D.F.
TEL. 744 10 76

RAUL MOLINA TOLENTINO
JEFE DEPTO. ASUNTOS TRANSFRONT.
INST. NAL. DE ECOLOGIA
RIO ELBA 20
COL. CUAUHTEMOC
06500 MEXICO, D.F.
TEL. 553 95 73

ARACELI MARTINEZ VERA
DICTAMINADOR
INST. NAL. DE ECOLOGIA
RIO ELBA 20
COL. CUAUHTEMOC
06500 MEXICO, D.F.
TEL. 553 97 02

JOSE HUMBERTO CUEVAS GARCIA
INST. NAL. DE ECOLOGIA
RIO ELBA 20
COL. CUAUHTEMOC
06500 MEXICO, D.F.
TEL. 553 95 73

RODOLFO GOMEZ RAMIREZ
INST. NAL. DE ECOLOGIA
RIO ELBA 20
COL. CUAUHTEMOC
06500 MEXICO, D.F.
TEL. 553 97 02