



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIVISIÒN DE INGENIERIA MECANICA
E INDUSTRIAL**

**NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL
TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÒLIDOS
URBANOS EN EL D.F**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

HERNÁNDEZ CID ÀNGEL

DIRECTOR DE TESIS:

**M.C. CONSTANTINO GUTIÉRREZ
PALACIOS**



**CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO D.F.
OCTUBRE 2010**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería

“Nuevas tecnologías para el tratamiento de residuos sólidos
urbanos en el D.F”

Presenta:

Hernández Cid Ángel

Jurado:

M.C. Constantino Gutiérrez Palacios

M.I. Susana Casy Téllez Ballesteros

Ing. María Guadalupe Duran Rojas

Ing. Elizabeth Moreno Mavridis

Ing. Maria Teresa Peñuñuri Santoyo

Ciudad Universitaria, México D.F Octubre 2010

Agradecimientos

- Quiero agradecer a mis padres Margarita Cid Casas y José Andrés Hernández Zamora, que por ellos tengo grandes éxitos en mi vida, con lo cual que he podido concluir otra etapa de mi vida, me enseñaron a ser un hombre integro de pensamientos propios, no solo fue su ayuda económica la que me ayudo a salir adelante si no su amor espiritual, apoyándome en todo lo que necesite.
- A mis hermanos Francisco Javier Hernández, José Andrés Hernández, Rosa Isela Rodriguez y Violeta Rodriguez quienes me dieron su confianza y su apoyo emocional compartiendo sueños y triunfos.
- Me gustaría agradecer a una persona que ha llegado a mi vida en el momento justo, Yocelin Mejia Guerrero, me ha ayudado en los momentos más difíciles y a valorar más el esfuerzo y empeño de los trabajos, apoyándome en todo momento, aprovecho también para darle mi agradecimiento a mi hijo Santiago Adolfo Hernández Mejia, quien me ha dado más fuerzas para poder salir adelante y terminar todos mis propósitos, para poder darle lo mejor de mí.
- Me gustaría agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México que me abrió sus puertas del conocimiento, agradeciendo a los grandes profesores que tuve la oportunidad de conocer y aprender las maravillosas cosas que me enseñaron.
- No dejando de lado a mi tutor de tesis el M.C. Constantino Gutiérrez quiero agradecerle, que me apoyó incondicionalmente para la realización de esta tesis que presento, el cual me dio opiniones, información y su gran experiencia en el tema de residuos sólidos urbanos. Agradezco a mis sinodales que hicieron posible esta tesis al proporcionarme sus opiniones y correcciones de esta tesis con los profesores M.I Susana Casy Téllez Ballesteros, Ing. Maria Guadalupe Duran Rojas, Ing. Elizabeth Moreno Mavridis y Ing. María. Teresa Peñuñuri Santoyo.
- Y por último me gustaría agradecer a todas las personas que me apoyaron y creyeron en mí, compañeros, amigos y personas cercanas a mí, porque hay personas que merecen las gracias porque sin su ayuda no hubiera sido posible este trabajo de tesis, como aquellos que plasmaron su huella en mi camino.

Gracias.

Índice

	Página
-Introducción.	6
-Objetivo	8
1. Antecedentes	9
1.1 Historia.	9
1.2 Tratamientos de RSU.	9
1.3 Sistema de manejo de residuos sólidos urbanos	14
1.4 Residuos sólidos en México	14
1.5 Breve descripción de la economía del México actual	16
1.6 Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de México	17
1.6.1 Programas de manejo de residuos sólidos en la Ciudad de México	18
1.6.2 Informe de Trabajo de Residuos Sólidos del Distrito Federal	20
1.6.3 Objetivos del D.F en el Tratamiento de RSU	22
1.6.4 La economía en el D.F	22
1.6.5 Problemática ambiental en el D.F	23
1.7 Plan de manejo de RSU en el D.F	24
1.8 Recolección, transferencia, selección y disposición final en el D.F	26
1.8.1 Recolección	26
1.8.2 Transferencia	26
1.8.3 Selección	26
1.8.4 Planta Composta	27
1.8.5 Disposición Final	27
1.8.6 Ampliación de la vida útil del relleno sanitario de borde poniente	28
-Resumen	29
2. Nuevas Tecnologías	31
2.1 Características de los métodos convencionales de RSU.	32
2.2 Análisis económico de tratamientos de RSU más comunes	34
2.3 Soluciones Económicas de RSU	36
2.3.1 La gestión económica de los RSU	37
2.4 Nuevos tratamientos de para los residuos sólidos	39
2.4.1 Proceso de Oxidación Térmica	39
2.4.1.2 Operación del sistema TOPS.	40
2.4.2 Vitrificación	40
2.4.3 Biodrying.	41
2.4.4 Gasificación.	42
2.4.5 Tratamiento Mecánico-Biológico	42
2.4.6 Arco de plasma por gasificación	43
2.4.7 Proceso de manta de lodo anaeróbico de flujo ascendente	44
2.4.8 Fijación química y solidificación de residuos peligrosos	45
2.4.9 Autoclave de residuos sólidos urbanos	46
-Resumen	47

3. Descripción de máquinas actuales en el tratamiento de RSU.	49
3.1 Trituradores	49
3.2 Mezcladoras	51
3.3 Separadores magnéticos	53
3.4 Compactadores	55
3.5 Incineradores, equipo de pirolisis y equipos de tratamiento de combustión	57
3.6 Sistemas de Secado de RSU	58
3.7 Autoclave	59
3.8 Camiones de Basura	60
3.9 Máquina para el reciclado de residuo termoplástico	61
3.10 Polimerización	61
3.11 Grúas	62
3.12 Máquina para el reciclado de cables eléctricos	63
-Resumen	64
4. Tratamiento de incineración de Residuos Sólidos en el D.F	65
4.1 Principios generales de la incineración	66
4.2 Tipos de incineradores	66
4.2.1 Inyección Líquida	66
4.2.2 Horno Rotatorio	67
4.2.3 Horno de lecho fluidizado	68
4.2.4 Horno de parilla	69
4.3 Impacto Ambiental de los Incineradores	71
4.4 Tratamientos para la reducción de contaminantes en la incineración	72
4.5 Evaluación de la incineración de Residuos Sólidos	74
4.6 Descripción del Incinerador Inciner8 A2600 (HF)	75
4.7 Turbina de vapor siemens SST -050	78
4.8 Filtro de carbón activado Packs 4V	79
4.9 Lavador de Gases flexibles de humo C20 FRIDURIT®	79
4.10 Viabilidad Económica	80
4.11 Calculo de costos	80
4.12 Precio medio del KWH	81
4.13 Costos Totales	82
4.14 Ingresos por venta de energía eléctrica	82
4.13 Valor Actual Neto	82
-Resumen	84
Conclusiones y Recomendaciones.	86
-Bibliografía.	88
-Glosario.	93
-Anexo	95

Introducción

Los problemas que actualmente tienen más impacto en el mundo, y que van aumentando de una manera acelerada, es el cuidado del medio ambiente, la población de seres humanos, el desarrollo industrial que han crecido de manera exponencial en los últimos años ocasionando una sobre producción de residuos sólidos y contaminantes que dañan el ambiente en el que vivimos, anteriormente no era necesario preocuparnos por estos problemas, la misma naturaleza los degradaba, pero la gran cantidad y el mal manejo de nuestros desechos a ocasionado que el medio ambiente en el que vivimos este en malas condiciones.

Los avances en el reciclaje y tratamiento de los contaminantes aun no es el adecuado, carece de infraestructura, tecnología y, sobre todo, la aplicación de tratamientos adecuados de contaminantes, es sólo en los países de primer mundo donde se tienen los más modernos procesos de tratamiento.

En la Ciudad de México la alta población y el gran movimiento de personas han tenido impacto en la contaminación ambiental que se tiene, así como daños a la infraestructura por el mal manejo de los residuos.

El presente trabajo de tesis, tiene la finalidad de dar a conocer las diferentes posibilidades tecnológicas que existen en el mundo actual para tratar los residuos sólidos urbanos analizando y comparando dichas tecnologías para determinar una posibilidad de aplicación para la Ciudad de México.

La tesis se complementa de cinco puntos claves para el análisis tecnológico de los tratamientos de residuos sólidos urbanos para su aplicación a la Ciudad de México, los cuales se trabajan en cinco capítulos que fueron estructurados de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se maneja la evolución en el tiempo de los residuos sólidos urbanos como su origen, la clasificación, tratamientos, la problemática que ha surgido actualmente y aspectos importantes en la Ciudad de México.

El capítulo 2 se estudio las tecnologías de residuos sólidos urbanos (RSU), los tratamientos de residuos más actuales, algunos aspectos económicos, las nuevas mejoras en las nuevas tecnologías, sus ventajas y desventajas de los métodos tradicionales, como cada tipo de tratamiento que nos ofrece y donde es utilizado.

En el capítulo 3 se muestran algunas de las maquinarias de tratamientos de residuos más actuales donde se describe brevemente en que consiste cada maquina como su fabricante y características particulares, estas se dividieron según el tipo de tratamiento.

En el capítulo 4 se aborda el tratamiento de incineración, donde se estudia la viabilidad de una planta de incineración para su aplicación en el Distrito Federal se tomo el estudio de un incinerador en particular para obtener sus beneficios para la población, analizando la parte económica y técnica del incinerador.

Por último se dieron a conocer las conclusiones y recomendaciones del trabajo de tesis, así como los anexos correspondientes.

Objetivos:

Analizar técnicamente y económicamente el mejor tratamiento de residuos sólidos urbanos que tenga la posibilidad de ser aplicada en el Distrito Federal.

Conocer la problemática que tiene la Ciudad de México en el tratamiento de residuos sólidos urbanos

Analizar las tecnologías más recientes en el mundo sobre tratamiento de residuos sólidos urbanos

1. Antecedentes

Este capítulo tiene como finalidad proporcionar de manera general la evolución y generación de los residuos sólidos urbanos (RSU), como el manejo que ha tenido en el tiempo, sus tipos de tratamientos, el impacto que tiene en las grandes ciudades, el marco legal, la problemática y su evolución en la Ciudad de México.

1.1 Historia

Desde que el ser humano ha tenido necesidades de utilizar medios para su sobrevivencia, así como los animales, se ha desechado lo innecesario con lo cual se origina la contaminación a pequeña escala, sólo que anteriormente la naturaleza era capaz de eliminarla de manera general.

Con el crecimiento de las actividades humanas, surgiendo diferentes tipos de industrias, comercio y navegación. Con base en estas actividades se generan desechos urbanos, donde no hay conciencia del reciclaje y sólo hay un pensamiento consumista, con lo que ocasiona problemas como inundaciones por obstrucción del drenaje, focos de infección, contaminación al suelo, impacto a la flora y fauna, mal aspecto visual, contaminación del agua, daños a la salud, etc.

Para entender mejor el impacto de los desechos sólidos, me basaré desde la revolución industrial que fue el principal origen del crecimiento acelerado de contaminantes al medio ambiente, con la aplicación industrial del motor a vapor en la segunda mitad del siglo XVIII. Los grandes avances científicos que comenzaron a cristalizar durante el siglo XIX, dieron lugar a las aplicaciones del motor de combustión interna y a la electricidad. Fue otra manera de generar contaminantes a mayor escala, aun la naturaleza era capaz de estabilizar los contaminantes. A finales del siglo XIX, la industria eléctrica estaba establecida, produciendo en gran escala sistemas para la generación y la utilización de la corriente eléctrica.

La rápida urbanización y crecimiento de las ciudades durante la última mitad del siglo XX, ha cambiado la faz de la Tierra. Las ciudades modernas “viven” del medio rural ya que dependen de éste como fuente de alimentos y otros materiales orgánicos. La magnitud de este proceso va de la mano con el crecimiento dramático de la población mundial y el incremento de la capacidad de producción industrial.

1.2 Tratamientos de RSU

Existe actualmente gran cantidad de tipos de tratamientos de los RSU, pero en lo particular lo referente en el tratamiento, la separación y aprovechamiento de diversos subproductos y a la disposición final de los residuos.

Pero las tecnologías más utilizadas en el mundo para el tratamiento y disposición final de los RSU son: relleno sanitario, incineración y el composteo, según datos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS)

Los métodos de tratamiento de los residuos sólidos se pueden clasificar en varias formas. Como las citadas:

a) De acuerdo al tipo de proceso que involucran:

Procesos Físicos

- * Separación (manual o mecanizada) * Trituración.
- * Separación magnética * Compactación.

Procesos Químicos

- * Hidrólisis * Oxidación.
- * Vitrificación * Polimerización.

Procesos Biológicos

- * Composteo * Digestión Anaerobia.

Procesos de Destrucción Térmica

- * Incineración * Pirolisis.
- * Esterilización * Microondas.

b) Conforme a los propósitos del tratamiento:

Recuperación de Materiales o Productos para Reusó o Reciclaje

- * Separación (manual o mecanizada) * Vitrificación.
- * Composteo * Pirolisis.

Recuperación de Energía

- * Digestión Anaerobia * Incineración.
- * Pirolisis.

Destrucción de Agentes Infecto-contagiosos.

- * Incineración * Microondas.
- * Esterilización.

La vigilancia de las disposiciones oficiales para el manejo adecuado de los residuos sólidos peligrosos, es facultad principal de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y los residuos sólidos no peligrosos, de las Direcciones de Ecología de cada Entidad Federativa y los Gobiernos Municipales.

El reciclaje toma gran importancia en el tratamiento de los residuos, lo más comunes que pueden recuperarse son: el papel, cartón, plástico, vidrio, metales ferrosos, aluminio y otros metales residuales no ferrosos. Debido a que todos estos materiales pueden ser de suficiente valor económico para justificar su separación. Así como la conversión de ciertas sustancias en energía por medio de pirolisis, biogás, incineración, etc.

Algunas clasificaciones de los tratamientos de RSU, como una breve descripción de en que consiste cada tratamiento.

Separación (manual o mecanizada)

Es muy usada para la recuperación de papel, cartón, vidrio, metales y otros productos que son sujetos de comercialización, como materias primas para diversas industrias. La separación manual se practica en las fuentes generadoras, en los camiones recolectores de residuos sólidos como en los tiraderos de residuos sólidos que operan “a cielo abierto”. La separación magnética se utiliza a nivel industrial para separar materiales ferrosos. En Mérida, Yucatán y en la Ciudad de México, existen plantas procesadoras de residuos con separación mecanizada.

Trituración

Es un proceso por medio del cual se reduce el volumen de los residuos para disminuir el costo del transporte. Forma parte del método de tratamiento por microondas de los residuos infecto-contagiosos. Se utiliza en las plantas productoras de composta. En países desarrollados existe la práctica de utilizar un sistema de trituración en los rellenos sanitarios, con el propósito de alcanzar una mayor eficiencia en la compactación de los residuos sólidos para ampliar la vida útil de los sitios.

Compactación

Este método se utiliza principalmente en los rellenos sanitarios para el confinamiento definitivo de los residuos. La compactación se hace con maquinaria pesada en rellenos que disponen más de 40 toneladas por día. El grado de compactación óptima en un relleno sanitario es de 700-800 $[\text{kg}/\text{m}^3]$. Para ciudades de menos de 50,000 habitantes se puede emplear equipo más sencillo o inclusive puede hacerse la compactación en forma manual. La compactación también se utiliza en los sistemas de recolección y transferencia de residuos sólidos, con el objeto de bajar los costos en el transporte.

Composteo

Este método es utilizado para procesar la parte orgánica de los residuos sólidos municipales que, generalmente, representa el 40-60% del volumen total. Consiste en la fermentación controlada y acelerada de los residuos utilizando el contenido microbiano presente. El resultado es un producto estable que se emplea como abono orgánico o mejorador de suelos, sin llegar a nivel de fertilizante.

Las primeras plantas de composta producida a partir de residuos sólidos, datan de los años 1925 a 1930 en la India y Holanda. Los países que más usan esta tecnología actualmente son España, Francia y Suecia.

En México se han instalado aproximadamente Diez plantas industriales de composteo, pero no han sido proyectos exitosos debido a problemas de mercado y a la falta de estudios técnicos orientados a determinar su viabilidad en la región de interés.

Una variante de este proceso es el vermicompostaje, que consiste en producir composta aprovechando la actividad metabólica de la lombriz roja de California. En la actualidad existe experiencia en nuestro país.

Digestión Anaerobia

Es el proceso natural por el cual se degrada la materia orgánica, como en el caso de los rellenos sanitarios. La fermentación ocurre en forma lenta y en ausencia de oxígeno, liberándose un gas que contiene aproximadamente un 60 % de metano, por lo que se puede emplear como una fuente de energía no convencional.

Existe también la posibilidad de llevar a cabo este proceso a nivel de planta, utilizando reactores en condiciones controladas, logrando mayores eficiencias en la producción de metano en el menor tiempo posible.

Hidrólisis

Proceso mediante el cual se rompen los enlaces moleculares de los residuos agregando reactivos que pueden ser ácidos, bases, o enzimas. Los productos de la molécula rota pueden ser inocuos o bien requieren ser tratados posteriormente y con más facilidad para reducir su toxicidad. Este método se utiliza para el tratamiento de residuos peligrosos.

Oxidación

Esta tecnología está basada principalmente en el uso de agentes oxidantes tales como Peróxido de Hidrógeno, Ozono o Hipoclorito de Calcio para oxidar la materia orgánica. La oxidación con aire húmedo es un tratamiento que rompe enlaces presentes en los compuestos orgánicos e inorgánicos oxidables, se realiza a altas temperaturas con grandes presiones, desarrollado originalmente para tratar lodos residuales.

Polimerización

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

Incineración

Es una tecnología compleja y costosa pero efectiva para hacer el tratamiento de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos (municipales).

La incineración exige que los residuos tengan un poder calorífico superior a 1,200 [KCal/Kg] y las plantas incineradoras incluyen los sistemas de recuperación de energía en forma de vapor y electricidad. Este método genera gases contaminantes, por lo que además del costo del sistema, deberá considerarse una inversión adicional para cumplir con los estándares de emisión a la atmósfera. Los países que más emplean esta tecnología son: Japón, Suiza, Suecia, Alemania, Francia y Estados Unidos de Norteamérica. También hay plantas incineradoras en Italia, España, Canadá y Gran Bretaña. En el caso de América Latina, la incineración se ha orientado principalmente al control de los residuos biológico infecciosos.

Pirólisis

Este método se utiliza para el tratamiento de materiales orgánicos con alto valor calorífico como llantas, aceites, telas y cartón contaminados con aceite, madera, etc. Su nombre científico es Termólisis y consiste en la descomposición térmica de la materia en ausencia de aire, transformándola en hidrocarburos limpios y/o carbón. El proceso no genera gases contaminantes.

Microondas

La tecnología de microondas se emplea en sistemas modernos de tratamiento de los residuos infecto-contagiosos provenientes de hospitales y clínicas. Los residuos son triturados y se les inyecta vapor, después son triturados y expuestos continuamente a microondas. La desinfección se hace al aumentar la temperatura hasta 95 [°C] durante 30 minutos.

Esterilización

Es el proceso típico de tratamiento térmico de los residuos que se realiza empleando calor seco o vapor. Se emplea para la desinfección de residuos infecto-contagiosos.

Digestión Anaerobia

Es el proceso natural por medio del cual se degrada la materia orgánica, como en el caso de los rellenos sanitarios. La fermentación ocurre en forma lenta y en ausencia de oxígeno, liberándose un gas que contiene aproximadamente un 60% de metano, por lo que se puede emplear como una fuente de energía no convencional.

Existe también la posibilidad de llevar a cabo este proceso a nivel de planta, utilizando reactores en condiciones controladas, logrando mayores eficiencias en la producción de metano en el menor tiempo posible.

1.3 Sistema de manejo de residuos sólidos urbanos

- a) **Generación:** Se identifica como a cualquier persona u organización que tenga acción o cause la transformación de un material en un residuo. Una fábrica u organización se vuelve generadora cuando su proceso genera un residuo, cuando derrama o cuando no utiliza más un material.
- b) **Transporte:** Como su nombre lo dice transporta el residuo para su tratamiento o disposición. El transportista puede generar residuos si el vehículo que transporta derrama su carga, si cruza los límites internacionales (en el caso de residuos peligrosos) o si acumula lodos u otros residuos del material transportado.
- c) **Tratamiento y disposición:** El tratamiento contiene la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los residuos o de sus constituyentes. Respecto a la disposición la alternativa comúnmente más utilizada es el relleno sanitario.
- d) **Control y supervisión:** Este proceso se relaciona fundamentalmente con el control efectivo de los otros tres procesos.

1.4 Residuos sólidos en México¹

El control de los Residuos Sólidos Municipales (RSM), generados por los habitantes del país, se inició en la época precortesiana y la salud pública en México quedó legalmente sustentada el día 15 de Julio de 1891, fecha en la que se expidió el Primer Código Sanitario elaborado por el Consejo Superior de Salubridad.

Los primeros intentos por parte de la federación en el control de los RSM, se inician apenas en el año de 1964, cuando la Dirección de Ingeniería Sanitaria pasó a formar parte de la Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria, de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

La primera obra de gran magnitud para el control de los RSM, se realiza en la década de 1960, cuando en la ciudad de Aguascalientes se diseña y opera el primer relleno sanitario del país.

A finales de la década de 1970 y hasta 1982, en la Dirección de Ecología Urbana de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), se llevaron a cabo una serie de proyectos, así como la elaboración de normas técnicas para el control de los RSM.

Con la creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), en el año de 1982, todas las atribuciones en el área de control de los RSM. En 1992 desaparece la SEDUE y se crea la Secretaría de Desarrollo Social, (SEDESOL), la cual incluye en su estructura al Instituto Nacional de Ecología (INE).

[Introducción y Antecedentes]

La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, (SEMARNAP), se crea en 1994 incorporando al INE y a los demás órganos que en la SEDESOL se ocupaban de cuestiones ambientales.

De los 32 millones 174 mil toneladas de residuos sólidos generados en el país durante el año 2002, el 52.4 % correspondió a desechos de comida, jardines y materiales orgánicos similares. Le siguen en importancia, cartón y productos de papel y derivados, con el 14 %.

Generación y disposición final de residuos sólidos urbanos 2008 y 2009 (Miles de toneladas)

Concepto	2006	2007
Generación	36 135.0	36 865.0
Productos de papel y cartón	5 388.0	5 489.3
Textiles y plásticos	2 750.0	2 775.0
Vidrios	2 309.0	2 341.0
Basura orgánica	18 335.0	18 576.0
Otros	7 353.0	7 683.7
Disposición final	36 135.0	36 865.0
Rellenos sanitarios	19 772.1	20 846.6
Rellenos de tierra controlados	3 763.5	3 844.9
Tiraderos a cielo abierto	11 423.4	10 971.3
Reciclaje	1 176.0	1 202.2

Fuente: Secretaría de Desarrollo Social, citada en Presidencia de la República. *Segundo Informe de Gobierno, 2008. Anexo Estadístico*. México, DF, 2008.⁵⁰

Nota: Se refiere a la basura producida en las ciudades (incluye desechos generados en casas habitación, comercios, instituciones, lugares de recreación y otros).

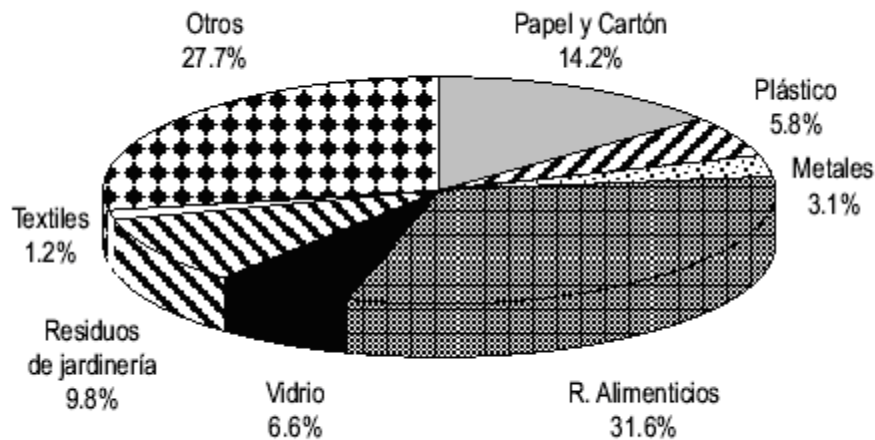
La cuantificación se realiza siguiendo la metodología estipulada en las Normas Mexicanas existentes.

Son sitios que cuentan parcialmente con aplicación y vigilancia de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas.

La organización Panamericana de la Salud lo define como "el lugar para la disposición final de los residuos sólidos que no cuentan con la infraestructura propia de un relleno sanitario, pero donde se dan las condiciones mínimas para la compactación y cobertura diaria de los residuos".

Corresponde a sitios no controlados y se refiere a la basura generada no recolectada dispuesta por las diferentes fuentes de generación en tiraderos clandestinos, lotes baldíos o es quemada en los traspatios.

Caracterización de residuos de acuerdo con estudios previos



FUENTE: INE/SEDESOL

Figura 1. Composición general de los residuos sólidos urbanos en México

1.5 Breve descripción de la economía del México actual

La evolución de la economía Mexicana ha dado grandes cambios, recordando los imperios de las culturas mesoamericanas, lo que se llama trueque, el cambio de artículos por otros, así como la utilización de un tipo de moneda como el chocolate. En la época de la conquista la economía era dirigida por España, ya que no era muy buena para el territorio Mexicano, las riquezas eran llevadas principalmente a este país, esto fue avanzando hasta la independencia donde se llevaría una economía autónoma, esta fue creciendo en el Porfiriato, a la implementación del ferrocarril y en el período de 1930 a 1970 fue denominado por los historiadores económicos como el "Milagro Económico", una etapa de crecimiento económico acelerado estimulado por el modelo industrialización con la sustitución de importaciones el cual protegía y promovía el desarrollo de la industria nacional.

En 1981 el panorama internacional cambió abruptamente: los precios del petróleo se desplomaron y las tasas de interés se incrementaron. En la Crisis de 1994, el 50% de la población cayó en pobreza, con lo cual la administración presidencial ha mejorado los cimientos macroeconómicos. La Nación no fue influida por las crisis sudamericanas y ha mantenido tasas de crecimiento positivas, aunque bajas, después del estancamiento económico del 2001.

Actualmente México es la segunda mayor economía de América Latina y es la 3ª economía en tamaño de toda América, después de la de Estados Unidos y Brasil, dependen en gran medida de las exportaciones de petróleo, el comercio con los Estados Unidos y el dinero enviado por los millones de trabajadores emigrantes en los Estados Unidos.

Algunos de los retos del gobierno siguen siendo la infraestructura, el sistema tributario y las leyes laborales así como reducir la desigualdad del ingreso. Siendo una economía orientada a las exportaciones, más del 90% del comercio mexicano se encuentra regulado en Tratados de Libre Comercio (TLC) con más de 40 países.⁴³

1.6 Residuos sólidos urbanos en la Ciudad de México.

Hoy en día nuestra sociedad ya empezó a preocuparse por el tratamiento y el manejo de nuestros desperdicios, que afectan de manera acelerada nuestro ecosistema, los residuos sólidos urbanos que son generados por elementos que provienen de todas las actividades humanas y animales que son desechados como inservibles o superfluos, han rebasado la capacidad de tratamiento en las ciudades que son altamente pobladas con delimitaciones territoriales como la ciudad de México.

La ciudad de México tiene grandes problemas con el tratamiento de los RSU, ya que el relleno de bordo poniente ha llegado más allá de su capacidad, llevándolo a una saturación de este y nuestros desechos, los cuales siguen aumentando, la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), cuenta con grandes atributos geográficos, tales como relieve interior suave, clima templado, con acceso a bosques y agua, pero también con rasgos topográficos, geológicos, asimismo, fenómenos naturales con alta incidencia en la calidad ambiental: montañas que atrapan los vientos, exceso de agua en época de lluvias, zona sísmica, entre otros.

Por su latitud la ZMCM se ubica en la parte Neártica y la cobertura del Trópico de Cáncer, con lo que alcanza climas templados y semifríos.

Es importante destacar que las partes altas que rodean a la ZMCM proporcionan recarga de acuíferos, asimilación del bióxido de carbono, vegetación para diversos fines, materiales para construcción de viviendas y edificios, etcétera.

Otra característica del terreno accidentado circundante a la ZMCM, es que forma un drenaje natural para el agua que cae en forma de lluvia, o bien, al filtrarla al subsuelo, actúa como área de recarga de los acuíferos del Valle de México.

Las condiciones actuales de deterioro del medio ambiente y de los recursos naturales representan una problemática social de gran importancia, no sólo porque repercuten negativamente en la calidad de vida de quienes habitan en la ZMCM, sino porque van constituyéndose en un freno para el desarrollo económico sustentable. Los patrones actuales de urbanización, producción y consumo amenazan con rebasar los umbrales de la sustentabilidad socioeconómica y ambiental de dicha zona metropolitana.

En el año 2000 estaban registradas ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 6,131 establecimientos en la ZMCM, que manifestaron emitir residuos peligrosos, lo cual indicaría que se tiene un control y conocimiento del origen y destino de esos residuos.

De acuerdo con los Censos Económicos realizados en 1999, casi la tercera parte (33.2%) del gasto en insumos requeridos para la producción de bienes y servicios a nivel nacional, provino de la ZMCM: 25.2% del Distrito Federal y 8% de los municipios conurbados.

Con 16 delegaciones del Distrito Federal y 35 municipios conurbados del Estado de México, una superficie de 4,979 [Km²] (correspondiente al 0.25% de la superficie nacional) y cerca de 18 millones de personas (18.3% de la población nacional), según el censo de población y vivienda de 2000, la ZMCM es un territorio con una dinámica social y económica que muestra señales de daño ecológico.

1.6.1 Programas de manejo de residuos sólidos en la Ciudad de México

La Ciudad de México ha tenido gran promoción al cuidado del medio ambiente, aunque su problemática en la contaminación no es algo nuevo, es un factor de crecimiento, ya que se informa que se genera 1.4 [Kg] diarios de residuos por persona en la ciudad de México, donde habitan 8.6 millones, por lo cual se a preocupado por cuidar el medio ambiente, y ha elaborado programas para la prevención de contaminación, así como la eliminación y tratamiento.

El sistema de barrido de calles y banquetas por muchos años fue una tarea compartida por la autoridad y los ciudadanos, en tanto que el de los parques, jardines, áreas públicas y sitios de reunión. Desafortunadamente, con el tiempo la participación comunitaria ha ido disminuyendo y en la actualidad es prácticamente nula en las grandes ciudades y de reducida consideración en las ciudades pequeñas.

También se tiene la separación de basura orgánica e inorgánica pero esta no ha tenido gran impacto, porque vemos que la basura sigue mezclándose y a otras personas aun no les gusta realizar dicha actividad.

Se tienen sanciones especificadas en el reglamento de residuos sólidos del Distrito Federal, por ejemplo sancionar con multa de 10 a 150 días de salario mínimo, vigente en el Distrito Federal, a quien arroje o abandone residuos sólidos de cualquier especie en la vía pública, áreas comunes, parques y barrancas; sancionar con multa de 150 a 1000 días de salario mínimo vigente en el Distrito Federal, a quien fomente o creé basureros clandestinos.

Sancionar con multa de 150 a 1000 días de salario mínimo vigente en el Distrito Federal a los establecimientos mercantiles, industriales y de servicios que se dediquen a la reutilización o reciclaje de residuos sólidos, etc.

Actualmente el Gobierno del Distrito Federal (GDF) tiene nuevos planes para el tratamiento de RSU que se mencionaran de forma breve para saber qué rumbo tiene el GDF de las tecnologías del tratamiento de los RSU.

En el marco del Segundo Informe de Gobierno 2008, sobre la situación que guarda la Administración Pública del Distrito Federal, el presente documento refleja la información de acuerdo con las estrategias definidas al inicio de la administración para cada uno de los siguientes temas:

- _ Suelo de Conservación.
- _ Habitabilidad y espacio público.
- _ Agua.
- _ Movilidad.
- _ Aire.
- _ Residuos sólidos.
- _ Cambio climático y energía.
- _ Temas transversales.
- _ Desarrollo institucional.

Tomando con mayor énfasis el apartado para residuos sólidos, ya que es la problemática a seguir para el estudio de alternativas, para el tratamiento de RSU. Asimismo se da a conocer la puesta en práctica del Plan Verde de la Ciudad de México, algunas acciones que destacan por el avance logrado durante el período de reporte son:

Programa de acción climática de la ciudad de México 2008-2012: pretende disminuir los riesgos ambientales, sociales y económicos derivados del cambio climático, así como promover el bienestar de la población a través de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Hoy no circula sabatino: considerando que los días sábados se presentan niveles de emisión similares a los de días laborales disminuyendo emisiones al medio ambiente.

Transporte escolar obligatorio: con el objetivo de contribuir al mejoramiento de la calidad del aire y la movilidad motorizada en el distrito federal, en el cual está enfocado a reducir el número de viajes escolares realizados en auto particular.

Programa de manejo sustentable del agua para la ciudad de México: en enero del 2008 se presentó este programa, con la finalidad de mejorar la infraestructura, el manejo adecuado y tratamiento del agua en la Ciudad.

Red de ciclovías: Programa que tiene como intención de promover el transporte no motorizado como alternativa para reducir emisiones, agilizar los desplazamientos e incentivar la actividad física y, por lo tanto, la salud y calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

Sistema de naturación de azoteas: los sistemas de naturación aplicados a escala nos permiten compensar las áreas verdes perdidas y generar beneficios ambientales y estéticos para la ciudad.

Edificaciones sustentables: Este programa nos da a entender que las nuevas construcciones, así como las existentes, necesitan ahorrar sus recursos y no desperdiciar estos mismos, como también reciclar.

1.6.2 Informe de trabajo de residuos sólidos del Distrito Federal (2008)

El distrito federal genera diariamente más de 12,500 toneladas de residuos sólidos, de los cuales 60% corresponde a residuos de tipo inorgánico y 40% a orgánicos. Se considera la inminente llegada del Relleno Sanitario Bordo Poniente al final de su vida útil, es indispensable contar con un sitio para la correcta disposición de residuos sólidos que mantenga la operatividad de los servicios públicos, sin la necesidad de otro relleno sanitario, sino nuevas políticas y tratamiento de los RSU, para la obtención de energéticos, como reciclaje de los residuos sólidos. Donde se menciona en el informe los avances que la Secretaría ha obtenido en el segundo año de gestión para instrumentar un sistema integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en el distrito federal.

1) Programa de manejo responsable de pilas y celulares usados

Se han adaptado contenedores temporales para el almacenaje de pilas en 280 Columnas Informativas y Turísticas, para el depósito de pilas de desecho. También se tiene un convenio entre la empresa Imágenes y Muebles Urbanos, Recall Internacional y la secretaria del medio ambiente (SMA), para ampliar el programa y poder acopiar y reciclar también teléfonos celulares usados.



Figura 2. Propaganda del Distrito Federal para el manejo responsable de pilas y celulares.

2) Programa de manejo adecuado de neumáticos usados

Se ha hecho un convenio para el manejo ambientalmente adecuado de neumáticos usados y de desecho, generados en el distrito federal, con el se dio inicio a la instalación de 18 centros de acopio, para atender la problemática del manejo de cerca de cinco millones de llantas que se comercializan anualmente en esta Ciudad, y el envío a cogeneración y a la industria del reciclaje, sin costo alguno para la población o el gobierno del distrito federal (GDF).

3) Plan de manejo de aceites lubricantes automotrices

El plan de manejo de aceites lubricantes automotrices usados, sigue en operación en 28 estaciones de servicio.

4) Desarrollo de un centro integral de reciclaje y energía (CIRE)

Se han realizado acciones para definir conceptualmente el proyecto, como un sistema de tratamiento de residuos sólidos donde se concentre lo mejor de las tecnologías y las experiencias internacionales para el aprovechamiento de los residuos.

5) Licencia ambiental única para el distrito federal

La Dirección General de Regulación Ambiental llevara un control de aquellas empresas que no cumplen con las obligaciones ambientales establecidas a través de la *Licencia Ambiental Única del Distrito Federal* en este caso, con la presentación del plan de manejo de residuos sólidos por parte de los grandes generadores y solicita se realicen las visitas de inspección y vigilancia.

6) Actualización del programa de gestión integral de los residuos sólidos para el Distrito Federal (2009-2013)

Tiene el objetivo de contemplar los aspectos de prevención y minimización de los residuos, el manejo, la valorización y aprovechamiento de los mismos y la prevención y control de la contaminación.

7) Educación ambiental: atención a escuelas

Se pretende que las escuelas del distrito federal se conviertan en espacios indispensables para realizar actividades educativas relacionadas con el manejo adecuado de los residuos sólidos, con Centros de Educación Ambiental.

8) Capacitación

Con el objetivo de contribuir al mejoramiento y manejo de los residuos, se ha capacitado sobre esto a funcionarios delegacionales, en relación con el manejo responsable de pilas y celulares usados que cuenten con elementos teóricos y prácticos para la toma de decisiones, capacitación a educadores y promotores ambientales, capacitación a personal de empresas, organizaciones civiles y sector académico con el objetivo de sensibilizar a la población sobre la problemática ambiental de la ciudad y la posibilidad de actuar para mejorar sus condiciones ambientales.

9) Elaboración y publicación del inventario de residuos sólidos del distrito federal

En la elaboración del inventario de RSU están participando las 16 Delegaciones, que son las responsables de implementar la recolección separada en el ámbito domiciliario.

El inventario será útil para dimensionar las tareas de cada participante; conocer el estado actual de la infraestructura de las Delegaciones, la composición y la proporción de la basura que produce cada generador; los avances en la recolección separada en cada Delegación; así como información general sobre los RSU. (4)

1.6.3 Objetivos del D.F en el tratamiento de RSU³

- Minimizar la generación y disposición final.
- Promover la separación en la fuente y recolección separada de residuos sólidos.
- Maximizar la valorización de los residuos y promover la responsabilidad compartida.
- Mejorar el manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en el distrito federal.
- Prevenir la contaminación de sitios por depósito de residuos sólidos.
- Implantar planes de manejo para generadores de alto volumen y de residuos de manejo especial.

1.6.4 La Economía en el DF

A pesar de ser el estado que territorialmente es el más pequeño de todo México, el D.F concentra no sólo la mayor cantidad de habitantes del país – 8.7 millones en 2005 – sino que además es la economía más grande y fuerte del país, al contribuir con el mayor porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB) en México con el 23% de aportación.

Además de captar el 64% de la inversión extranjera y mantener el PIB promedio per cápita más alto de México, tres veces por encima del promedio del resto de las entidades federativas.

Sede de los poderes del gobierno federal, de las oficinas centrales de muchas de las empresas que tienen negocios en el país y de un gran número de turistas, la economía de la capital mexicana se conforma en un 40% por la industria de servicios, en un 18% por el comercio, hoteles y restaurantes, en un 15% por servicios financieros e inmobiliarios y en un 12% por la industria manufacturera principalmente la de alimentos y bebidas, textil, papelería y automotriz.

Es importante mencionar que un muy alto porcentaje de la población económicamente activa está ocupada en el sector informal de la economía ejerciendo labores de comerciante en las calles, bolero, ropavejeros, vendedores de alimentos y artículos diversos.

Sólo el 0.3% de la población capitalina se dedica al sector primario de la economía, en donde destaca por ser el primer lugar nacional en producción de nopales, flores en general, geranio y noche buena. Además de ser uno de los principales productores de higos, verdolaga y brócoli.⁴⁴

1.6.5 Problemática ambiental en el D.F

Las grandes ciudades tienen problemas desde el origen por su alta concentración de pobladores, los cuales tienen un gran consumo influenciado por los medios de comunicación, donde prácticamente todos los hogares de la ciudad de México cuentan con un radio o una televisión, por lo que la penetración a través de estos medios es muy alta, también al hecho de arrojar la basura a las calles. Esto provoca la proliferación de insectos, roedores y microorganismos patógenos. Y agregando un mal sistema de gestión de las basuras, el resultado viene siendo un deterioro y depreciación del entorno debido a la contaminación del aire, del agua y del suelo.

Otros factores de la contaminación es la industrialización, donde el principal problema es nuestra cultura ambiental ya que sin importarnos tiramos basura a ríos, calles, bosques, etc. Esto ocasiona en la ciudad; 1) el bloqueo de coladeras y drenajes, lo que origina inundaciones urbanas en las épocas de lluvias; 2) el bloqueo de corrientes de agua provocando que los ríos se desborden; 3) el deterioro de lugares de recreación generan problemas sanitarios y ambientales; 4) una mala imagen urbana; 5) contaminación de cuerpos de agua o de consumo; 6) el salinamiento de suelos.; 7) la proliferación de fauna nociva y generación de malos olores; 8) la emisión de contaminantes al aire libre, tanto al desprenderse sustancias volátiles contenidas en los residuos, como al generarse gases debido a la fermentación de los residuos orgánicos, o por el arrastre por el viento de los residuos de distinta índole.

El Gobierno del Distrito Federal (GDF) no cuenta con un programa de recolección y separación ni con tecnología de vanguardia para el tratamiento de residuos sólidos urbanos. También el GDF tiene que soportar amenazas y presiones de un servicio caro e ineficiente porque no cuenta con un plan de contingencia para solucionar la suspensión del servicio de limpieza y recolección.

La utilización del relleno sanitario aun es utilizada en la ciudad de México, como también el mal uso de la incineración de los residuos sin tener equipos adecuados de uso, estos tratamientos hoy en día ya no útiles ni menos una solución en el D.F por tal motivo se tienen que cambiar estos tipos de tratamientos.⁴⁵

Con todo estos problemas desde los últimos 25 años se ha realizado regulación ambiental, donde México ha sufrido una serie de cambios importantes que se han reflejado en la creación de leyes, instituciones jurídicas nuevas, dependencias gubernamentales, organismos no gubernamentales, acuerdos internacionales y regionales, que buscan la solución de los problemas ambientales desde el punto de vista jurídico y con la aplicación de la ley como un instrumento efectivo para el logro de los objetivos ambientales en general.

La regulación ambiental, se puede resumir en una toma de conciencia respecto a los problemas ambientales, que ha evolucionado a través de los años. Como la contaminación atmosférica que alarmo desde la década de los 70's debido en parte a la ubicación geográfica de la Ciudad de México la cual esta rodeada de montañas.⁴⁶

1.7 Plan de manejo de RSU en el D.F⁴⁸

El plan de manejo, es el instrumento de gestión integral de los residuos sólidos, que contiene el conjunto de acciones, procedimientos y para facilitar el acopio y las disposiciones de productos de consumo que al desecharse se conviertan en residuos sólidos. Entre los principales objetivos de los planes de manejo se encuentran: el fomentar la minimización de la generación de los residuos; promover la responsabilidad compartida de los productores, distribuidores y comercializadores; realizar la separación en la fuente, la recolección separada de residuos y fomentar el reciclaje de los residuos sólidos, con el objeto de reducir el volumen de los residuos que actualmente van a disposición final.

Todo generador de residuos sólidos en el D.F, deberá separar sus residuos en las fracciones orgánica e inorgánica para entregarlos al servicio de limpia, al prestador privado de servicios de recolección o al reciclado o acopiador.

Deberán presentar su plan de manejo, los organismos públicos y privados, órganos desconcentrados, delegaciones, entidades de la administración pública y personas físicas y morales que generen residuos sólidos urbanos de alto volumen (más de 50 [kg/d]), los que generen residuos sólidos de manejo especial, así como aquellos establecimientos mercantiles, industriales o de servicios que se dediquen a la reutilización o reciclaje de los residuos sólidos.

La presentación de los planes de manejo tiene su fundamento legal, en los artículos 23, 32, 55 y 59 fracción III de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal; los cuales se transcriben a continuación.

Artículo 23. Las personas físicas o morales responsables de la producción, distribución o comercialización de bienes que, una vez terminada su vida útil, originen residuos sólidos en alto volumen o que produzcan desequilibrios, significativos al medio ambiente, cumplirán, además de las obligaciones que se establezcan en el Reglamento, con las siguientes:

I. Instrumentar planes de manejo de los residuos sólidos en sus procesos de producción, prestación de servicios o en la utilización de envases y embalajes, así como su fabricación o diseño, comercialización o utilización que contribuyan a la minimización de los residuos sólidos y promuevan la reducción de la generación en la fuente, su valorización o disposición final, que ocasionen el menor impacto ambiental posible;

II. Adoptar sistemas eficientes de recuperación o retorno de los residuos sólidos derivados de la comercialización de sus productos finales; y

III. Privilegiar el uso de envases y embalajes que una vez utilizados sean susceptibles de valorización mediante procesos de reciclaje.

Artículo 32. Los residuos de manejo especial estarán sujetos a planes de manejo conforme a las disposiciones que establezca esta Ley, su reglamento y los ordenamientos jurídicos de carácter local y federal que al efecto se expidan para su manejo, tratamiento y disposición final.

Los generadores de residuos de manejo especial deberán instrumentar planes de manejo, mismos que deberían ser autorizados por la Secretaría.

Artículo 55. Los productores y comercializadores cuyos productos y servicios generen residuos sólidos susceptibles de valorización mediante procesos de reciclaje realizarán planes de manejo que establezcan las acciones para minimizar la generación de sus residuos sólidos, su manejo responsable y para orientar a los consumidores sobre las oportunidades y beneficios de dicha valorización para su aprovechamiento.

Artículo 59. Todo establecimiento mercantil, industrial y de servicios que se dedique a la reutilización o reciclaje de los residuos sólidos deberán:

I. Obtener autorización de las autoridades competentes;

II. Ubicarse en lugares que reúnan los criterios que establezca la normatividad aplicable;

III. Instrumentar un plan de manejo aprobado por la Secretaría para la operación segura y ambientalmente adecuada de los residuos sólidos que valore;

IV. Contar con programas para prevenir y responder a contingencias o emergencias ambientales y accidentes;

V. Contar con personal capacitado y continuamente actualizado; y

VI. Contar con garantías financieras para asegurar que al cierre de las operaciones en sus instalaciones, éstas queden libres de residuos y no presenten niveles de contaminación que puedan representar un riesgo para la salud humana y el ambiente.

1.8 Recolección, transferencia, selección y disposición final en el D.F.⁴⁹

Uno de los servicios que contribuye el Gobierno de la Ciudad de México es el manejo de los residuos sólidos, los que incluyen una diaria recolección, la transportación a las estaciones de transferencia, posteriormente a las plantas de selección y por último al sitio de disposición final. Con el propósito de mejorar la eficiencia en la prestación del servicio, el GDF además de la operación de la infraestructura y del equipamiento utilizado en el manejo y control de estos residuos, desarrolla programas para su mantenimiento y ampliación.

1.8.1 Recolección

En la Ciudad de México se generan diariamente alrededor de 12,000 toneladas de residuos sólidos, las cuales son recolectadas por medio de un parque vehicular integrado por 2 mil 90 unidades recolectoras, con distintas capacidades que van de los 0.5 hasta los 18 m³ dependiendo del tipo de contenedor que transporten o del tipo de vehículo y una plantilla de personal de más de 17 mil trabajadores de las 16 delegaciones del D.F.

1.8.2 Transferencia

La Ciudad de México cuenta con 13 estaciones de transferencia, que son instalaciones intermedias entre las diversas fuentes generadoras de residuos sólidos y las plantas de selección o el sitio de disposición final; su objetivo principal es incrementar la eficiencia del servicio de recolección, en la medida que los vehículos recolectores reducen los tiempos para la descarga de sus residuos, ya que en vez de trasladarse hasta las plantas de selección o los sitios de disposición final, recurren a la estación de transferencia ubicada en su demarcación o bien, a la más cercana a su ruta de trabajo, para descargar sus residuos en los tracto camiones que transportan un volumen equivalente a cuatro o Cinco camiones recolectores, ya sea a las plantas de selección o al sitio de disposición final. Esta operación permite que los vehículos de recolección se incorporen nuevamente a sus rutas durante la jornada de trabajo.

1.8.3 Selección

El Distrito Federal cuenta actualmente con tres plantas de selección de residuos urbanos mezclados, con capacidad instalada conjunta de 6,500 toneladas por día. Estas plantas se ubican en Bordo Poniente, San Juan de Aragón y Santa Catarina.



Figura 3. Plantas de tratamiento de RSU en el DF.

La organización y operación de las plantas se realiza de manera coordinada entre el GDF (la Dirección General de Servicios Urbanos, de la Secretaría de Obras y Servicios) y los gremios de selectores (antes pepenadores); en estas instalaciones se recuperan más de 20 materiales reciclables que son comercializados en la Ciudad de México y sus alrededores por los gremios de selectores; el material no recuperado o rechazado, se transporta al sitio de disposición final bordo poniente.

Los principales materiales recuperados son: Aluminio traste, macizo, chatarra, perfil, bote aluminio, bote ferroso, fierro, lámina metálica, cobre, alambre, botellas de refresco y cerveza, vidrio ámbar, transparente y verde, cartón, todo tipo de papel, periódico, PVC, PET, plástico rígido o nylon y vinil, entre otros.

1.8.4 Planta de Composta

La planta de composta está ubicada en el sitio Bordo Poniente IV Etapa; recibe actualmente residuos orgánicos de poda de los programas operados por la Dirección General de Servicios Urbanos, de la Secretaría de Obras y Servicios, Comisión Federal de Electricidad y una fracción de residuos provenientes del área de flores y hortalizas de la Central de Abasto. Tiene una capacidad instalada de 200 [ton/día] y el producto obtenido es utilizado como mejorador de suelos de camellones y áreas verdes de la red vial primaria.

1.8.5 Disposición Final

En la construcción de los sitios de disposición final, previo al inicio del depósito de materiales, se coloca una geomembrana de polietileno de alta densidad, que funge como impermeabilizante para evitar la filtración de lixiviados a los mantos freáticos e incluso al acuífero. Los lixiviados son líquidos altamente contaminantes, producidos por la circulación de agua -generalmente la de lluvia- en la basura y también al disolverse algunos elementos contenidos en ésta. En los sitios de disposición final, los residuos sólidos son confinados en forma segura y controlada, en espacios que al saturarse son reforestados y se convierten en áreas verdes destinadas a la recreación.

La Dirección General de Servicios Urbanos es la responsable de la disposición final de los residuos sólidos generados en el Distrito Federal, teniendo actualmente como único sitio para tal fin el relleno sanitario bordo poniente IV etapa, el cual se ubica en el área del antiguo lago de Texcoco, en terrenos pertenecientes a la Comisión Nacional del Agua. Se cuenta en este sitio con una planta de tratamiento para lixiviados.

1.8.6 Ampliación de la vida útil del relleno sanitario de borde poniente.

En el relleno sanitario bordo poniente se disponen de manera segura y controlada los residuos sólidos generados en la Ciudad, desechos de la industria de la construcción y residuos sólidos provenientes de municipios aledaños del Estado de México, incluyendo el rechazo de las plantas de selección, mediante acciones de empuje, extendido, nivelación, compactación y cobertura de los mismos con tepetate; extracción y acarreo de lixiviados; riego de caminos y de los frentes de trabajo con agua tratada; tendido de material inerte en las coronas y su renivelación y la construcción de caminos utilizando material de balasto y fresado de carpeta asfáltica, para facilitar la circulación de vehículos en el interior del sitio.

Resumen.

En este capítulo de Introducción y Antecedentes, se da a conocer la problemática que cuenta actualmente la humanidad para combatir la contaminación, que cada día aumenta en proporciones significativas, enfocándose más en la Ciudad de México, donde el problema de los residuos sólidos urbanos ha tenido un gran impacto en nuestro entorno.

Posteriormente se dan a conocer los objetivos los cuales pretenden dar una solución al problema de los residuos sólidos en la Ciudad de México.

En los Antecedentes se explica el origen de la contaminación en gran medida desde el crecimiento poblacional, como la creación de industrias, esto sin controlar estos desechos generados por las nuevas tecnologías. Dando a conocer algunos tratamientos para los residuos sólidos urbanos según el proceso que involucra sea Químico, Físico, Biológico o Térmico, y con forma al propósito de tratamiento sea reciclaje, recuperación de energía o por agentes infecciosos-contagiosos, donde se describieron brevemente cada uno de estos tratamientos.

El sistema de manejo de residuos sólidos se maneja en generación, transporte, tratamiento, disposición, control y supervisión. El Primer Código Sanitario elaborado por el Consejo Superior de Salubridad, control de estos residuos, surgió en México en el año 1891, donde se puede afirmar que ya se tienen medidas para combatir con la contaminación donde surgieron otros proyectos mas adelante para combatir la contaminación, surgen secretarías para la protección del medio ambiente.

Donde nuestra economía como país nos dice que somos capaces de alcanzar grandes cosas y tener la infraestructura de primer mundo, tomando también en cuenta que la economía en el la Ciudad de México es una de la que genera mayor producto Interno Bruto (PIB), en el país.

En la Ciudad de México este problema es mayor no solo por sus costumbres y la gran urbanización que hay en esta Ciudad si no porque sus características geográficas no son las mas adecuadas. Por eso se han desarrollado programas y sanciones para combatir el mal manejo de estos desechos, donde se dan a conocer informes de trabajo del tratamiento de los residuos sólidos, donde es mismo gobierno establece objetivos.

Algunos otros problemas ambientales que dañan a la Ciudad de México sean problemas de drenaje, mala imagen, contaminación de cuerpos de agua, pero grandes aspectos de este daño es por una mala cultura de los ciudadanos donde debería de haber una toma de conciencia.

Existe un plan para el manejo de los residuos sólidos donde explican que se deben separar los desechos orgánicos e inorgánicos en nuestros hogares, como reducir nuestros desechos diarios, tener otra tecnología de envases, tener el uso de reciclar, especificaciones para la gente de la industria y mercantiles.

[Introducción y Antecedentes]

La Ciudad de México maneja los desechos sólidos en recolección, transferencia, selección y disposición final. Cada una de estas tiene su importancia para mantener limpia la Ciudad, con 2 mil 90 unidades recolectoras, 13 estaciones de transferencia de residuos donde se generan 12,000 , con 3 plantas de tratamientos de residuos sólidos, una planta de composta y la disposición final en bordo poniente el cual ya esta mas de su capacidad donde aun esta en uso por su ampliación en u vida útil mediante acciones de empuje, extendido, nivelación, compactación y cobertura de los mismos con tepetate; extracción y acarreo de lixiviados.

2. Nuevas Tecnologías

En el D.F se concentra casi la octava parte de residuos sólidos que se generan en el país. Esta gran cantidad produce desequilibrios en el medio ambiente lo que la mayoría de las personas que vivimos en la ciudad desconocemos, por otro lado el gran manejo de estas cantidades resulta un gran problema y mayores costos económicos para los gobiernos de la ciudad.

A partir de la nueva ley del 2004 de residuos sólidos del D.F obligaba a separar nuestros residuos orgánicos e inorgánicos pero aun no se ha podido tener esta costumbre de separar la basura, siguiendo en las mismas condiciones de deterioro ambiental.

La mayor generación de residuos sólidos sale de nuestros hogares. Se estima que el 47% provienen de hogares, el 29% de comercios, de los servicios el 15%, de los controlados el 3% y otras actividades el 3%.

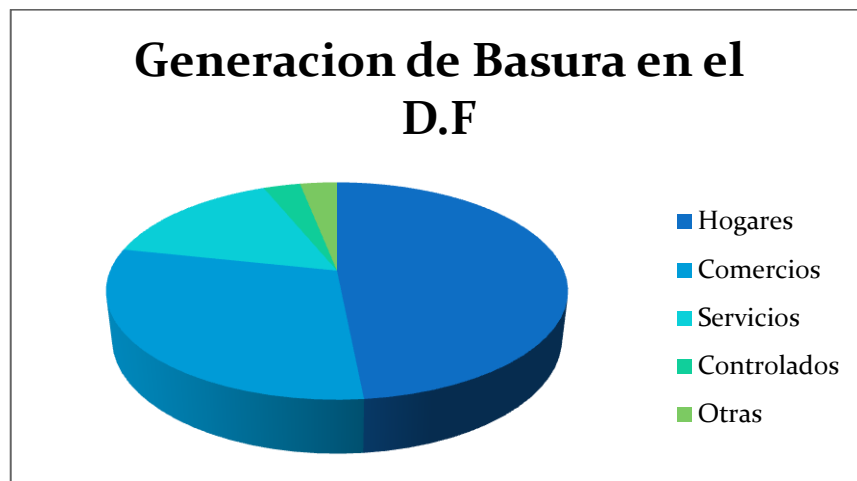


Figura 3. Grafica de la generación de basura en el D.F

De toda esta basura el 94% se recolecta la demás son arrojados a barrancas, lotes baldíos, etc.

2.1 Características de los métodos convencionales de RSU.

Actualmente ya no es suficiente el tratamiento de residuos sólidos urbanos con los métodos convencionales que son incineración masiva, composteo y relleno sanitario, los cuales resultan costosos, difíciles e ineficientes. El incremento en la población también refleja un incremento en los desechos, por lo cual se han buscado nuevos métodos en el tratamiento de RSU y nuevas máquinas para el tratamiento de estos mismos, esto sin la necesidad de contaminar los subsuelos, el agua, emitir gases tóxicos o cualquier acción que dañe nuestro entorno en la Naturaleza.

Los procesos de tratamiento por incineración, aprovechamiento de subproductos y producción de composta en México no han tenido el resultado esperado. Por tal motivo la mayoría de ellos han cesado sus operaciones por falta de mercado, altos costos de operación y mala calidad del producto terminado.

La incineración es un proceso en el cual se calientan a altas temperaturas los desechos reduciéndolos un 90 % de su tamaño y peso, pero si no se tiene el manejo adecuado en la separación o no se alcanzan las temperaturas adecuadas se llega a una contaminación atmosférica muy grave, entre otras desventajas tiene el costo muy elevado y no se recupera en muchos años, los incineradores son también una fuente principal de contaminación con mercurio y metales pesados. Teniendo en cuenta que actualmente se utiliza la incineración pero a pequeña escala y controlada con los equipos necesarios para reducir la contaminación atmosférica, puede llegar a hacer una buena opción.

Los rellenos sanitarios no son una alternativa viable, ya que son insustentables y ambientalmente problemáticos, su principal función es la disposición de residuos sólidos urbanos en un área específica, la cual va a tener una geomembrana para evitar la contaminación al subsuelo, se va a llenar cada zanja con los desechos sólidos haciendo varias formaciones, y estas van a ser enterradas generando biogás por la descomposición anaerobia de los desechos. El relleno sanitario tiene muchas desventajas principalmente la contaminación visual, como posibles o eventuales contaminaciones en aguas subterráneas y superficies cercanas, una sobre saturación del relleno, una bomba de gas butano, obstrucciones en las tendencias del crecimiento de la población, etc.

El tratamiento de residuos sólidos por composteo es muy limitado por qué consiste sólo en la descomposición de residuos orgánicos, así como también el espacio disponible requerido, el clima muy frío como desventaja, el proceso se alarga debido a las bajas temperaturas, si se pueden ser utilizados como fertilizantes, tarda mucho tiempo para el composteo, etc.

La separación manual de los residuos sólidos es otro método aun usado que ocurre después de la recolección. Este método no es muy recomendado al presentar problemas de salud y seguridad porque los materiales a recuperarse ya se han mezclados con otros desechos contaminados causando problemas en la salud (Ver tabla 1).

[Nuevas Tecnologías]

Tratamiento	Ventajas	Desventajas
Relleno Sanitario	<p>1-Es con frecuencia el sistema de eliminación de desechos sólidos más económico.</p> <p>2- La inversión inicial es baja comparada con la de otros métodos de eliminación.</p> <p>3- En el relleno sanitario se puede eliminar toda clase de basuras.</p>	<p>1-Posible dificultad de conseguir el terreno adecuado.</p> <p>2- Facilidad de transformarse en botadero abierto.</p> <p>3-Necesita permanente supervisión</p>
Incineración	<p>1-Posibilidad de recuperación de energía.</p> <p>2- Posibilidad de tratamiento de numerosos tipos de residuos.</p> <p>3- Posibilidad de implantarlo cerca de núcleos urbanos.</p> <p>4- Es necesaria poca superficie de terreno.</p> <p>5- Reduce el volumen de residuos un 90% - 96%.</p> <p>6- Elimina contaminantes tóxicos.</p>	<p>1- Vertedero para el depósito de cenizas procedentes de la incineración.</p> <p>2- Se generan gases contaminados.</p> <p>3- Necesitan un aporte de energía exterior para su funcionamiento.</p> <p>4- Baja flexibilidad para adaptarse a variaciones estacionales de la generación de residuos.</p> <p>5- La inversión económica y los costes del tratamiento son elevados.</p> <p>6- Posibilidad de averías, por lo que se necesita un sistema alternativo de tratamiento.</p>
Compostaje.	<p>1- Ahorro en abonos.</p> <p>2- Ahorro en recogida de basuras.</p> <p>3- Reducción de la contaminación.</p> <p>4- Mejora de la salud de la tierra y de las plantas.</p>	<p>1-Se pueden producir gases con olores desagradables si el proceso no es bien dirigido.</p> <p>2-Se requiere de espacio y organización.</p> <p>3-Pueden producirse contaminación de aguas por arrastre de las sustancias más solubles</p> <p>4-Solo se puede utilizar para residuos orgánicos.</p>

Separación Manual	1-Se tiene un mayor control de lo que se separa. 2-Reciclaje del material separado 3-Se da trabajo a personas	1-Problemas de Salud 2-Mal manejo del los desechos por parte de los pepenadores. 3-No se puede separar los residuos eficientemente. 4-Proceso Lento.
-------------------	---	---

Tabla 1. Ventajas y Desventajas de los tratamientos convencionales de residuos sólidos urbanos.

Con todas estas desventajas en los tratamientos convencionales es necesario buscar nuevas formas de manejar los desechos, por lo cual se analizaron en el siguiente tema algunos casos de tratamiento de mayor actualidad y tecnología de vanguardia de los residuos.

2.2 Análisis económico de tratamientos de RSU más comunes

Hay diferentes tipos de tratamientos de residuos sólidos urbanos, los he comentado en los primeros capítulos de esta tesis, pero hay unos que son más comunes o de mayor uso en nuestras ciudades como: Vertederos, Incineradores, Compostaje, etc. Por lo cual es recomendable hablar de estos tratamientos en el ámbito económico.

Económicamente, un vertedero puede contemplarse desde varios puntos de vista: En primer lugar, desde los ciudadanos que viven cerca de un vertedero, este constituye una externalidad negativa.

El precio de las viviendas cercanas a un vertedero será inferior a causa de esta cercanía y, por tanto, el mercado de viviendas se encarga de internalizar este efecto externo. La resistencia de todos los ciudadanos a la construcción de instalaciones molestas, en los alrededores de su vivienda es un hecho, por lo cual no se podría ver una recuperación a la inversión.

En segundo lugar, desde el punto de vista del organismo que gestiona los residuos, la construcción de un vertedero puede considerarse como un gasto de inversión, teniendo en cuenta que el vertido es una alternativa para eliminar los residuos que permite ahorrar el costo de emplear otros métodos de tratamiento. Por último, los vertederos se pueden entender como recursos naturales agotables.

La incineración de residuos permite reducir considerablemente el peso y el volumen de las basuras de modo casi inmediato, sin que sea preciso el almacenamiento de los residuos, durante largos periodos de tiempo, en vertederos o almacenes y requiere poco terreno en comparación con el necesario para la instalación de vertederos.

Es un método económicamente costoso al requerir una elevada inversión inicial para su instalación y unos elevados costos operacionales, dado que la técnica de explotación es muy especializada para tratar la emisión de sustancias nocivas a la atmósfera, aspecto este último que la ha hecho especialmente impopular entre los grupos ecologistas.

Igual que sucede con los vertederos, la instalación de una planta incineradora suele provocar rechazo en el vecindario y reducir el valor de las viviendas circundantes.

El reciclaje es un método que ha sido objeto de una creciente popularidad en los últimos años gracias a sus ventajas económicas y ambientales, que son básicamente de dos tipos: en primer lugar, los materiales reciclados permite ahorrar recursos naturales escasos. Además, el reciclaje permite realizar un tratamiento de los residuos más limpio que otras alternativas y reducir la ocupación del espacio de los vertederos.

Algunos autores han señalado que la popularidad del reciclaje puede inducir a su sobreutilización más allá de los límites económicamente racionales, obedeciendo a motivos de imagen u opinión pública. Junto a sus ventajas, el reciclaje también implica costos y posee ciertos inconvenientes.

El compostaje se puede considerar como un tipo particular de reciclaje que consiste en la descomposición de la materia orgánica contenida en los RSU para obtener el «abono orgánico» o compost, material rico en nutrientes y oligoelementos, que produce efectos muy beneficiosos sobre la tierra, como regular la compactación del suelo, favorecer el abonado químico, aumentar la capacidad de retención de agua por el suelo, proporcionar elementos nutritivos para la tierra y aumentar el contenido de materia orgánica del terreno. Además, permite reducir el contenido de residuos biodegradables y, por tanto, la generación de gases y lixiviados que se produce en los vertederos.

No es posible catalogar uno de los métodos de tratamiento de los residuos como indiscutiblemente superior al resto en todos los casos, ni descartar por completo el empleo de ninguno de ellos. La reducción en origen es una valiosa estrategia para reducir el volumen de residuos y los costos de tratamiento, pero su alcance es limitado y, a partir de cierto umbral, una reducción adicional puede suponer un incremento no asumible en el costo.

El reciclaje y el compostaje permiten recuperar determinados materiales, pero hay otros que no se pueden reciclar ni recuperar y otros cuyo reciclaje es tan costoso que no resulta rentable.

La incineración permite reducir el volumen de residuos, pero genera un resto irreductible y además tiene implicaciones ambientales que obligan a emplearla con cautela. En cuanto a los vertederos, su empleo es potencialmente ilimitado, pero los costos económicos y ambientales derivados de un vertido indiscriminado serían ineficientemente elevados. En general, la solución óptima requiere alguna combinación de los distintos métodos disponibles.

La combinación racional de diferentes métodos, contemplada conjuntamente y ordenada jerárquicamente, se suele denominar gestión integral de los RSU. El concepto de jerarquía denota una priorización de los métodos según criterios de optimización económica y ambiental. Tal vez la jerarquía más conocida es la establecida en EE.UU por la EPA (Environmental protection agency), que sigue la siguiente ordenación:

1. Reducción en origen.
2. Reciclaje.
3. Incineración (preferentemente con recuperación de energía) y vertido.

De modo que la primera opción consiste en reutilizar y reducir los residuos mientras sea posible. Una vez que esta primera opción ya no es aplicable, la siguiente opción preferible es el reciclaje de materiales, incluyendo el compostaje

2.3 Soluciones Económicas de RSU

La necesidad de reducir la generación de residuos al nivel de los consumidores y las empresas es de vital importancia. Por su parte, los orientados a reducir los costos de la eliminación de residuos e incentivar la recuperación, por medio del reciclaje, de materiales que pueden sustituir a la extracción de recursos naturales para la producción deben ser incentivados o en dado contrario deberán pagar impuestos y procesos de calidad en el envasado de los productos de cada uno de ellos.

El valor fundamental en que se apoya es la salud pública: los RSU tienen que ser retirados como medida para prevenir la difusión de enfermedades contagiosas, a la vez que se evitan los olores y las molestias que ocasionan los residuos. Se acepta el principio de que todo ser humano tiene derecho a generar y eliminar todos los residuos que desee o que precise. Las pautas más importantes que caracterizan son las siguientes:

- Los municipios están encargados de recoger las basuras con una frecuencia apropiada y deshacerse de ellos, utilizando los medios pertinentes, sin riesgo para la salud pública y ocasionando las menores molestias posibles. Los municipios están obligados a aceptar todos los residuos que se depositen o entreguen.
- Los costos finales ocasionados por estos servicios de recolección y eliminación deben recaer sobre las economías domésticas y las empresas.

- El método de tratamiento mayoritariamente empleado es el vertido. La incineración y el compostaje sólo se utilizan en algunas zonas muy pobladas. En algunos sectores industriales y comercios se utiliza el sistema de depósito y reembolso, pero únicamente porque resulta rentable desde el punto de vista económico. El reciclaje es una actividad ligada a la pobreza (algunas personas, para ganarse la vida, se dedican a recoger restos de comida, papeles, ropas, etc.).
- El ayuntamiento tiene todas las competencias en la gestión de los RSU.

Los principios y fundamentos proceden principalmente de ambientalistas y de activistas en los movimientos sobre medio ambiente y energía. El valor fundamental en que se apoya es la gestión responsable de los recursos naturales y ambientales.

Una observación básica de partida en estos tiempos, es la existencia de claros desequilibrios entre el metabolismo físico de nuestras economías y el del medio natural en el que estas economías están insertadas: en cuanto a la función del medio ambiente como proveedor de factores productivos, además del agotamiento de los recursos, la exploración y extracción de los mismos también genera un impacto ambiental negativo. En cuanto al medio ambiente como sumidero de residuos generados por la actividad económica, el vertido y la incineración causan riesgos inaceptables.

También otros sistemas de tratamiento como el compostaje o el combustible obtenido a partir de los residuos suponen riesgos similares. Hace falta, por tanto, una gestión integral del flujo completo de materiales y sustancias. Con base a lo siguiente se encuentran los tres principios siguientes:

- Principio de prevención. Sólo materiales con propiedades análogas a las de la tierra o materiales con nutrientes aprovechables deben ser devueltos a la tierra. En ocasiones este principio también se denomina emisiones cero.
- Principio de precaución. La sociedad sólo puede autorizar actividades para las que exista la seguridad de que no constituyen riesgos significativos para los seres humanos y el medio natural.
- Principio de responsabilidad ampliada del productor. Asigna la responsabilidad de los residuos procedentes del consumo a los agentes económicos que producen los bienes y a los que intervienen en el transporte o el comercio de los mismos.

2.3.1 La gestión económica de los RSU⁴⁷

El medio ambiente tiene tres funciones económicas: como proveedor de factores productivos en forma de materiales o de energía, como fuente de servicios de ocio y bienestar (mejorando la calidad de vida, permitiendo el disfrute de parajes naturales, agua y aire limpios, etc.) y como sumidero de residuos generados por la actividad económica.

En los años 70's, las crisis del petróleo generaron una preocupación asociada principalmente a la primera función.

Mientras el descubrimiento de nuevos yacimientos de recursos y el avance tecnológico fue mitigando en parte esta preocupación, el aumento de la contaminación en sus diversas formas suscitó un nuevo motivo de interés asociado con la segunda y tercera funciones, ambas directamente relacionadas con la calidad ambiental y, por tanto, con la generación y emisión de residuos al medio natural.

Un residuo es algo que carece de valor de uso, y por tanto, de valor de cambio. Más aun, como los desperdicios resultan molestos, y estamos dispuestos a pagar para que nos libren de ellos, podemos concluir que tienen un valor negativo, es decir, son un mal.

La concentración demográfica, en los núcleos urbanos provoca, la necesidad de adoptar métodos de gestión sostenibles, incluyendo como un aspecto esencial el debido tratamiento o eliminación de las basuras.

En sentido estricto, la gestión de residuos se suele definir como el conjunto de operaciones encaminadas a dar a los residuos producidos en una zona determinada, el destino más adecuado desde el punto de vista económico y ambiental, según sus características, volumen, procedencia, posibilidades de recuperación y comercialización, costo de tratamiento y normativa legal.

Esta definición se vincula naturalmente con lo que podemos llamar un «enfoque post-consumo» de la gestión de RSU, que consiste en tomar como dada la cantidad y composición de residuos generados y establecer la combinación más apropiada de métodos para su tratamiento.

La gestión propiamente dicha se puede dividir en cuatro fases diferenciadas:

- La pre-recogida consiste en el debido almacenamiento, manipulación, clasificación y presentación de los residuos en condiciones adecuadas para su recolección y traslado.
- Las fases de recogida y transporte suelen ser las más costosas y requieren una cuidada planificación.
- El tratamiento incluye las operaciones encaminadas a la eliminación o al aprovechamiento de los materiales contenidos en los residuos.

2.4 Nuevos tratamientos de para los residuos sólidos

El tratamiento es la etapa final del proceso y la de mayor importancia. Si los residuos vienen separados desde el origen, como es el caso del papel o el vidrio, se dirigen a la planta de reciclado. Si vienen juntos, como es el caso de los envases, hay que separar según su naturaleza.

Idéntico proceso se realiza con la bolsa de materia orgánica pero existen residuos de otra naturaleza debido a errores o a la fracción decreciente de personas que no separan correctamente sus residuos.

El proceso de selección se realiza mediante diversos sistemas:

- Metales férricos. (Por medio de campos magnéticos)
- Metales no férricos. (Tiraje manual y por corrientes de Foucault)
- Papel y cartón. (Se seleccionan por tiraje manual)
- Plásticos duros. (Por tiraje manual)
- Plástico film. (Mediante sistemas neumáticos)
- Vidrio de color. (Por tiraje manual)
- Vidrio blanco. (De igual modo)
- Materia orgánica. (Es el sobrante de los procesos anteriores)

Una vez separados los residuos hay que realizar su tratamiento, que se aplicará según la naturaleza y estado de los residuos.

Algunas tecnologías en el tratamiento de RSU que existen actualmente son:

2.4.1 Proceso de oxidación térmica⁶

El proceso, basado en la oxidación térmica y gasificación de residuos, es un método puntero en la reducción de residuos médicos, industriales y municipales, desde su forma original de depósito hasta conseguir un pequeño volumen (aproximadamente un 5%) de metales reciclables y aluminio, vidrio y cenizas finas e inertes. Ello representa una reducción de volumen del orden del 95%, y en la mayoría de aplicaciones, donde se produce el reciclado de vidrio, metales y cenizas.

El sistema no necesita separación previa de los residuos entrantes. Los residuos municipales, neumáticos de coches y camiones, aceites, residuos médicos, papeles industriales y plásticos etc. pueden depositarse directamente en el sistema. Las Partículas en suspensión como: Monóxido de Carbono, Óxidos Nitrosos, Azufre y otras emisiones químicas, han resultado mucho menores.

En los sistemas de oxidación térmica se produce la depuración de emisiones contaminadas con compuestos orgánicos volátiles (COV), en base al calentamiento de los gases a tratar, normalmente hasta unos 750 – 850[°C], durante 0,5-1[s], de manera que los compuestos orgánicos se oxidan drásticamente.

2.4.1.2 Operación del sistema TOPS

El proceso comprende una primera etapa de combustión, donde el desecho se quema en una dirección arriba a abajo. Un primer flujo de aire fijo de volumen predeterminado pasa de arriba a abajo del desecho. Un segundo flujo de aire modulado de volumen menor predeterminado pasa sobre el desecho y a través de la flama de combustión. El proceso comprende además una segunda etapa de combustión en donde los productos de combustión de la primera etapa se exponen a condición es de temperatura alta, durante un periodo corto bajo condiciones de aire estequimétricas globales de 135 a 200%.

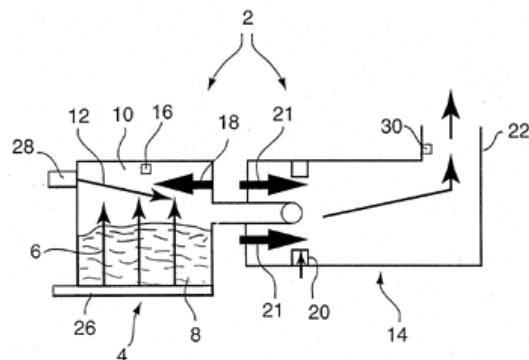


Figura 4. Esquema del proceso de oxidación térmica⁷

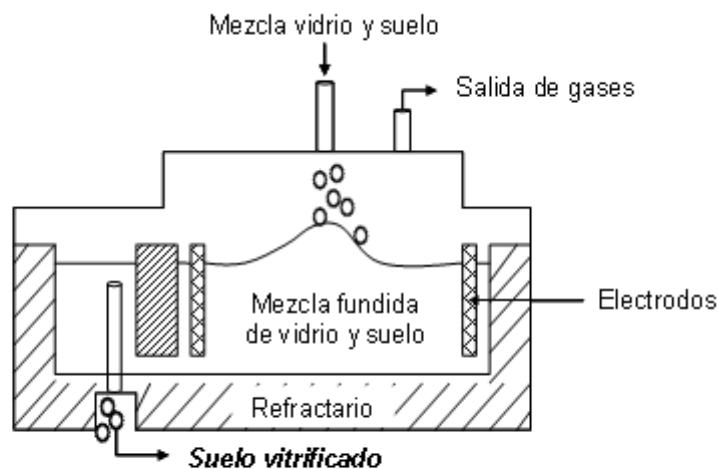
2.4.2 Vitrificación⁸

La vitrificación es el proceso de conversión de un material en un sólido amorfo similar al vidrio, carente de toda estructura cristalina. Esto se consigue por medio de calentamiento o enfriamiento muy rápido o mediante la mezcla con un aditivo. El proceso debe ser lo más rápido o instantáneo posible.

Cuando el material de partida es sólido, la vitrificación normalmente conlleva el calentamiento de la sustancia a muy altas temperaturas. Se expone la manera en que los residuos pueden ser utilizados como materias primas secundarias, o bien directamente como materiales para la construcción.

Aplicaciones:

- Vitrificación de cenizas volantes de incineradoras de RSU.
- Vitrificación superficial o total.
- Vitrificación-incineración.
- Vitrificación de residuos de alta toxicidad.
- Tratamiento de residuos nucleares.
- Generación y aprovechamiento de escorias.
- Caracterización de cenizas volantes.
- Polvos de acería.
- Recuperación de Zn y Pb: el sistema Waelz.
- Vitrificación por plasma.
- Vitrificación "in situ". Residuos y vitrocerámicos.



Fuente: Posajek 1982.

Figura 5. Proceso de vitrificación

2.4.3 Biodrying⁹.

Es el proceso por el cual los residuos biodegradables se calientan rápidamente a través de las etapas iniciales de compostaje para eliminar la humedad de un flujo de residuos y por lo tanto reducir su peso total. En el proceso las tasas de secado se ven aumentadas por el calor biológico, además de aireación forzada. La mayor parte del calor disponible a través de la degradación aeróbica de la materia orgánica, se utiliza para evaporar el agua superficial y de la envolvente asociado con la mezcla de lodos. Esta generación de calor ayuda a reducir el contenido de humedad de la biomasa, sin necesidad de suplementarios de combustibles fósiles, y con un consumo mínimo de electricidad. Puede tomar tan sólo ocho días para el secado. Esto permite reducir los costos de eliminación, si los vertederos se cargan en una base de costo por tonelada.

El Biodrying puede ser utilizado como parte del proceso de producción de combustibles derivados de basuras. Sin embargo, no en gran medida efecto de la biodegradabilidad de los residuos, y por lo tanto, no es estabilizado. Todavía se descomponen en un vertedero para producir gas del mismo y, por tanto, potencialmente, contribuir al cambio climático. Si bien es cada vez más comercial el tratamiento mecánico biológico (MBT), aun es todavía objeto de investigación en marcha y desarrollo.

2.4.4 Gasificación¹⁰

La gasificación es un proceso termoquímico en el que un sustrato carbonoso (residuo orgánico) es transformado en un gas combustible de bajo poder calorífico, mediante una serie de reacciones que ocurren a una temperatura determinada en presencia de un agente gasificante (aire, oxígeno y/o vapor de agua).

La elección del método para llevar a cabo el proceso de gasificación depende de varios factores como el tamaño y forma del residuo, el aprovechamiento de la energía del gas producido que vaya a hacerse y, por supuesto, de los condicionantes económicos.

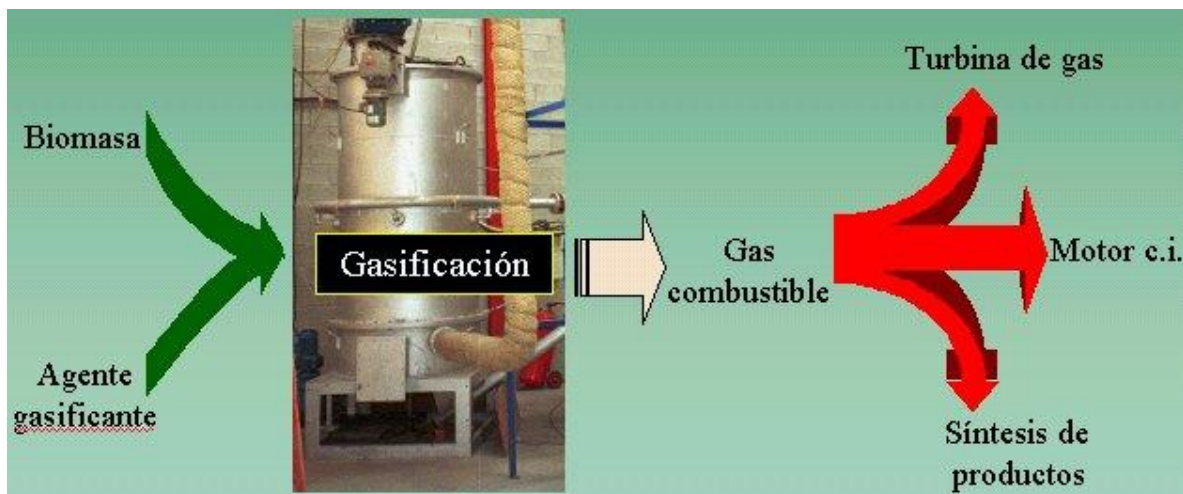


Figura 6. Proceso de gasificación.

2.4.5 Tratamiento Mecánico-Biológico¹¹

El Tratamiento Mecánico-Biológico es una tecnología de pre-tratamiento de los residuos sólidos y de manejo especial. Combina la clasificación y tratamiento mecánico y el tratamiento biológico de la parte orgánica de los residuos. La meta principal es eliminar las contaminaciones tanto a la atmósfera (biogás) como al subsuelo (lixiviados). El potencial peligro de biogás para el cambio climático es 21 veces más alto que lo de dióxido de carbono. También es llamado a veces TBM (Tratamiento Biológico Mecánico) aunque esto simplemente se refiere al orden del tratamiento.

Los residuos entregados son sometidos a un tratamiento mecánico y de homogeneización. En el tratamiento biológico, la degradación lleva a cabo por microorganismos aeróbicos, consiguiendo una descomposición casi completa. Esta descomposición ocurrirá durante un periodo de aproximadamente nueve meses. También se puede usar, como alternativa, la implementación del tratamiento biológico en dos etapas. La primera etapa comprendería el tratamiento biológico anaeróbico y enseguida, la segunda etapa, tratamiento aerobio hasta alcanzar las características apropiadas para proceder al relleno sanitario final. Residuos orgánicos recolectados por separado se transfieren en abono para la agricultura. Los residuos tratados contienen una concentración elevada de materiales re-provechables para la generación de energía o para el reciclaje.



Figura 7. Maquinaria para el tratamiento Mecánico – Biológico, Taim Weser en la exposición Exporecicla 2008 en Zaragoza México

2.4.6 Arco de plasma por gasificación ¹²

La gasificación por plasma es una tecnología de tratamiento de residuos que utiliza energía eléctrica de alta temperatura, creada por un gasificador de arco eléctrico. Este arco se descompone principalmente en los residuos de gas elemental y de residuos sólidos, en un dispositivo llamado convertidor de plasma. El proceso ha sido destinado a ser un generador de electricidad, dependiendo de la composición de los residuos de entrada, y para reducir los volúmenes de residuos que se envían a los vertederos.

La temperatura a un metro del arco puede llegar a 4000[°C]. A estas temperaturas la mayoría de los tipos de residuos se dividen en componentes básicos elementales en forma gaseosa, y las moléculas complejas están atomizadas, separada en átomos individuales.

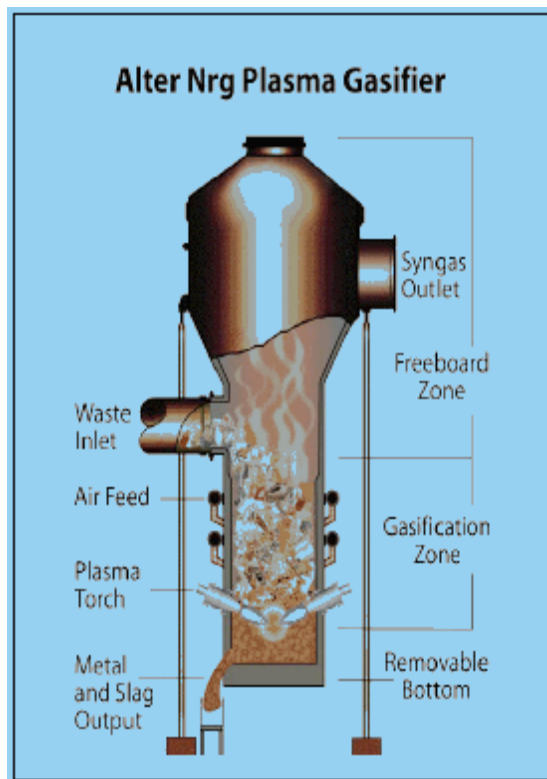


Figura 7. Funcionamiento del Arco de plasma Gasificador Global Alliance for Incinerator Alternatives (GAIA)

El reactor funciona a una presión negativa, lo que significa que el sistema de alimentación se complementa con un sistema de eliminación de gases, y más tarde un sistema de eliminación de sólidos. Dependiendo de los residuos (plásticos tienden a ser altas en hidrógeno y carbono), gas de la contención de plasma pueden ser removidos como gas de síntesis, y puede ser refinado en diversos combustibles en una fase posterior.

2.4.7 Proceso de manta de lodo anaeróbico de flujo ascendente¹³

Es una tecnología que se denomina reactor UASB por sus siglas en ingles (Upward-flow Anaerobic Sludge Blanket) , que es una forma de digestor anaerobio que se utiliza en el tratamiento de aguas residuales.

Es una productora de metano que utiliza un proceso anaeróbica formado en un manto de lodos granulares que suspende en el tanque. Las aguas residuales fluyen hacia arriba a través de la manta y se degrada por los microorganismos anaerobios.

El flujo ascendente combinado con la acción de la solución de la gravedad, la suspensión de la manta con la ayuda de floculantes. La manta empieza a llegar a la madurez en unos tres meses.

En ausencia de cualquier matriz de apoyo, las condiciones de flujo crean un ambiente selectivo en el que sólo a los microorganismos, capaz de unir entre sí, sobreviven y proliferar. Finalmente, la forma en densos agregados de biopelículas compacto denominado "gránulos", se genera gran cantidad de metano que es capturado y utilizado como fuente de energía.

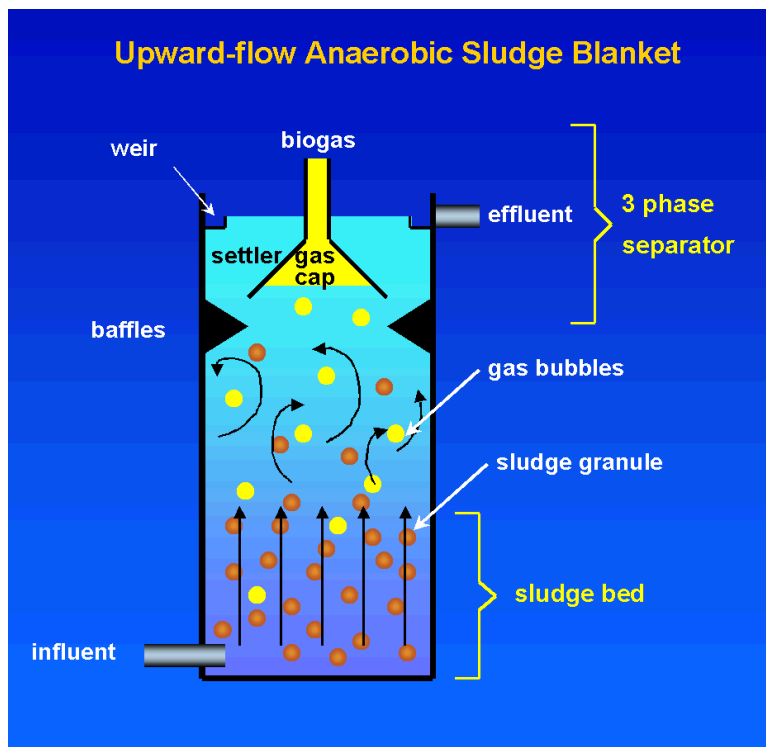


Figura. 8 Funcionamiento del tratamiento Upward-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

2.4.8 Fijación química y solidificación de residuos peligrosos¹⁴

La estabilización y solidificación tienen como objetivo inmovilizar los componentes tóxicos de los residuos peligrosos, para prevenir la lixiviación de los residuos una vez eliminados. Se realizan procesos físicos y químicos como la inmovilización se logra reduciendo la solubilidad de los componentes de los residuos, aislando físicamente los residuos y disminuyendo su área de superficie.

Las tecnologías de estabilización y solidificación son usadas a menudo para tratar los residuos de otros procesos de tratamiento, como el polvillo de ceniza de la incineración o los lodos de la precipitación de metales pesados.

2.4.9 Autoclave de residuos sólidos urbanos¹⁵

Un autoclave de los residuos es una forma de tratamiento de residuos sólidos que utiliza el calor, vapor y la presión de un autoclave industrial en el tratamiento de los residuos. El vapor de agua saturado se bombea en el autoclave a temperaturas de alrededor de 160[°C]. La presión en el buque se mantiene a 5 [bar] por un período de hasta 45 [min] para permitir que el proceso en su totalidad eliminando todo tipo de microorganismos.

El "proceso de cocción" causas de plástico para suavizar y aplanar, papel y otros materiales fibrosos a desintegrarse en una masa fibrosa, botellas y objetos de metal a limpiar, y etiquetas, etc., que deben eliminarse. El proceso reduce el volumen de los residuos por el 60%. El material puede ser dado de alta y separados por una serie de pantallas y sistemas de recuperación.

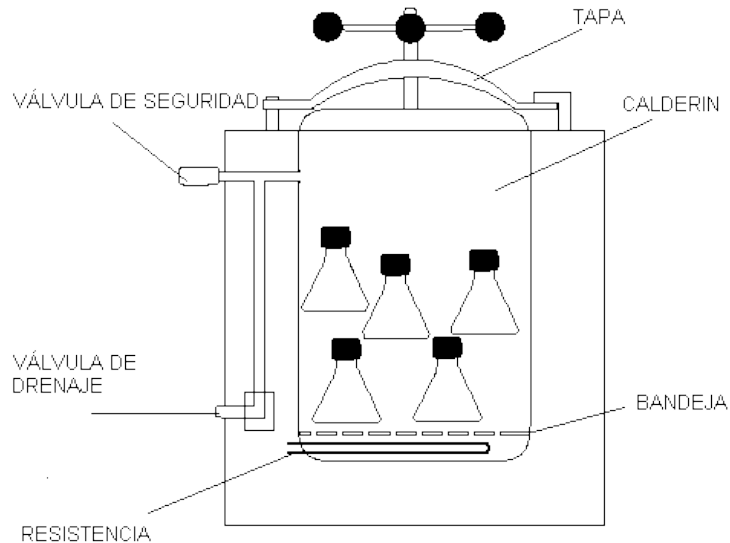


Figura 9. Esquema de una Autoclave⁵¹

Resumen.

Gran parte de los desechos son generados en la Ciudad de México y de estos un 47% proviene de nuestros hogares, y aun existiendo la ley de residuos sólidos del D.F, no se separa la basura y alguna de estas llega a ser depositada en baldíos o lugares que dañan la ecología.

Algunos de los métodos convencionales existentes como incineración masiva, composteo y relleno sanitario no son una solución completa al problema falta darle nuevos aspectos tecnológicos a los tratamientos convencionales. Las ventajas y desventajas de estos tratamientos suelen ser principalmente la rentabilidad, el espacio necesario, costo beneficio, la imagen urbana y la contaminación que pueden llegar a generar.

En los vertederos la imagen y la insalubridad de la región que presenta ocasionan que las personas no vivan cerca de zonas. En la incineración hay contaminación atmosférica y almacenamiento de sustancias toxicas, este lleva un costo inicial muy alto. En el compostaje suele utilizarse gran extensión de terreno pero no hay un método que pueda ser clasificado como el mejor ya que cada uno depende de las condiciones.

Algunas soluciones que se pueden orientar al problema de los residuos sólidos es el reciclaje o implementar impuestos. Los gobernantes tienen obligación de darnos servicios de limpieza pública, el uso del petróleo ha ocasionado grandes factores de contaminación esto porque se ha utilizado en plásticos para envasados para su comercialización donde se genera una mentalidad del consumismo.

Los nuevos métodos para el tratamiento de Residuos sólidos dependen de la separación o fin de estos.

El proceso de oxidación térmica es en base al calentamiento de los gases a normalmente hasta unos 850[°C], durante 1[s], de manera que los compuestos orgánicos se oxidan drásticamente.

El sistema de Tops el primer flujo se quema de arriba abajo después se exponen a condiciones de temperatura alta en condiciones aire estequiometricas globales.

La vitrificación es la conversión de un material en un sólido amorfo se calienta la sustancia a muy altas temperaturas.

El proceso por el cual los residuos biodegradables se calientan para eliminar la humedad donde se puede obtener biogás

La gasificación consiste en transformar un residuo orgánico en un gas combustible mediante una serie de reacciones.

El tratamiento mecánico biológico consiste en combinar la clasificación y tratamiento mecánico para la degradación que lleva a cabo por microorganismos aeróbicos se transfiere en abono para la agricultura.

La gasificación por plasma es una tecnología de tratamiento de residuos que utiliza energía eléctrica de alta temperatura, donde se dividen en componentes básicos elementales en forma gaseosa, se complementa con un sistema de eliminación de gases, y más tarde un sistema de eliminación de sólidos, son removidos como gas de síntesis, y puede ser refinado en diversos combustibles en una fase posterior.

Proceso de manta de lodo anaeróbico de flujo ascendente, es una productora de metano que utiliza un proceso anaeróbica formado en un manto de lodos granulares que suspende en el tanque.


La estabilización y solidificación inmovilizar los componentes tóxicos de los residuos peligrosos.


Un autoclave utiliza el calor, vapor y la presión para eliminar los microorganismos .


3. Descripción de máquinas actuales en el tratamiento de RSU


En este capítulo se describe de manera muy breve algunas de las máquinas más recientes en tecnología de tratamiento de residuos sólidos, estas fueron clasificadas según su uso como son: trituradores, mezcladoras, separadores magnéticos, compactadores, incineradores, sistemas de secado, autoclaves, recolectores de basura, recicladoras de residuos termoplásticos, polimerización, grúas y máquinas de reciclado de cables eléctricos. Todas estas máquinas tienen un fabricante y se encuentran a la venta.

3.1 Trituradores (reducción de tamaño)

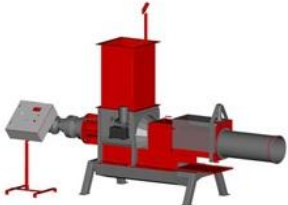
Nombre ¹⁶	Descripción
<p data-bbox="224 674 568 709">Triturador RG98-S Stretch</p>  <p data-bbox="261 947 531 978">Compañía :Vecoplan</p>	<p data-bbox="596 674 1385 890">El triturador de residuos, está diseñado especialmente para el tratamiento de residuos de papel y plástico, para la recuperación y el reciclaje, extrusora de grande purga, rechazan grandes partes, restos de ajuste, el cine o en balas sueltas, de fibras sintéticas, los desechos de la madera, los desechos médicos, cartón, papel y alfombras.</p>

Nombre ¹⁶	Descripción.
<p data-bbox="224 1131 568 1199">Triturador RG62 Películas & Fibras</p>  <p data-bbox="224 1551 496 1583">Compañía :Vecoplan</p>	<p data-bbox="596 1169 1385 1419">El triturador está diseñado para el procesamiento de desperdicios de plástico para reciclaje o reproceso, grandes purgas en extrusoras, grandes partes rechazadas, fibra sintética, desperdicios en el procesamiento de madera, desechos médicos, cartón, papel y tapete. El triturador RG62FF se destaca en el procesamiento de material difícil como súper sacos, material de cinturones de seguridad.</p> <p data-bbox="596 1463 1385 1787">Las características principales son que tiene alto torque, dispositivo de control, protección contra metales, bajas RPM, dispositivos de corte cuatro vías, construcción para trabajo severo, hidráulica fuerte, marco libre de cargas, tren de potencia de gran tamaño, cojinetes esféricos para trabajo pesado, cubiertas protectoras del cilindro con bisagras, espaciamiento de cuchillas de 0.015[in], malla de fácil acceso, cilindro de alta velocidad, cámara de corte resistente al desgaste.</p>


Nombre ¹⁷	Descripción
<p data-bbox="237 275 573 302">Trituradora de mandíbulas</p>  <p data-bbox="224 705 568 732">Marca: Lessines Industries</p>	<p data-bbox="613 310 1393 489">Trituradora de mandíbulas con una quijada móvil en caída en un eje excéntrico. El movimiento elíptico del extremo inferior implica un producto regular con muy pocas multas. El tamaño final del maíz depende del espacio entre ambas quijadas y su perfil.</p> <p data-bbox="613 531 1393 636">Es usado en rocas, minerales, metales no ferrosos, cerámica (duro y seco) para reducción de tamaño del maíz: aproximadamente: 5:1</p> <p data-bbox="613 678 1393 741">Tiene bajo consumo de energía, placa de alto rendimiento de procesamiento y baja generación de polvo.</p>

Nombre ²⁰	Descripción
<p data-bbox="305 1010 495 1037">Shredder Scott</p>  <p data-bbox="224 1451 389 1478">Marca: Scott</p>	<p data-bbox="602 1010 1393 1262">Esta trituradora ofrece la reducción de tamaño de las partículas hasta 40 mallas (0.0164 [in])²² con un sólo eje, con el diseño del rotor de alta velocidad. Esta fragmentación permite una buena reducción de tamaño de las partículas en una variedad de materiales. Este sistema puede ser diseñado con aire lo que ayuda a tener el equipo de reducción de tamaño de operar bajo un diseño de aire negativa.</p> <p data-bbox="602 1304 1393 1619">Tiene diez configuraciones diferentes de martillo que permite más variaciones en el diseño para sus requisitos de reducción de partículas. El diseño del rotor está disponible ya sea en el martillo fijo o pivotar el diseño del martillo. Este diseño combinado con las variaciones en la velocidad de punta y la apertura de la pantalla le permite elegir diferentes tamaños de partículas para su producto. El Shredder Scott va de 500 [lbs/hr] a 50.000 [lbs/hr] de producción en función de su tamaño de partícula y requerimientos de potencia.</p>


[Descripción de maquinas actuales en el tratamiento de RSU]


Nombre ¹⁸	Descripción
<p>Trituradora y compactadora de basura</p>  <p>Marca: RUNI A/S Modelo: SK370</p>	<p>La trituradora contiene un poderoso triturador versátil y difícil de tornillo compactador de trabajo para grandes cantidades y de uso industrial.</p> <p>Cuenta con un tornillo más grande, mas poder, mas capacidad. Beneficios de la conversión de residuos a los materiales reutilizables, ahorra espacio y costos de manejo de desechos de la elaboración, rápida y eficaz. Ahorra energía no hay calor necesario en el proceso, diferentes configuraciones para un gran número de materiales de la trituradora, puede estar provisto de los materiales particularmente duros.</p> <p>La SK370 se puede equipar con una amplia gama de accesorios: tolvas de alimentación diferentes para alimentación manual o automática, cintas transportadoras, sistemas de silo, una matriz de drenaje de la deshidratación y la separación, etc.</p>

3.2 Mezcladoras


Nombre ¹⁹	Descripción
<p>Mezcladora de lote tipo paleta</p>  <p>Marca: Gericke</p>	<p>Incluye un rotor de mezcla única horizontal. Las paletas de mezcla se han diseñado para alta homogeneidad y eficiencia en la misma.</p> <p>Con una gama completa de opciones, el Mezclador Gericke se puede configurar para muchos procesos diferentes, incluyendo la reacción de la mezcla. Con diseño robusto, capacidad de procesó y alto rendimiento.</p>

[Descripción de maquinas actuales en el tratamiento de RSU]


Nombre ²⁰	Descripción
<p data-bbox="256 386 634 449" style="text-align: center;">Mezcladora Continua Tender Blend</p>  <p data-bbox="224 814 391 842">Marca :Scott</p>	<p data-bbox="690 386 1395 527">La mezcladora de proceso continuo está diseñada para productos de grandes tamaños de partículas. El mezclado es para procesar materiales delicados, sin embargo no dañados durante el proceso de mezcla.</p> <p data-bbox="690 569 1395 890">También es ideal para combinar líquidos con productos secundarios, así como partículas de revestimiento con un sistema de adición de líquidos. Debido a su diseño único, de la mezcla de licitación y las variaciones de revoluciones por minuto (RPM) , el mezclador es ideal para aplicaciones tales como la alimentación animal con textura, granulado o en escamas, plásticos, fertilizantes granulados, los alimentos de textura o en copos productos.</p>

Nombre ²⁰	Descripción
<p data-bbox="305 1119 581 1146" style="text-align: center;">Mezcladora de Arado</p>  <p data-bbox="224 1612 391 1640">Marca : Scott</p>	<p data-bbox="690 1119 1395 1260">El mezclador incorpora una cuña de alta intensidad en forma de arados para ofrecer una zona de mezcla fluida. El eje del mezclador funciona a velocidades más altas que un mezclador de lote tradicional.</p> <p data-bbox="690 1302 1395 1556">Este mezclador es duradero construida con una cámara de mezcla horizontal, de forma cilíndrica, que tiene un eje sólido con los elementos mezclador soldadas o atornilladas a los postes de apoyo. Este mezclador está disponible con todas las características sanitarias necesarias para cumplir con el USDA, la FDA y 3A requisitos.</p> <p data-bbox="690 1598 1395 1770">El lecho fluido creado por el agitador es ideal para la mezcla de sólidos a los sólidos, líquidos y sólidos a los líquidos a los sólidos. En aplicaciones donde la calefacción o el enfriamiento del producto que se desea.</p>


[Descripción de maquinas actuales en el tratamiento de RSU]


Nombre ²¹	Descripción
<p data-bbox="289 338 516 369">Mezcladora batch</p>  <p data-bbox="224 695 412 726">Marca: Lödige</p>	<p data-bbox="610 279 1393 636">Funciona con las palas que giran como elementos de mezcla en el arreglo en el eje en un tambor horizontal, cilíndrico. El tamaño, el número y la colocación como la forma geométrica y la velocidad periférica de los elementos de mezcla, se coordinan de una manera tal que produzcan un movimiento tridimensional de los componentes. La turbulencia resultante en la mezcla, por el que todo el producto esté implicado constantemente en el proceso, previene la formación de bajo-movimiento que las zonas que aseguran la velocidad y la precisión.</p> <p data-bbox="610 678 1393 821">Para evitar que las partículas sean aplastadas contra la pared del tambor, los elementos de mezcla se forman especialmente para levantar el producto de la pared dentro del movimiento radial de la mezcla.</p>


3.3 Separadores magnéticos

Nombre ²⁵	Descripción
<p data-bbox="289 1123 565 1186">Separador Magnético Overband</p>  <p data-bbox="224 1499 412 1530">Marca: Jupiter</p>	<p data-bbox="662 1123 1393 1266">Tiene varias aplicaciones en la industria con la separación de elementos de hierro principalmente, esta disponible en dos tipos, uno con imanes permanentes y los otros electroimanes.</p> <p data-bbox="662 1308 1393 1591">Fabricado con una cruz de sistema de cinta transportadora automática. Los aviones más eficaces para retirada de hierro a partir de materias prorrogados transportadores / alimentadores vibratorios o inclinada. Los imanes son de ferrita de estroncio. Alcanzan una profundidad de 500 [mm]. Fabricado en varios tamaños y modelos para la anchura de transporte de 300 a 1500[mm].</p>


[Descripción de maquinas actuales en el tratamiento de RSU]

Nombre ²⁶	Descripción
<p data-bbox="282 275 558 342">Separador Magnético Overband</p>  <p data-bbox="224 596 412 627">Marca: Cetrisa</p>	<p data-bbox="646 312 1391 491">Este contiene un campo magnético que está producido por un conjunto de imanes de alta potencia. Un material férrico, que cruce este campo magnético, será atraído hacia los imanes y separado del resto de materiales, conducido por la banda de arrastre.</p> <p data-bbox="646 533 1391 600">El permanente (R-OMP) puede instalarse tanto transversal como longitudinalmente.</p>


Nombre ²⁶	Descripción
<p data-bbox="266 934 597 1041">Separador de Metales No Férricos por Corrientes de Foucault</p>  <p data-bbox="224 1331 412 1362">Marca: Cetrisa</p>	<p data-bbox="667 934 1391 1188">Consigue separar los metales no férricos del resto de materiales, gracias a su estudiado conjunto magnético denominado tambor inductor, que gira a alta velocidad. Cuando un metal no férrico cruza el campo magnético inducido, sufre un efecto de repulsión y salta a una cierta distancia por delante del tambor de Foucault y lejos del resto de materiales.</p> <p data-bbox="667 1230 1391 1337">Dispone de un transportador de banda que permite elevados volúmenes de material procesado. Una robusta estructura metálica es el soporte de dos rodillos.</p>


Nombre ²⁷	Descripción
<p>Separador magnético de rodillo para acero inoxidable</p>  <p>Marca: Steinert</p>	<p>Tiene como función en el proceso de minerales o las partículas paramagnéticas que necesitan ser separadas. También es utilizado para la separación de residuos sólidos para su reciclaje. Es un separador magnético de intensidad alta, con las etapas solas o múltiples de un diseño modular que consiste en para adaptarse a la separación del material.</p> <p>Cada etapa o módulo consiste en un transportador de correa corto para transportar el material continuamente a la polea magnética que genera un alto gradiente del campo magnético y fuerzas de un campo magnético de hasta 20,000[gauss]. El diseño abierto del Steinert permite el proceso de partículas a partir de 10 [mm] a menos de 1 [mm] de tamaño.</p>

3.4 Compactadores


Nombre ²³	Descripción
<p>Compactadora 826 H</p>  <p>Marca : Caterpillar</p>	<p>Esta diseñada para comprimir grandes volúmenes de basura como los rellenos sanitarios, está diseñada con innovaciones excitantes que sobrepasan las expectativas del cliente en cuanto a rendimiento, fiabilidad y comodidad para el operador.</p> <p>Cuenta con una potencia de 401 [hp/299Kw] y una capacidad de carga de casi 40.000 [kg].</p>


[Descripción de maquinas actuales en el tratamiento de RSU]

Nombre ²⁴	Descripción
<p data-bbox="224 373 581 443">Compactador de basura fijo SOC COOP TS80 (80ton)</p>  <p data-bbox="224 709 505 741">Marca: SCALVENZI</p>	<p data-bbox="610 310 1393 422">El empuje de 80 toneladas de este compresor se obtiene con el uso de dos cilindros paralelos, colocados en las sillas de montar para limitar el doble.</p> <p data-bbox="610 457 1393 604">Este tipo de compresor se utiliza típicamente para las grandes cantidades de desperdicios industriales. Tiene una gran capacidad. El compartimiento está disponible en dos tamaños.</p> <p data-bbox="610 640 1393 787">Este tipo de compresor se utiliza típicamente en las estaciones de transferencia. El compresor es inútil de los parásitos atmosféricos, tiene un mayor peso transportable, menos diesel quemado y menos contaminación.</p>


Nombre ³¹	Descripción
<p data-bbox="224 1052 537 1121">Contenedor estacionario RJ225</p>  <p data-bbox="224 1409 565 1440">Marca: Hydramac México</p>	<p data-bbox="610 1087 1393 1234">Es un compactador popular por muchas razones. Es ideal para aplicaciones comerciales e industriales, reduce efectivamente desperdicios sólidos a una fracción de su tamaño original.</p> <p data-bbox="610 1270 1393 1444">En tan sólo 56 [seg] ejecuta su ciclo con una potencia de 55,100[lbs] de fuerza de compactación. Ideal para la compactación de desperdicios secos. Como equipo opcional se le pueden adaptar múltiples componentes: puertas de seguridad, volteadores de carros, y muchos aditamentos más.</p>

3.5 Incineradores, equipo de pirolisis y de tratamiento de combustión.


Nombre ³⁰	Descripción
<p>Sistema de oxidación térmico por combustión directa para reducir NOx y COV</p>  <p>Marca: Epcon Industrial Systems LP</p>	<p>Líder del sector en tecnología industrial del dispositivo de poscombustión y puede construir una unidad de encargo para el soporte solamente o los usos montados acoplado. También ofrece compra/ arriendo/ contratos de alquiler de adaptarse a cualquier necesidad.</p> <p>Los pararrayos de llama están instalados siempre entre la fuente del vapor y el oxidante termal.</p> <p>La gama de temperaturas de funcionamiento a partir del 1.250 a 1,800[°F], y los tiempos de residencia del gas son típicamente 1 segundo o menos. Estas condiciones hacen la estructura molecular de la corriente de proceso analizar en el dióxido de carbono y el vapor de agua simples.</p>

Nombre ³²	Descripción
<p>Incinerador Modelo A2600</p>  <p>Marca: Inciner8</p>	<p>Tiene una capacidad de 1200 [kg] y la maquina tiene un peso de 6500[kg], sirve para incinerar desechos de cualquier tipo, es de fácil uso. De encendido automático, incineración rápida significa bajo consumo de combustible.</p> <p>Revestimiento refractario grueso en la cámara principal retiene el calor, el aumento de la eficiencia. Chimenea de acero inoxidable. Los residuos pueden ser destruidos tan rápido como se acumula. Nada se deja a la propagación de la enfermedad o para atraer a los roedores y las moscas. Panel completamente automático y simple de operar.</p>


[Descripción de maquinas actuales en el tratamiento de RSU]


Nombre ³³	Descripción
<p data-bbox="256 422 542 489">Furnace Model PTR PRC</p>  <p data-bbox="224 873 423 905">Marca: Ayumex</p>	<p data-bbox="602 422 1393 747">De pirolisis controlada, es para el mantenimiento y limpieza de refacciones de metal en las industrias de plásticos, pinturas, motores con un sistema patentado de anticipación de sobrecalentamiento. De control automático, diseñados para trabajos duros, las paredes, techo y puertas están cubiertos con aislante de fibra de cerámica ligera de doble capa anclado en pasadores de acero inoxidable, malla de alambre inoxidable, y resisten contra altas temperaturas hasta 2,300[°F].</p> <p data-bbox="602 789 1393 930">Cámara de colección que permite que el exceso de polímero fluya hacia compartimiento secundario de colección, facilitando la operación y aumentando la seguridad, a la vez reduciendo el tiempo de ciclo de limpieza del horno.</p>

3.6 Sistemas de Secado de RSU


Nombre ²⁰	Descripción
<p data-bbox="297 1190 607 1222">AST Sistema de Secado</p>  <p data-bbox="224 1598 537 1665">Marca : Scott U. S. Patent # 5,570,517</p>	<p data-bbox="711 1190 1393 1331">El secador está diseñado para el servicio robusto y versatilidad en muchas industrias. Contiene remos ajustables, presas de aire y permite a los sólidos transferencia de calor.</p> <p data-bbox="711 1373 1393 1625">Materiales que van desde tortas de filtración, composta, lodos, polvos y los gránulos pueden ser efectivamente secos en el Sistema de AST. Incluso los lodos con contenido de sólidos secos, pueden ser bajos como el 5% y se puede secar de manera eficiente o tan alto como 99% de sólidos secos en un solo paso.</p>

[Descripción de maquinas actuales en el tratamiento de RSU]

Nombre ²⁰	Descripción
<p data-bbox="293 348 586 380">DS Secador Indirectos.</p>  <p data-bbox="224 688 391 720">Marca: Scott</p>	<p data-bbox="683 348 1395 600">El sistema de secado indirecto esta climatizado en el lote del sistema de secado, esta diseñado para reducir cualquier compuesto orgánico como la harina de madera a una humedad menor del 1%, con diseño compacto requiere espacio limitado y es el sistema de secado más económico para las tasas de continuación 1.500[lbs/ hr].</p>


Nombre ²⁸	Descripción
<p data-bbox="237 936 659 968">Secador de lodo Sheet Metal Ltd</p>  <p data-bbox="224 1241 505 1272">Marca: Allied Blower</p>	<p data-bbox="695 915 1395 1230">Encargado del secado del lodo de los procesos de fabricación, así como un lodo de papel que se puede utilizar eficientemente como combustible en el sistema de energía del molino de papel si está secado correctamente para mejorar el contenido en energía. Las ofertas aliadas terminan proceso de sequía del lodo con los secadores rotatorios y los precipitadores mojados con servicios de la ingeniería, de la fuente y de la instalación.</p>


3.7 Autoclave

Nombre ³⁴	Descripción
<p data-bbox="228 1467 545 1530">Auto clave Priorclave modelo PS/RSV/SH230.</p>  <p data-bbox="224 1856 456 1887">Marca: Priorclave</p>	<p data-bbox="573 1467 1395 1572">Esta diseñada para la esterilización de utensilios o eliminación de agentes patógenos. Con carga frontal de 230 L (litros) de sección rectangular, con calentador exterior de vapor.</p> <p data-bbox="573 1614 1395 1824">Construido con un diseño compacto. Castor montado para la facilidad de colocación, que están disponibles ya sea eléctrica o directa de vapor caliente. Todos los modelos están equipados con dos depósitos de estanterías y una amplia gama de cestas de acero inoxidable, contenedores de residuos y carros de carga.</p>


[Descripción de maquinas actuales en el tratamiento de RSU]

3.8 Camiones de Basura


Nombre ³⁵	Descripción
<p>Camión de basura INTERNATIONAL 5000 COMPATTO</p>  <p>Marca: Dulevo</p>	<p>Este camión esta manufacturado en un chasis de cuatro ruedas a la medida del manejo de Dulevo y se ha diseñado y dirigido a sostener una cantidad de trabajo pesado regular. Los 5000 Compatto es una máquina única para la colección, la condensación y el transporte de la basura sólida municipal.</p> <p>Puede usarse para cargar y comprimir la basura, extremidad y los compartimentos y/o los saltos de basura vacíos y vaciar rápidamente el cuerpo del vehículo en otros comedores de basura. Las dimensiones limitadas del vehículo, junto con el sistema de manejo de cuatro ruedas especial permiten un radio de torneado de menos de 4.5 [m]. Esto da el vehículo que la maniobrabilidad sin par que lo hacía adecuado ideal para el uso adentro congestionó los centros de ciudad.</p>

Nombre ³⁶	Descripción
<p><i>Alta Compactación HEIL Fórmula 5000</i></p>  <p>Marca: Aseca</p>	<p>Es un equipo móvil de recolección de alta compactación de carga trasera.</p> <p>Esta unidad puede compactar hasta 1,200 [lb/yd³] (711.96 kg/m³).</p> <p>Con capacidad en la caja desde 18 yd³ (13.76 m³) hasta 32 yd³ (24.47 m³) . Con capacidad en la tolva de 3 yd³ (2.29 m³).</p>

3.9 Máquina para el reciclado de residuo termoplástico


Nombre ²⁹	Descripción
<p>Máquina para el reciclado de residuo termoplástico</p>  <p>Marca: Carnevalli</p>	<p>La línea de reciclaje Carnevalli de películas plásticas, fue diseñada para proporcionar la mejor relación costo-eficacia en el reciclado de materiales poliolefínicos, como: HDPE, LDPE, LLDPE, PP y otros.</p> <p>Tiene como objetivo atender a los fabricantes de envases flexibles, y los que están destinados sólo para el reciclado o la prestación de servicios en este ámbito, promoviendo la reutilización de los excedentes de su propia producción o de materiales que no están en conformidad. Estos equipos son contruidos con sistema de degasificación con bomba de vacío, adecuado para procesar los materiales que se imprimieron.</p>

3.10 Polimerización


Nombre ³⁷	Descripción
<p>Estufa de polimerización de materiales compuestos 200 °C, 20 - 80 m³ (XM series)</p>  <p>Marca: Francia-Etuves</p>	<p>Contiene una gran cantidad de hornos para los compuestos de curado, revestimientos y aplicaciones de secado, que se dividen en secciones para el envío fácil. Dependiendo del número de secciones de montaje, la profundidad total es de 3,5 a 14 [m]. Así, el volumen total de espacio de trabajo es de 20 a 80 [m³].</p> <p>Excelente flujo de aire y uniformidad de la temperatura, exterior de acero, interior en acero galvanizado, un armario eléctrico con la controladora de la temperatura principal, de fácil acceso con los camiones. Cada sección está equipada con un ventilador de recirculación, 30 [KW] de elementos de calefacción eléctrica, una sonda de temperatura, un controlador de temperatura, puertas con elevación vertical y puertos de acceso.</p>

3.11 Grúas.

Nombre ³⁸	Descripción
<p data-bbox="228 457 574 562">Grúa móvil para manipulación de residuos y chatarra Green Line 835M</p>  <p data-bbox="224 837 532 867">Marca: SENNEBOGEN</p>	<p data-bbox="610 457 1395 674">La grúa móvil sirve para transportar o depositar cualquier tipo de chatarra o residuo solidó a diferentes partes. La compañía maneja modelos de 11.5 a 270 [Ton] es parte de la línea verde, hecho del mejor material que debe cumplir los requisitos de los clientes exigentes cuando se trata de máquinas de proceso moderno.</p> <p data-bbox="610 716 1395 890">La máquina soporta cargas más altas, e incluso con 7,000 horas de funcionamiento por año, que desempeñan su función con la máxima fiabilidad. Funciona con una potencia de 186 [Kw] soportando un peso de 44 [Ton] y una altura de 18[m].</p>

Nombre ³⁹	Descripción
<p data-bbox="224 1192 574 1262">Grúa Estacionaria Eléctrica Modelo 1010- SE</p>  <p data-bbox="224 1587 532 1617">Marca: Bultrite handlers</p>	<p data-bbox="610 1121 1395 1337">Las grúas fijas sirven para transportar cualquier tipo de material o residuos solidó, reducen tanto la contaminación atmosférica y acústica y son más rentables para operar y mantener en el diesel unidades. Los soportes fijos también ofrecen un gran factor de mejora de la seguridad a sus usuarios. Las configuraciones del diseño contienen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="610 1373 867 1402">° Estación eléctrica. <li data-bbox="610 1446 1312 1476">° Estación eléctrica de la estación del operador remoto. <li data-bbox="610 1520 1373 1589">° Estación eléctrica con la estación de operador de telefonía móvil. <li data-bbox="610 1633 1300 1703">° La variedad de alturas de cabina para una visibilidad superior. <li data-bbox="610 1747 1273 1816">° Variedad de accesorios para adaptarse a diferentes aplicaciones y preferencias de los clientes.

3.12 Máquina para el reciclado de cables eléctricos

Nombre ⁴⁰	Descripción
<p data-bbox="240 348 570 453">Reciclado de cables eléctricos Guidetti Sincro Modelo 950</p>  <p data-bbox="224 762 570 831">Marca: Guidetti Recycling System</p>	<p data-bbox="609 348 1395 489">Las recicladoras han sido proyectadas para el reciclaje de cables eléctricos con un procedimiento en seco que muele los cables y separa el cobre o el aluminio del plástico o de la goma.</p> <p data-bbox="609 531 1395 636">Toda la línea es dotada con sistema de insonorización y filtro de polvos (no hay emisión de polvos en el ambiente). Las características que tiene son:</p> <ul data-bbox="609 678 1040 825" style="list-style-type: none">* Baja absorción de electricidad.* Dimensiones reducidas.* Movimiento fácil y veloz.* Mantenimiento simple y rápido. <p data-bbox="609 867 1395 972">El modelo 950 tiene un largo de 4.1 [m] y de ancho 2.35 [m], con altura de 3.05[m] , un peso de 3[Ton], potencia instalada de 48 [Kw] y una producción de 900 a 110[Kg].</p>

Resumen.

Descripción de algunas de las nuevas tecnologías en el tratamiento de residuos sólidos que existen en el mercado cuentan con un fabricante su clasificación o tipo de modelo y para que es utilizado.

El principal funcionamiento de los trituradores es reducir el tamaño de los residuos. Las mezcladoras combinan los desechos líquidos y sólidos para crear un lodo que puede servir para la composta. Los separadores magnéticos ayudan a separar o clasificar los desechos metálicos a los no metálicos para el reciclaje.

Los compactadores comprimen la basura nos ayudan a almacenar gran cantidad de basura. El incinerador quema los desechos sólidos convirtiéndolos en ceniza y reduciendo en gran proporción el tamaño original. El sistema de secado funciona por medio de aire caliente quitando o reduciendo la humedad de los desechos para poder reducir el tamaño y otras ocasiones para composta.

La autoclave maneja temperatura y presión para eliminar las bacterias que existan en los utensilios utilizados para esterilizar. El recolector de basura es un camión con un compartimiento que usa para trasladar la basura donde es comprimida. La recicladoras de residuos termoplásticos calienta el plástico que es reutilizable para fundirlo y volver a formar botellas o cualquier otro objeto.

Las grúas nos ayuda a mover gran cantidad de basura por medio de palas o garras hidráulicas que tienen movimientos hacia cualquier dirección. La maquinas de reciclado de cables eléctricos tritura y separa el cobre del plástico por medio de un cortador y un separador magnético.

4. Tratamiento de incineración de Residuos Sólidos en el D.F

La incineración de residuos sólidos tiene por objeto la reducción del volumen y la eliminación de la peligrosidad de algunos residuos, destruyendo los compuestos orgánicos mediante la combustión a altas temperaturas.

En el proceso de incineración la materia orgánica es oxidada con el oxígeno del aire, generando emisiones gaseosas que contienen mayoritariamente dióxido de carbono, vapor de agua, nitrógeno y oxígeno. Dependiendo de la composición de los residuos y de las condiciones de operación, las emisiones gaseosas pueden contener además cantidades menores de monóxido de carbono, ácidos clorhídrico, yodhídrico y bromhídrico, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, PCBs, dioxinas y furanos, y metales, entre otros. En el proceso se generan residuos sólidos (cenizas y escorias constituidas por el material no combustible).

Una incineradora de desechos orgánicos sólidos es un sistema de tratamiento de la basura que consiste en quemar a altas temperaturas los desechos sólidos, con lo que se reduce su volumen un 90% y su peso hasta un 75%. De esta combustión resultan cenizas, escoria o residuos inertes y gases tóxicos.

Una de las grandes ventajas es que esos residuos quemados se utilizan como energía en forma de calor.

Sin embargo las incineradoras requieren un coste elevado en sentido económico y por ello no todos los países tienen la posibilidad de trabajar con incineradoras, de modo que son usadas normalmente por países desarrollados que tienen suficientes recursos económicos para desarrollar estas tecnologías para el tratamiento de la basura.

Otros de los inconvenientes que tienes son:

- Altos costes de explotación
- Sistema de tratamiento de gases complejo y costoso
- Las cenizas son altamente tóxicas y necesitan un vertedero especial
- tiempos de preparación del proyecto y de construcción bastante largos
- Viable únicamente a gran escala.
- Rechazo social

Cabe mencionar también que antes de de las incineradoras de desechos sólidos orgánicos y a la vez cuidando la naturaleza. Recurrir a la incineración de la basura, es una buena opción apartar todos los elementos que es posible reciclar. De esta manera, estaremos utilizando inteligentemente el recurso.

4.1 Principios generales de la incineración.⁵³

Adicionalmente las variables operativas más importantes para un incinerador son: la temperatura, el tiempo de residencia de los gases y la turbulencia.

La Unión Europea obliga a que las instalaciones sean diseñadas y operadas de tal modo que mantengan los gases resultantes de la incineración a una temperatura mínima de 850 [°C] durante al menos 2 segundos. En caso que los residuos peligrosos contengan más del 1 % de sustancias organohalogenadas (expresadas en cloro), la temperatura deberá elevarse hasta 1100 [°C] durante 2 segundos como mínimo.

Existen una serie de subsistemas comunes a todos los incineradores que son los siguientes:

1. Preparación y alimentación de los residuos
2. Cámara(s) de combustión
3. Tratamiento de emisiones gaseosas
4. Manejo de residuos sólidos y efluentes

4.2 Tipos de incineradores

Existen diferentes tipos de incineradores y cada uno de ellos tendrá sus limitaciones en cuanto al tipo y cantidad de residuos a procesar.

Existen varios tipos y diseños de incineradores desarrollados para el tratamiento de los diferentes residuos, contemplando en particular el estado físico de los mismos. Actualmente existe una considerable experiencia a nivel de los fabricantes y muchos de estos diseños han sido ampliamente utilizados desde hace varios años. Dentro de los tipos más comunes tenemos:

- Inyección líquida
- Hornos rotatorios
- Horno de lecho fluidizado
- Horno de parilla

4.2.1 Inyección Líquida

Los incineradores de inyección líquida se utilizan exclusivamente para líquidos bombeables. Se trata de cámaras de combustión consisten en cilindros revestidos con ladrillos refractarios, que pueden ser verticales u horizontales y contar con uno o mas quemadores. El diseño de los quemadores resulta ser uno de los factores más críticos para lograr elevadas eficiencias de destrucción.

Las temperaturas de operación están en el rango de 1000 a 1600 [°C] y los tiempos de residencia entre 1,5 y 2 segundos. En la figura se presenta un esquema de este tipo de cámara.

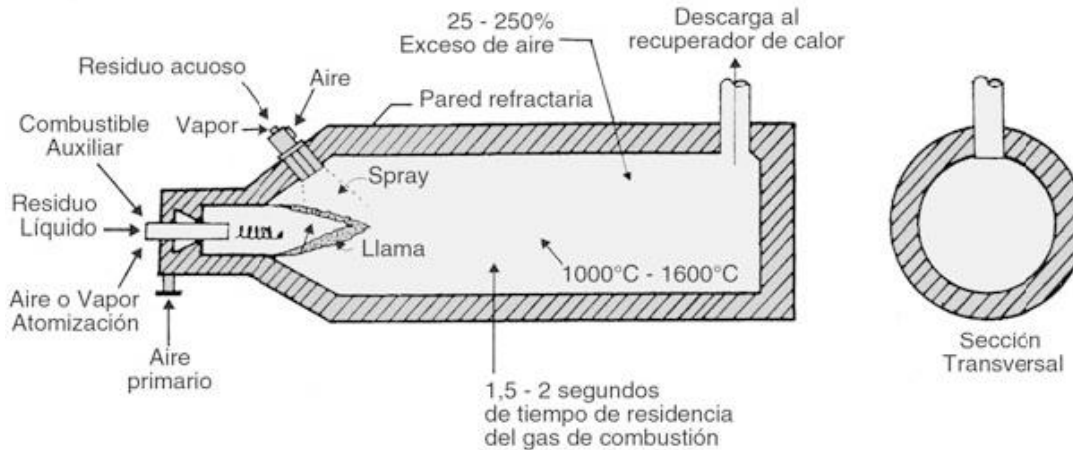


Figura 10. Cámara de Inyección Líquida

4.2.2 Horno Rotatorio

Los incineradores de horno rotatorio cuentan con cámaras cilíndricas recubiertas de refractarios, que cuentan con una leve inclinación horizontal y rotan a una velocidad de entre 0,5 a 1,0 [rpm].

Este diseño permite que los residuos que ingresan por un extremo se desplacen mezclándose a través del horno, hasta ser descargados en el otro extremo. Cuentan con un quemador, ubicado del lado de la alimentación, que utiliza combustibles o residuos líquidos de alto poder calorífico.

El tiempo de retención de los sólidos es de alrededor de una hora y el mismo está determinado por la inclinación, la velocidad de rotación y el largo de la cámara.

En esta cámara se produce la gasificación de los residuos por medio de la volatilización y la combustión parcial de los componentes, por lo que es necesaria una segunda cámara de post-combustión. Esta segunda cámara es similar a la de los incineradores de inyección líquida y cuenta con quemadores que utilizan combustibles auxiliares o residuos líquidos de alto poder calorífico, de forma de elevar y mantener la temperatura durante el tiempo necesario. Las temperaturas de operación típicas están en los rangos de 650 a 1250 [°C] y 850 a 1600 [°C] en la primera y segunda cámara respectivamente. El tiempo de estadía de los gases es de 1 a 3 segundos en la cámara secundaria.

La capacidad de procesamiento de estas unidades está en el rango de las 10 a 350 [ton/d]. En la figura 11 se presenta un esquema de este tipo de incinerador. Dentro de las ventajas de este sistema se destaca la posibilidad de tratar una amplia gama de residuos sólidos, residuos líquidos previamente atomizados, lodos con alto contenido de humedad y residuos que forman escorias fundidas.

Generalmente las cámaras cuentan con controladores automáticos de temperatura, los cuales comandan quemadores auxiliares que se encienden automáticamente cuando la temperatura desciende por debajo de los valores establecidos. Estos quemadores se utilizan fundamentalmente en el arranque y parada del equipo.

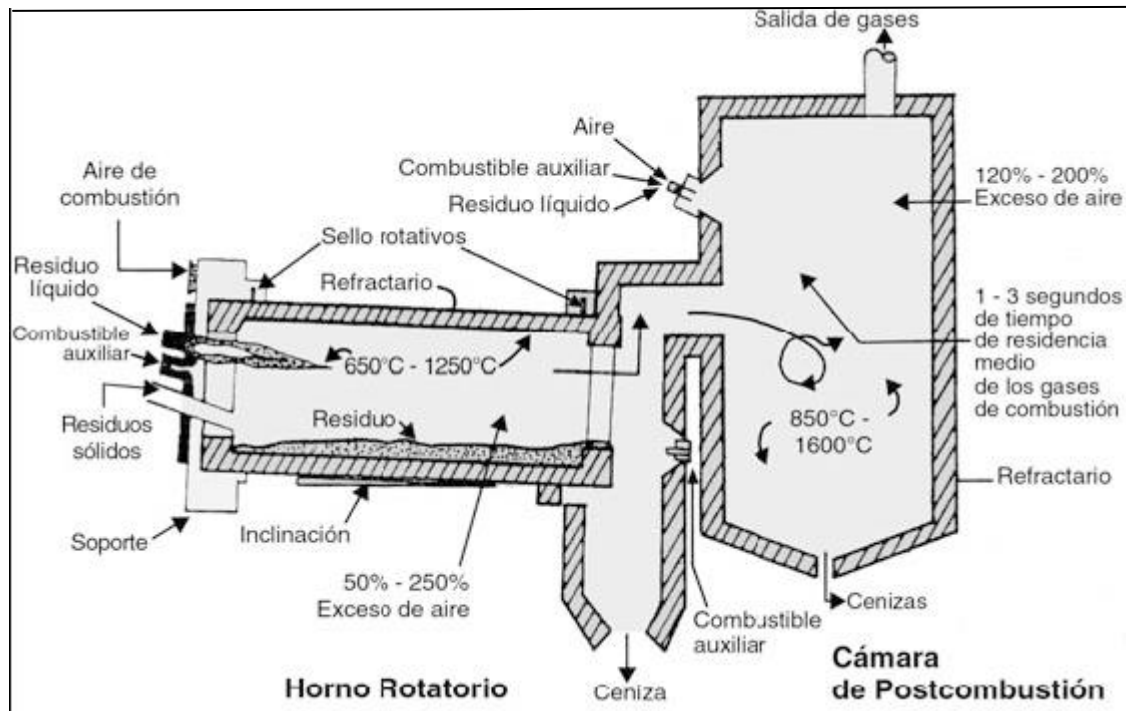


Figura 11. Cámara de un Horno Rotatorio

4.2.3 Horno de lecho fluidizado

Este horno ha sido diseñado para el tratamiento de residuos conflictivos como de poder calorífico bajo o diferencias de tamaño en el combustible. Así es un buen candidato para la incineración de materiales pastosos.

El funcionamiento estriba en la gran transferencia de calor que se lleva a cabo desde las partículas de refractario que constituye el lecho que se agita constantemente, gracias al caudal de fluidificación.

A una velocidad de ascensión del aire (1,5 a 2 [m/s]), el lecho se fluidiza, el lecho se expande proporcionando condiciones óptimas de superficie específica esto supone que puedan ser destruidos a temperatura inferior a la de otros tipos de hornos. No es apto para residuos de gran tamaño o dimensiones no homogéneas.

Las ventajas de este método son las siguientes:

- Requiere un menor exceso de aire con lo que el rendimiento de la combustión será mayor.
- Puede trabajar a temperaturas menores con lo que evita la fusión parcial de las escorias del combustible en el seno del lecho.
- No hay partes móviles en el sistema, por lo cual el mantenimiento es reducido.
- Instalaciones más compactas.
- Menor temperatura menor generación de NOx.
- Posibilidad de poner catalizadores en el lecho.

Como principal desventaja esta el elevado costo de instalación y el cuidado de los residuos para evitar que formen eutécticos que puedan fundir o colapsar el lecho.

4.2.4 Horno de parrilla

Es uno de los métodos de tratamiento de RSU mas usado por su versatilidad y capacidad de tratamiento.

Los residuos se introducen en la parrilla por gravedad o por un cilindro hidráulico los residuos se introducen sin triturar lo que favorece la presencia de acumulaciones de materiales que impiden la libre transmisión del calor por la radiación.

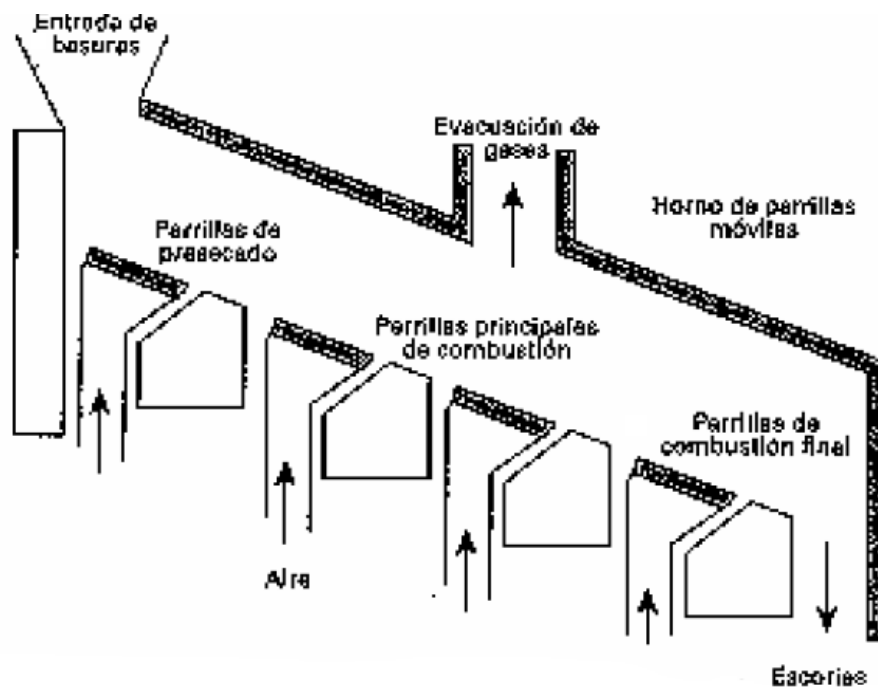


Figura 12. Horno típico de parrilla

[Tratamiento de incineración de Residuos Sólidos en el D.F]

Según el modo de accionamiento de las parrillas la introducción al aire, que se inyecta por la parte inferior es diferente. La figura 12 nos muestra un esquema de un horno típico de parilla.

La carga entra por gravedad, en la parilla de pre secado, en la parte central de las parillas centrales de combustión, además de la combustión de buena parte de la carga piro liza y gasifica. En la última parilla tiene lugar las reacciones de combustión.

Ventajas:

- Todo tipo de carga sin tratamiento previo
- Inversión relativamente baja
- El tiempo de retención de sólidos es una constante.
- Las parillas propician la aparición de restos carbonosos.

Desventajas:

- Se necesita un exceso de aire mayor al 100% por lo cual provoca una gran velocidad con arrastre de material aunque el aire este recalentado aun así enfría los residuos.
- Las parillas no soportan la misma temperatura que un refractario.
- Existen con frecuencia puntos calientes en las parillas que ocasionan daños y diferencias en la temperatura que afectan la calidad de la gasificación.

La forma física del residuo es el factor más determinante para la elección de un tipo de incinerador. Sin embargo también hay que tener en cuenta ciertas propiedades:

- Análisis elemental del residuo.
- Poder calorífico inferior.
- Contenido de inertes.
- Corrosividad.
- Cantidad y calidad de los contaminantes potenciales en los efluentes.

Tipo de Residuo	Rotativo	Líquidos	L.Fluidizado	Parillas
Granular, Homogéneo	X		X	X
Irregular	X			X
Solidó bajo punto de fusión	X	X	X	
Orgánico con cenizas fundibles	X			X
A granel voluminoso	X			
Vapores Orgánicos	X	X	X	X
Líquidos Orgánicos	X	X		
Fangos con carga halógena	X	X		
Fangos Orgánicos	X		X	

Tabla 2. Recomendación de tipo de incinerador idóneo según el tipo de residuo expuesto.

4.3 Impacto Ambiental de los Incineradores⁵⁴

Los incineradores no tienen una gran aceptación, por que se menciona que generan muchos contaminantes pero esto sucede porque no se manejan de forma adecuada algunos de los contaminantes generados son tratados como los siguientes:

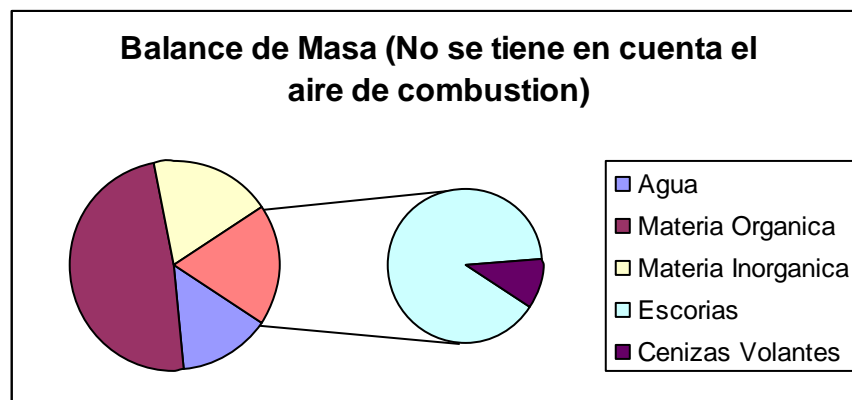
Las cenizas generadas en el incinerador del fondo son enfriadas y almacenadas para disposición en rellenos de seguridad, siendo en algunas ocasiones sometidas a algún tipo de tratamiento previo como la estabilización y/o solidificación.

Los líquidos generados en el sistema de tratamiento de emisiones gaseosas son sometidos a un tratamiento fisicoquímico, eventualmente recirculados, y evacuados. Los lodos separados son pre tratados y dispuestos en rellenos de seguridad.

Deficiencias en la planta de incineración puede ocasionar una combustión incompleta o una mala eficiencia en el tratamiento, produciendo emisiones perjudiciales directamente para la salud o indirectamente por consumo de plantas o animales provenientes de áreas donde ocurre la deposición de las emisiones. Adicionalmente la incorrecta operación de la planta de incineración, incluido el manejo de los residuos generados en el proceso, puede poner en riesgo la salud de los operarios.

Se debe tener en cuenta que en las emisiones pueden aparecer compuestos más tóxicos que el producto originalmente incinerado, tal es el caso de las dibenzodioxinas poli cloradas y dibenzofuranos poli clorados (**dioxinas y furanos**). Estos contaminantes se han transformado en el elemento más controversial para la instalación de incineradores.

En el diagrama de Shankey de la figura inferior demuestra que la mayor cantidad de residuos que produce la incineración es en forma de emisiones de gaseosas (77%), que se compone de gases y vapor de agua. Si el balance incorpora la masa de aire, la emisión puede superar el 95%.



4.4 Tratamientos para la reducción de contaminantes en la incineración

Los contaminantes presentes en los gases de la incineración se pueden dividir en forma muy general en cuatro grandes grupos:

Gases Ácidos: Proviene de la composición del mismo residuo. Se deben abatir por vía seca a base de inyectar reactivos o por vía húmeda.

Compuestos Orgánicos: Desde los hidrocarburos a las dioxinas pasando por el CO, normalmente son consecuencias del propio proceso de combustión. Por tal motivo hay que prestar atención al horno, la cámara de oxidación, de postcombustión y al enfriamiento de corriente gaseosa.

Partículas: Se clasifican en In quemados y escorias. Estas últimas son consecuencias de la fracción inorgánica presente en el residuo. Mientras los In quemados pueden proceder del mismo residuo o bien de un defectuoso proceso de combustión. Las escorias se recogen en el cenicero, mientras que el material fino se recupera en el ciclón, filtro de mangas o electrostática.

Metales Pesados: Proceden del residuo a incinerar. El sistema habitual para su abatimiento es la absorción, los filtros de mangas y electrostáticas.

La tabla 3 muestra el orden de magnitud más común de la presencia de estos contaminantes en los incineradores.

GRUPO	COMPUESTO	CONCENTRACIÓN
Gases ácidos	HCl	500-1000 mg/Nm ³
	HF	5-10 mg/Nm ³
	SOx	100-400 mg/Nm ³
	NOx	200-400 mg/Nm ³
Compuestos orgánicos	Hidrocar. Poliaromáticos	1-100 ng/Nm ³
	Clorobencenos	1-100 ng/Nm ³
	Dioxinas, furanos	5-100 ng/Nm ³
Partículas	Inquemados	
	Escorias	
Metales pesados	Hg	0,3-0,4 mg/Nm ³
	Cd	0,05-0,1 mg/Nm ³
	Pb	0,5-3,0 mg/Nm ³
	As, Ni, Cu, Cr, etc	

Tabla 3. Orden de magnitud de los contaminantes presentes en la incineración

Los incineradores deben contar con sofisticados sistemas de tratamiento de emisiones gaseosas y el correspondiente sistema de control. El sistema de tratamiento y control de emisiones constituye uno de los elementos clave en las plantas de incineración, siendo uno de los componentes mayoritarios del costo total (aproximadamente entre la mitad y un tercio del costo, dependiendo de la escala).

[Tratamiento de incineración de Residuos Sólidos en el D.F]

Los constituyentes de los residuos, las condiciones de operación y el sistema de tratamiento de emisiones utilizado son los que determinan el tipo de sustancias y la concentración en los gases que se emiten a la atmósfera. Por ejemplo, los niveles de ácido clorhídrico y dióxido de azufre emitidos están directamente relacionados con el contenido de cloruros y sulfuros de los residuos.

Adicionalmente el contenido de cloro en los residuos contribuye a la formación de dioxinas y furanos. Los sistemas de tratamiento deben garantizar la remoción de contaminantes tales como el ácido clorhídrico originado por la presencia de cloro en los residuos, cenizas volantes de muy pequeño diámetro (menores de 1 micra) y óxidos de azufre entre otros.

- Enfriador (quench) para el acondicionamiento térmico de los gases
- Lavador Venturi para la remoción de partículas
- Torre de absorción para la remoción de ácidos
- Eliminador de nieblas

El rápido enfriamiento, a temperaturas por debajo de los 100 °C, reduce el tiempo de residencia de los gases de combustión en zonas de temperatura que pueden dar lugar a la síntesis de dioxinas y furanos.

Los lavadores Venturi inyectan en forma atomizada agua o una solución de soda la que arrastra las partículas y parte de los gases absorbibles. Simultáneamente en estas unidades se produce otra caída de la temperatura de los gases. Las torres de adsorción funcionan con la recirculación de una solución en contracorriente con el flujo de gas.

Las unidades cuentan generalmente con otros elementos de control como son los precipitadores electrostáticos húmedos, lavadores húmedos ionizantes, filtros de manga y ciclones. La remoción de dioxinas y furanos, así como posibles restos de mercurio residual, se realiza mediante filtros conteniendo mezclas adsorbentes.

Las emisiones gaseosas son emitidas a la atmósfera por medio de chimeneas, las cuales se diseñan de modo que no exista contaminación atmosférica significativa a nivel de suelo, protegiendo así la salud humana y el medio ambiente.

Las instalaciones deben contar con medidores que permitan el monitoreo continuo de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, ácido clorhídrico, compuestos orgánicos volátiles y material particulado. Adicionalmente se deben realizar monitoreos periódicos de metales pesados, dioxinas y furanos.

4.5 Evaluación de la incineración de Residuos Sólidos

El método de evaluación de desempeño de los sistemas de incineración se diseñó para valorar los diferentes parámetros de operación de los incineradores, de acuerdo con rangos de operación satisfactorios, basados en su mayoría en los lineamientos establecidos por el PROY-NOM-098-ECOL-2000 y las normas aplicables en países donde la incineración es práctica común. Se incluyen también otros parámetros que no están directamente relacionados con el proceso de incineración, pero que deben atenderse para mejorar el desempeño general de las plantas. Así, se asignaron valores de acuerdo con una escala donde se distinguen condiciones y características de una operación ineficiente, satisfactoria o excelente, valoradas con los números 0, 1 y 2 respectivamente, como se muestra en la tabla.

Parámetro	Rango	Valor(b)	Observaciones
Criterios de combustión (a)			
Temperatura en CC1	< 800 °C	0	Combustión incompleta
	800 a 1000 °C	2	Operación adecuada
	>1000 °C	1	Daño al material refractario
Temperatura en CC2	< 850 °C	0	Combustión incompleta
	850 a 1200 °C	2	Operación adecuada
	> 1200 °C	1	Daño al material refractario
Tiempo de retención en CC2	< 2 seg	0	Insuficiente para destrucción de compuestos orgánicos
	? 2 seg	2	Suficiente para destrucción de compuestos orgánicos
Pérdida de materia volátil de las cenizas	> 10%	0	Representa combustión incompleta
	5 a 10%	1	Representa combustión satisfactoria
	< 5%	2	Garantiza la mejor combustión
Criterios para el tratamiento de gases			
Control de partículas y gases ácidos	Nulo	0	Se emiten contaminantes a la atmósfera
	Básico	1	Hay remoción de partículas
	Avanzado	2	Hay remoción de partículas y gases ácidos
Temperatura de salida de los gases	> 250 °C	0	Altas probabilidades de generación de dxnc
	250 a 200 °C	1	Se reduce la generación de dxn (c)

[Tratamiento de incineración de Residuos Sólidos en el D.F.]

	< 200 °C	2	La generación de dnx es casi nula
Otros criterios importantes			
Almacenamiento de residuos	No adecuado	0	Genera condiciones de inseguridad en la planta
	Adecuado	2	Existe buen manejo de los residuos
Manejo de cenizas	S/separación	0	Provoca dilución y disposición inadecuada
	C/separación		Evita la dilución
	C/separación y estabilización	2	Provee el manejo adecuado
Tratamiento de agua	Nulo	0	Provoca descarga de contaminantes
	Físico-químico	2	Provee tratamiento adecuado

a CC1 = cámara de combustión primaria; CC2 = cámara de combustión secundaria;
b 0 = ineficiente; 1 = satisfactorio; 2 = excelente; c dnx = dioxinas y furanos

Tabla 4. Criterios aplicados para valorar el desempeño de las plantas⁵⁵

Los criterios empleados para establecer dichos valores están basados tanto en las condiciones establecidas en el PROY-NOM-098-ECOL-2000, como en la legislación y literatura internacionales sobre el proceso de incineración.

4.6 Descripción del Incinerador Inciner8 A2600 (HF)³²

El Incinerador A2600HF fabricado en el Reino Unido tiene hasta 1200 [kg] de capacidad de carga por lote y se quemará alrededor de 300 [kg/Hr]. La unidad tiene un diseño de carga superior y tiene un revestimiento de cemento refractario, para conservar mejor el calor. Esta unidad opera en más de 1000 [°C] en la cámara primaria para asegurar una combustión completa. Este modelo también se beneficia de un trabajo pesado en la cámara secundaria y el quemador que garantiza una completa re-grabación de cualquier humo y emisiones a altas temperaturas entre 800-1200 [°C].

Sala principal: Cubierta de acero para trabajo pesado, revestimiento de alta calidad refractarios y aislamiento de carga de gran tamaño superior, quemadores de encendido.

Cámara secundaria: Quemador de encendido, 2 segundos de tiempo de permanencia del gas.

Chimenea: Acero inoxidable de alta resistencia de 1,5 m de carcasa, pila de acero inoxidable.

[Tratamiento de incineración de Residuos Sólidos en el D.F.]

Panel de control: Control de los quemadores primarios y secundarios, monitorización de la temperatura, termostato, control para quemadores, temporizador de control, ventilador integral de control temporalizado, auxiliares de funcionamiento y mantenimiento.

Características principales

- Bajos costos de mantenimiento
- Totalmente automático y de accionamiento sencillo
- Precalentador
- Carcasa de acero inoxidable
- Revestimiento refractario de hormigón clasificado a 1600 [°C]
- La tapa superior se abre para facilitar la carga
- Puerta de par en par para eliminación de Ceniza
- Depuración de gases
- Sistema de recuperación de calor
- Auto ignición

Especificaciones Técnicas.

Especificaciones Técnicas	Modelo A2600 (HF)
Combustible	Diesel
Capacidad volumétrica	1.92 [m3]
Capacidad en masa	1200 [Kg]
Consumo de combustible	10 [L/Hr]
Dimensiones Externas	
Longitud	3110 [mm]
Ancho	2150 [mm]
Altura	4250 [mm]
Abertura de la puerta	1000 x 2000 [mm]
Dimensiones Internas	
Longitud	2200 [mm]
Ancho	1050 [mm]
Altura	800 [mm]
Operación	
Mínima temperatura de operación	950 [°C]
Máxima temperatura de operación	1320[°C]
Tiempo de residencia en la segunda cámara	2 Segundos
Monitorización de la temperatura	Si

Tabla 5. Tabla de especificaciones técnicas del incinerador A2600 (HF)



Figura 13. Diagrama del incinerador A2600 (HF)

Unidad certificada por la Conformidad Europea (CE), únicos en un diseño cóncavo en la cámara primaria resultando en una re-grabación natural de humo y emisiones.

Las temperaturas en la cámara primaria alcanzará entre 1000 – 1350[° C] con temperaturas de salida de entre 600 - 1000 [°C]

Un resumen del informe de emisiones según el fabricante de prueba más reciente es el siguiente:

Contaminante	Emisión [mg/Nm ³]
Dióxido Azufre	20.7
Monóxido de Carbono	1.6
Dióxido de carbono	214100
Óxidos de Nitrógeno	241.2
Sustancias sólidas	3.6

4.7 Turbina de vapor siemens SST -050⁵⁶

La turbina SST-050 es una turbina de vapor de contrapresión en el que el flujo pasa axialmente a través del patinaje. Se utiliza principalmente como fuente de energía para las bombas o los ventiladores y sobre todo como una dependencia permanente, con capacidad de arranque rápido.



Figura 14. Turbina de vapor siemens SST -050 de 750 KWH

Especificaciones Técnicas	
Potencia de Salida	750 [KWH]
Presión de entrada	101 [bar] ò 1,465 [psi]
Temperatura de entrada de vapor saturado	500[°C]
Presión de escape	11 [bar] ò 160 [psi]
Velocidad	De acuerdo al trabajo de la maquina
Altura	1.3 [m]
Longitud	1 [m]
Ancho	1 [m]

4.8 Filtro de carbón activado Packs 4V ⁵⁸

Los Packs 4V son módulos destinados a la filtración de una amplia variedad de olores y contaminantes gaseosos dentro de una corriente de aire. Debido a su construcción tiene una baja pérdida de presión, tiene una membrana que evita la producción de polvo debido a la abrasión del granulado, mínima profundidad de instalación: 292 [mm], ligero debido a su construcción de plástico y aluminio. Velocidad frontal de hasta 2,5 [m/s].

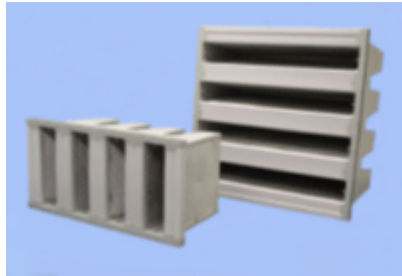


Figura 15. Filtros de carbón activado 4V (12 [in] x12[in])

4.9 Lavador de Gases flexibles de humo C20 FRIDURIT^{®59}

Esta diseñado especialmente para el lavado de gases descentralizado de las sustancias nocivas para la extracción exacta directa de la fuente.



Figura 16. Lavador de Gases C20 FRIDURIT[®]

Ventajas:

- Sin costos de instalación
- Fácil instalación
- Luz y ahorro de espacio
- Vaciado con bomba
- Fácil manejo
- Alta eficiencia de absorción

4.10 Viabilidad Económica

La viabilidad económica para la implementación de una planta incineradora de residuos sólidos urbanos depende principalmente de los siguientes factores: costo del incinerador, costo del terreno, costo de la turbina de vapor, costo de tratamiento de gases, costo de mantenimiento y operación así como la selección del equipo restante. El criterio económico utilizado para la generación de electricidad esta basado en un análisis de valor actual neto.

4.11 Calculo de costos

Una gran ventaja de las plantas de incineración es que se ocupan poco espacio se estima que con una superficie de 500 [m²] es suficiente, se toma en cuenta un precio medio para el Distrito Federal de \$3,350 M.N [m²], lo que resulta un costo de \$ 1, 675,000 M.N, se debe también tener en cuenta que se puede obtener la ayuda del gobierno inclusive puede darse el caso de no pagar el terreno por ser beneficio social y ambiental.

Teniendo en consideración la tubería necesaria para conectar la salida de gases con el lavador de gases y los filtros, así como el vapor de agua a la turbina. Se estima un aproximado \$80,400 M.N⁶¹.

El costo del Incinerador A2600 (HF) es alrededor de \$ 55, 000.00 DLS, sumando un embarque de \$ 3,200.00 DLS y una instalación de \$ 1,500 DLS, lo que suma un total de \$ 59,700 DLS.

Los filtros de carbón están en diferentes tipos de tamaño así como especificaciones particulares, para este caso se utilizara el filtro estándar para gases de combustión el cual tiene un costo de \$1,275 DLS con gastos de envío e instalación pensando que deben de cambiarse cada 6 meses.

El lavador de gases C20 FRIDURIT[®] tiene un costo aproximado según el fabricante de \$ 14,945 DLS.

El precio aproximado de la turbina de vapor siemens SST- 050 sin tomar las especificaciones exactas es de un valor de \$ 42,750 DLS , donde se toma en cuenta la instalación, el embarque y los elementos que se pueden observar en la figura 14. Los costos de mantenimiento para la turbina de vapor, se estiman en \$0.004/[KWH] DLS.⁵⁷ Esto resulta en un costo anual de mantenimiento de la turbina de \$ 0.004/[KWH] DLS *750KWH*365Dias= \$ 1,095 DLS anuales.

El costo de operario esta en base a la cantidad de trabajadores que se encargaran del buen funcionamiento de la planta, así como una persona que se dedique tiempo completo al mantenimiento de la incineradora para tal caso se estima un pago anual por persona de \$ 78,000 M.N para una cantidad de cinco personas que resulta un costo de \$ 390,000 M.N anuales. El dólar americano el 24 de septiembre del 2010 esta cotizado a la venta en \$ 12.70 M.N.⁴¹

4.12 Precio medio del KWH

Tomando en cuenta el comportamiento histórico del precio medio del KWH para el sector de la vivienda de junio del 2002 a junio del 2010⁶⁰, se pronosticaron mediante el método de “Regresión lineal” (figura 17), para el periodo del 2011 a 2020 obteniendo la tabla 6.

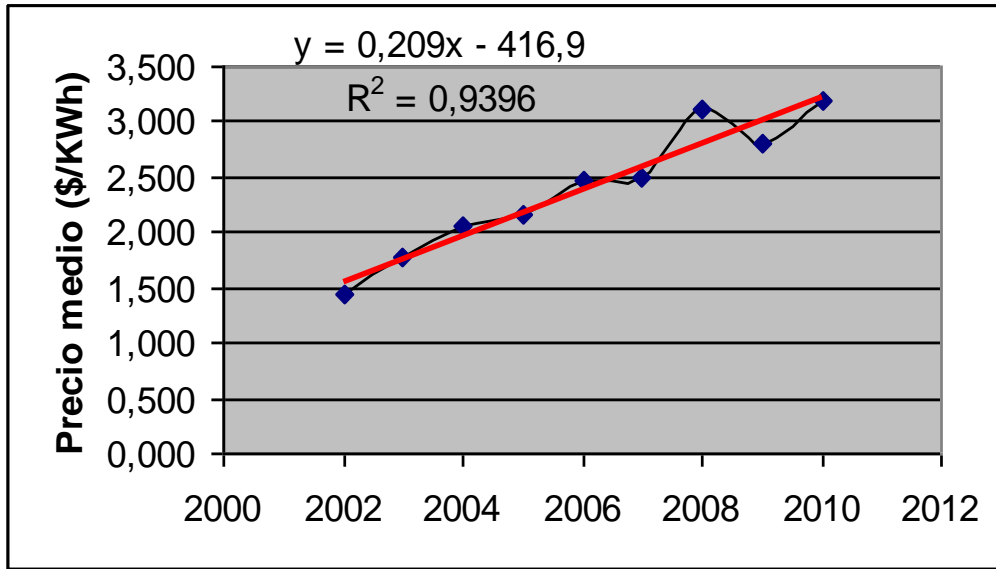


Figura 17. Grafica del precio medio del KWH para el sector vivienda de 2002 al 2010

Año	Precio Medio (\$/KWH)
2011	3.403
2012	3.612
2013	3.821
2014	4.03
2015	4.239
2016	4.448
2017	4.657
2018	4.866
2019	5.075
2020	5.284

Tabla 6. Pronosticó del precio medio del KWH

4.13 Costos Totales

La tabla 7 muestra los costos totales de inversión mencionados anteriormente para la planta de incineración.

Características	\$ Costos (M.N)
Terreno de 500 [m2]	1,675,000
Tuberías y complementos	80,400
Incinerador A2600 (HF)	758,190
Filtro de Carbón activado Pack 4V para 10 años	323,850
Lavador de gases C20 FRIDURIT®	189,801.5
Turbina de vapor siemens SST- 050	542,925
Mantenimiento de la Turbina SST-050 a 10 años	139,065
Costo de Operación y Mantenimiento a 10 años	3,900,000
Costo Total	7,609,232

Tabla 7. Costos totales de la inversión.

4.14 Ingresos por venta de energía eléctrica

Tomando el precio medio de KWH calculado por el método de regresión lineal expuesto anteriormente, en la tabla 8 muestra el pronóstico de ingreso anual por venta de energía eléctrica.

Año	KWh	\$/KWh	\$	\$/Kw año
2011	750	3.403	2,552.25	22,357,710
2012	750	3.612	2,709	23,730,840
2013	750	3.821	2,865.75	25,103,970
2014	750	4.03	3,022.5	26,477,100
2015	750	4.239	3,179.25	27,850,230
2016	750	4.448	3,336	29,223,360
2017	750	4.657	3,492.75	30,596,490
2018	750	4.866	3,649.5	31,969,620
2019	750	5.075	3,806.25	33,342,750
2020	750	5.284	3,963	34,715,880
		Total		285,367,950

Tabla 8. Ingreso anual por venta de energía eléctrica

4.13 Valor Actual Neto⁶².

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. El método descuenta una determinada tasa de interés igual para todo el periodo considerado.

[Tratamiento de incineración de Residuos Sólidos en el D.F.]

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{I_n - E_n}{(1 + i)^n}$$

La I_n representa los ingresos y E_n representan los egresos, este valor se representa negativamente ya que representa una salida de dinero. N es el número de periodos considerados empezando de 0. El valor $I_n - E_n$ indica los flujos de caja estimados en cada periodo. El tipo de interés es i que en este caso es del 34%⁶³ que es una tasa promedio.

Realizando el Valor actual neto (VAN), se observa que $VAN > 0$, como se observa en la tabla 9, lo que indica que el proyecto va obtener ganancias por tal motivo el proyecto es rentable.

		i=	0.34	
Año	Periodo	I-E (Flujo de caja)	(1+i) ⁿ	I-E/(1+i) ⁿ
2011	0	14,748,478	1	14748478
2012	1	38,479,318	1.34	28715908.96
2013	2	63,583,288	1.7956	35410608.15
2014	3	90,060,388	2.406104	37429964.79
2015	4	117,910,618	3.22417936	36570737.8
2016	5	147,133,978	4.32040034	34055635.2
2017	6	177,730,468	5.78933646	30699626.68
2018	7	209,700,088	7.75771085	27031181.22
2019	8	243,042,838	10.3953325	23379996.45
2020	9	277,758,718	13.9297456	19939970.6
			VAN	287,982,107.9

Tabla 9. Valor presente actual neto del proyecto a 10 años.

Resumen.

La incineración tiene por objeto la reducción del volumen mediante la combustión a altas temperaturas, de esta combustión resultan cenizas, escorias y gases tóxicos. Los elementos de la incineración más importantes son: la temperatura, el tiempo de residencia de los gases y la turbulencia. Los gases resultantes de la incineración deben estar a una temperatura mínima de 850 [°C] durante al menos 2 segundos.

Los tipos de incineradores más conocidos o comunes son los incineradores de inyección líquida que se utilizan exclusivamente para líquidos bombeables, los incineradores de horno rotatorio cuentan con cámaras cilíndricas recubiertas de refractarios, que cuentan con una leve inclinación horizontal y rotan a una velocidad de entre 0,5 a 1,0 [rpm]. El horno de lecho fluidizado ha sido diseñado para el tratamiento de residuos conflictivos como de poder calorífico bajo o diferencias de tamaño en el combustible. En el horno de parilla la carga entra por gravedad, en la parilla de pre secado, en la parte central de las parillas centrales de combustión, además de la combustión de buena parte de la carga piro liza y gasifica.

Los incineradores no tienen gran aceptación en la sociedad porque se menciona que generan demasiados contaminantes y esto sucede porque no son tratados adecuadamente. Se debe tener en cuenta que en las emisiones pueden aparecer compuestos más tóxicos que son conocidos como furanos y dioxinas.

Los contaminantes más comunes en la incineración se clasifican en: Gases ácidos, compuestos orgánicos, partículas y metales pesados, por tal motivo es necesario tener un sistema de tratamiento eficiente el cual puede llegar a costar más de la mitad del proyecto.

Existen varios tipos de tratamiento de gases como lavadores venturi, enfriadores, precipitadores electrostáticos, torre de absorción, filtros, etc.

La evaluación en México sobre el desempeño de este mismo se basa en la norma PROY-NOM-098-ECOL-2000.

El incinerador Incer8 A2600 es fabricado en Reino Unido tiene una capacidad de 1200 [Kg] y quemara alrededor de 300 [Kg/Hr] y opera a temperaturas entre 800-1200 [°C]. Esta se divide en: Sala principal, cámara secundaria, chimenea, panel de control.

La turbina de vapor siemens SST-050 se utiliza principalmente como fuente de energía para las bombas o los ventiladores.

Los filtros de carbón Packs 4V son hechos de carbón activado para reducir la contaminación de gases como los malos olores de estos, tiene una baja pérdida de presión, tiene una membrana que evita la producción de polvo. El lavador de gases C20 FRIDURIT sirve para el descentralizar las sustancias toxicas eliminando la contaminación de los gases.

[Tratamiento de incineración de Residuos Sólidos en el D.F]

La viabilidad económica consiste en saber si el proyecto nos va generar ganancias de esto cuenta: costo del incinerador, costo del terreno, costo de la turbina de vapor, costo de tratamiento de gases, costo de mantenimiento y operación así como la selección del equipo restante.

El precio medio del KWH es determinado por la Comisión Federal de Electricidad por lo cual es importante hacer un pronóstico para saber en cuanto va cotizar la venta de energía eléctrica como un egreso al proyecto. Se estima el costo total contra la venta de energía eléctrica para los 10 años próximos y a partir del Valor Actual Neto donde el proyecto es rentable.

[Conclusiones y Recomendaciones]

Conclusiones y Recomendaciones.

Al analizar los resultados referentes a la viabilidad del proyecto tenemos que comparando el VAN a 10 años con el costo total del proyecto, la diferencia es de \$ 280, 372,875.9 M.N aproximadamente, esto quiere decir que el proyecto es rentable por ser un valor positivo, cifra que representa una gran ganancia desde el punto de vista de inversión.

Sin embargo esta ganancia es un valor que no toma en cuenta otros factores como la eficiencia de la maquinaria es decir la maquina de vapor puede no estar las 24 horas del año trabajando así como su rendimiento, por tal motivo el valor de la ganancia puede caer casi a la mitad, otro factor importante es que la misma planta puede tomar energía que genera para el funcionamiento de esta misma, que de igual forma la venta de energía ya no es el total mostrado, solo con estos factores la ganancia ofrecida se puede estimar a 1/3 de la ganancia original.

Aun con esta reducción de ganancias y tomando otros factores que puedan disminuir los ingresos, el proyecto obtiene un beneficio económico sino también ambiental y social, obteniendo un costo beneficio del proyecto.

Tenemos en cuenta que la inversión inicial del incinerador es alta pero cuenta con ventajas como el poco espacio que ocupa, cuenta con tratamiento de gases, el único problema que puede tener es que por la geografía de la Ciudad de México los gases tardarían mas en limpiarse.

El incinerador quema aproximadamente 300 [kg/Hr] y en la ciudad de México se generan 1.4 [Kg/Día] de basura esto quiere decir que la planta sirve para una población aproximada de 5,143 habitantes es decir es insuficiente si tomamos en cuenta que en la misma Ciudad hay mas de 10 millones de personas.

La recomendación para este caso sería instalar una planta por Delegación en primer lugar con la aceptación social, así se podría reducir considerablemente la problemática de la basura, teniendo en cuenta que el incinerador solo puede cremar ciertos tipos de basura, para las otras se tendría que reciclar o entrarían en otros tratamientos.

Sabemos que la problemática no solo es local si no mundial y esta se está haciendo presente con desastres naturales, por lo cual es necesario ponernos en marcha soluciones ambientales, una de las mejores soluciones y de menos costo sería que todos nosotros tengamos una cultura y educación sobre la conservación y protección del medio ambiente, obligados a saber la forma correcta de manejar nuestros residuos, utilizar productos de fácil biodegradación, sin causar daños a nuestro entorno natural.

Pero esto no va a suceder hasta que el gobierno, los medios de comunicación y nosotros mismos decidamos tener un mejor lugar de vida creando conciencia de esta misma.

[Conclusiones y Recomendaciones]

Lo que tenemos que hacer es capacitar a todos los que intervienen en las cadenas productivas para inducir el cambio de conductas y la adopción de procesos más limpios de producción.

Cambiar los tipos de tratamientos como rellenos sanitarios, incineraciones deficientes, etc.

Tener la mejor tecnología adecuada de tratamiento según nuestras necesidades.

Fomentar la valorización de los materiales reusables o reciclados utilizando la aplicación de las 3 'R (reciclar, reducir, reutilizar).

No obstante para lograr estas metas y mas es urgente eliminar prácticas políticas enraizadas, difundir programas de conciencia de ecológica, actualizar leyes y normas, entre otras.

Mientras no se genere conciencia del cuidado del medio ambiente, va a ser necesario generar otras alternativas como métodos de tratamientos de RSU a gran escala, por lo que es necesario saber que maquinaria es la necesaria, como la composición de la basura entre otras cosas. Hoy en día hay diversos métodos de tratamiento de RSU, como maquinaria especializada con diversos tamaños y costos.

Mesografía.

1. Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos SEMARNAT.
2. NOM083ECOL1996
3. REGLAMENTO DE LA LEY DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO FEDERAL 7/10/2008
4. Segundo Informe de Trabajo de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Octubre 2008.
5. Situación actual en el Manejo de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), SEDESOL, 2006, Disponible en Internet: http://sedesol2006.sedesol.gob.mx/subsecretarias/Desarrollourbano/sancho/documentos/Alcances/Residuos_Solidos_Urbanos.pdf, consultada el 12 de enero del 2010.
7. Proceso de oxidación térmica controlado para desechos orgánicos, 1998, disponible en Internet <http://www.patentesonline.com.mx/proceso-de-oxidacion-termica-controlado-para-desechos-organicos-61389.html>, consultada el 27 de diciembre de 2009.
8. Enciclopedia wikipedia, 2010, disponible en Internet :<http://es.wikipedia.org/wiki/Vitrificaci%C3%B3n>, consultado el 14 de agosto de 2010.
11. *Soluciones innovadoras para la disposición de residuos de manera ecológica y con el mejor costo-beneficio, 2007, disponible en Internet: <http://www.faber-ambra.com/es> , consultado el 7 de enero de 2010.*
12. Plasma arc waste disposal , 1997, disponible en http://www.chemie.de/lexikon/e/Plasma_arc_waste_disposal/ , consultado el 12 de enero de 2010.
13. *Biodegradable and Residual waste management, 2004, disponible en Internet: http://www.alexmarshall.me.uk/index_files/documents/HarrogateProceedings.pdf, consultado el 25 de enero de 2010.*
14. *Treatment of hazardous waste by generators, public Health and Environment ,2010 , disponible en: <http://www.cdph.state.co.us/HM/hwtreat.pdf>, consultado el 12 de febrero de 2010.*
15. List of solid waste treatment Technologies, 2009, disponible en Internet: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_solid_waste_treatment_technologies, consultado el 16 de febrero de 2010.
16. *Vecoplan LLC: Tecnología del plástico , 27 de agosto 2010, disponible en Internet: http://www.plastico.com/tp/secciones/TP/ES/MAIN/M/SHOWROOMS/doc_53230_HTML.html?idDocumento=53230, consultado el 29 de agosto 2010.*

17. LESSINES INDUSTRIES, 2009, disponible en Internet: www.lessinesindustries.com/en/ , consultado el 29 de diciembre 2010.
18. Turn Waste To Value, 1996. Disponible en Internet: www.runi.dk, consultado el 9 de febrero 2010.
19. Mezclador en continuo gericke, 2005, disponible en Internet: <http://www.gericke.net> (Mezcladores), consultado el 25 de marzo de 2010.
20. Scott Equipment Company, 2010, disponible en Internet: <http://www.scottequipment.com>, consultado el 6 de junio 2010.
21. Lödige Industries Technology in Motion , 2010, disponible en Internet: www.loedige.com, consultado el 28 de febrero 2010.
22. High Purity Metal Specialists, 2002, disponible en Internet: <http://www.espi-metals.com/tech/mesh.htm>, consultado el 30 de junio 2010.
23. Agricultura y ganadería de México, 1998, disponible en Internet: <http://www.viarural.com.mx/agroindustria/maquinaria-construccion/caterpillar/Caterpillar, 2010 disponible en Internet en:> (<http://www.cat.com/cda/layout?m=308435&x=7>), consultado el 4 de mayo 2010.
24. Scalvenzi Società Cooperativa, 2008, disponible en Internet: <http://www.scalvenzi.it>, consultado el 22 de abril 2010.
25. Industrial Magnetic Separators and Equipments and other products in India, 2010, disponible en Internet en: <http://www.jupitermagnetics.net>, consultado el 25 de marzo de 2010.
26. Separación y Reciclaje de Metales, 2009, disponible en Internet: <http://www.regulator-cetrisa.com/>, consultado el 2 de mayo de 2010.
27. *Waste Sorting Technology, 2006, disponible en Internet: www.steinert.de, consultado el 15 de mayo 2010.*
28. Allie Blower, 2010, disponible en Internet: <http://www.alliedblower.com>, consultado el 23 de abril de 2010.
29. Carnevalli, 2002, disponible en Internet: <http://www.carnevalli.com/esp/home.html>, consultado el 24 de febrero 2010.
30. Epcon Industrial Systems LP, 2010, disponible en Internet: www.epconlp.com, consultado el 3 de junio de 2010.
31. Lift & Compactors México S.A. de C.V, disponible en Internet: <http://www.hydramacmexico.com/>, consultado el 5 de junio 2010.

32. Animal, Medical and Waste Incineration, 2004, disponible en Internet: <http://www.inciner8.com/>, consultado el 8 de abril de 2010.
33. Hornos Industriales de pirólisis, 2004, disponible en Internet: <http://www.ayumex.com/pcp/>, consultado el 30 de abril 2010.
34. Steam Autoclaves, 2009, disponible en Internet: www.priorclave.co.uk, consultado el 24 de marzo 2010.
35. Dulevo Internacional, 2010, disponible en Internet: www.dulevointernational.com, consultado el 3 de junio 2010.
36. ASECA, 2009, disponible en Internet: www.aseca.com/, consultado el 25 de junio 2010.
37. *France Etuves, 2010, disponible en Internet:* <http://www.france-etuves.com>, consultado el 13 de abril 2010.
38. Sennebogen, 2010, disponible en Internet: <http://sennebogen.de>, consultado el 20 de junio 2010.
39. Builtrite™ Handlers & Attachments, 2010, disponible en Internet: <http://www.builtritehandlers.com>, consultado el 22 de junio 2010.
40. Guidetti S.r.l., 2010, disponible en Internet: www.guidettirecyclingsrl.com, consultado el 25 de mayo de 2010.
41. Finanzas, Divisas y Metales, 2010, disponible en Internet: <http://www.banamex.com/esp/finanzas/divisas/divisas.html>, consultada el 28 de junio 2010.
42. Mercado libre, Camión Recolector de Basura 25 yds., 2010, disponible en Internet: http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-43082585-camion-recolector-de-basura-25-yds-promocion-_JM., consultado el 30 de junio 2010.
43. The World Bank, 2010, disponible en Internet: <http://web.worldbank.org>, consultado el 30 de junio 2010.
- 44 . Economía de Distrito Federal, explorando México, 2010, disponible en Internet: <http://www.explorandomexico.com.mx/state/32/Distrito-Federal/economy/>, consultado el 20 de mayo 2010.
45. *Fundación Christlieb, 2010, disponible en Internet:* <http://www.fundacion-christlieb.org.mx/estudios/estudio30.pdf>, consultado el 28 de mayo de 2010.
46. Boletín Mexicano de Derecho Comparado, María del Carmen CARMONA LARA, 2010, disponible en Internet: <http://www.juridicas.unam.mx/publica/rev/boletin/cont/87/art/art4.htm>, consultado el 25 de mayo 2010.

47. Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, Emilio Cerda, 2006, disponible en Internet: http://www.revistasice.com/cmsrevistasICE/pdfs/CICE_71_712__FA00FDA9C7B35ADD65DF5956EDC31464.pdf, consultado el 6 de mayo de 2010.
48. Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 2004, disponible en Internet: <http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php?opcion=26&id=219>, consultado el 11 de mayo 2010.
49. Secretaria de Obras y Servicios, 2010, disponible en Internet: www.obras.df.gob.mx, consultado el 19 de mayo de 2010.
50. México de un vistazo, 2008, disponible en Internet: <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/movil/mexicoc/1t6.asp?proyecto=2&tema=1&subtema=6>, consultado el 22 de mayo 2010.
51. Territorio y dimensión, archivo 2, 2002, disponible en Internet: http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/medioambdf/2002/archivo2.pdf, consultado el 27 de mayo de 2010.
52. Salón virtual de la industria, 2009, disponible en Internet: <http://www.directindustry.es>, consultado el 3 de junio de 2010.
53. Residuos Sólidos, 2008, disponible en Internet: <http://www.sma.df.gob.mx/rsolidos/index.htm>, consultado el 5 de junio 2010.
54. Instituto Nacional de Ecología, 2007, disponible en Internet: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/128/cap3.html>, consultado el 8 de junio 2010.
55. Servicios Urbanos, Fernando José Aboitiz Saro, 2009, disponible en Internet: http://www.obras.df.gob.mx/servicios_urbanos/residuos/rec_trans_sel_final.html, consultado el 30 de junio 2010.
56. Siemens steam turbines SST-050, 2010, disponible en Internet: <http://www.energy.siemens.com/hq/en/power-generation/steam-turbines/sst-050.htm> Consultado el 14 de septiembre 2010.
57. Steam_Turbines.pdf, 2010, disponible en Internet: http://njchp.rutgers.edu/files/Steam_Turbines.pdf Consultado el 17 de septiembre 2010.
58. Bioconservacion gas phase filtration , 2010, disponible en Internet: <http://www.bioconservacion.eu/contenido.php?pad=114&modulo=93&cat=59> consultado el 17 de septiembre del 2010.
59. Direct Industry, 2010, disponible en internet <http://www.directindustry.es>, consultado el 18 de septiembre del 2010.

60. Comisión Federal de Electricidad, 2010, Tarifas CFE disponible en Internet:
<http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas.asp?Tarifa=DACAnual2003&anio=2010>, consultado el 20 de septiembre del 2010.

61. Quiminet, 2010 disponible en Internet: www.quiminet.com consultado el 20 de septiembre del 2010.

62. Wikipedia Enciclopedia libre, 2010, Valor actual neto disponible en internet:
http://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_neto, consultado el 20 de septiembre del 2010.

63. El economista, 2009 disponible en Internet: <http://eleconomista.com.mx/notas-impreso/columnas/columna-invitada-valores/2009/03/19/%C2%BFque-nos-dice-tasa-promedio-interes>, consultada el 20 de septiembre del 2010.

Instituto nacional de ecología, 2002, Estadística del medio ambiente del distrito federal y zona metropolitana disponible en internet:
http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/medioambdf/2002/archivo2.pdf consultada el 11 de enero del 2010.

Ciudad de México, 2010, residuos sólidos, disponible en Internet:
<http://www.sma.df.gob.mx/rsolidos/index.htm> consultada el 22 de agosto del 2010.

Secretaria de obras y servicios, 2010, disponible en internet:
http://www.obras.df.gob.mx/servicios_urbanos/residuos/rec_trans_sel_final.html
consultado el 23 de marzo del 2010.

INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA AMBIENTAL PARA LA INDUSTRIA DE PROCESOS C.A. ZAROR Z. 5-27

Grandes empresas, economía y poder en México, Colección CSH Series, Autor Gregorio Vidal, 236 páginas.

Legislación para el Manejo Integral de Residuos Sólidos, otorgado por la Comisión de Uso y Aprovechamiento de Bienes Públicos, dependiente de la Asamblea Legislativa del Distrito Federal (ALDF).

Glosario.

Autoclave. Un autoclave es un dispositivo que sirve para esterilizar material de laboratorio, utilizando vapor de agua a alta presión y temperatura, evitando con las altas presiones que el agua llegue a ebullición a pesar de su alta temperatura.

Anaerobios. Los organismos anaerobios o anaeróbicos son los que no utilizan oxígeno (O₂) en su metabolismo, más exactamente que el aceptor final de electrones es otra sustancia diferente del oxígeno.

Biorreactor. Un biorreactor es un recipiente o sistema que mantiene un ambiente biológicamente activo. En algunos casos, un biorreactor es un recipiente en el que se lleva a cabo un proceso químico que involucra organismos o sustancias bioquímicamente activas derivadas de dichos organismos. Este proceso puede ser aeróbico o anaeróbico

Basura. Desechos de cualquier naturaleza: desperdicios domésticos, cenizas, papel, cartón, vidrio, latas, envases desechables, restos de flores y plantas; desperdicios de comida, polvo, y todo aquello que queremos desaparecer de nuestra vista porque ensucia o da la impresión de suciedad, de impurezas, manchas o turbiedad. Se dice que los objetos inútiles son basura, y esto presupone el deseo de eliminarlos, ya que no se les atribuye suficiente valor para conservarlos. Suciedad y especialmente la que se recoge barriendo.

Biodegradable. Degradación biológica. Susceptible de pudrirse o descomponerse como materia orgánica. En el caso de la basura, la que tiene esta característica es la de origen biológico u orgánico, la que en algún momento ha tenido vida, como todo aquello que nace, vive, se reproduce y muere.

Biogás. El conjunto de gases generados por la descomposición microbiológica de la materia orgánica.

Composteo. El proceso de descomposición aerobia mediante la acción de microorganismos específicos.

Contaminación. Conforme a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente es: la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes, o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

Contaminante. Es toda materia o energía en cualesquiera de sus estratos físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural. Contaminación también es envenenar, alterar, viciar, siempre con características negativas para la vida.

Estaciones de transferencia. Las instalaciones para el trasbordo de los residuos sólidos de los vehículos de recolección a los vehículos de transferencia.

Hectárea. Una Hectárea = 10,000 m² (100 m x 100 m).

Eutéctico: es una mezcla de dos componentes con punto de fusión (solidificación) o punto de vaporización (licuefacción) mínimo. En efecto, dados un disolvente y un soluto existe para ellos una composición llamada mezcla eutéctica.

Incineración: Se entiende por incineración al procesamiento de residuos en cualquier unidad técnica, equipo fijo o móvil que involucre un proceso de combustión a altas temperaturas.

Tiempo de residencia: Es el tiempo requerido para que un determinado material complete su ciclo de ingreso, permanencia y egreso en un medio permeable

Lixiviados. Los líquidos que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos sólidos y que contienen sustancias en forma disuelta o en suspensión que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositen residuos.

Lechos. Cauce de un río, o depresión del terreno por donde corre un curso de agua, Porción de una cosa extendida horizontalmente, encima de la cual se puede poner otra.

Liquidez: Es la capacidad que tiene una empresa para pagar sus deudas oportunamente

Oligoelementos. Los oligoelementos son bioelementos que se encuentran en cantidades ínfimas (menos de un 0,1%) en los seres vivos y tanto su ausencia como una concentración por encima de su nivel característico pueden ser perjudiciales para el organismo.

Recolección. La acción de recibir los residuos sólidos de sus generadores y trasladarlos a las instalaciones para su transferencia, tratamiento o disposición final.

Rentabilidad: Es el rendimiento que generan los activos puestos en operación.

RSU: Residuos Sólidos Urbanos

Reciclaje. La transformación de los materiales o subproductos contenidos en los residuos sólidos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico; método de tratamiento que consiste en la transformación de los residuos con fines productivos y de reutilización.

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.

Tratamiento. El procedimiento mecánico, físico, químico, biológico o térmico, mediante el cual se cambian las características de los residuos sólidos y se reduce su volumen o peligrosidad.

Tasa de rendimiento: Es el porcentaje de utilidad en un período determinado.

Vermicompostaje: El vermicompostaje es una técnica de compostaje que utiliza la capacidad de las lombrices para tratar los residuos orgánicos generando un producto, el humus de lombriz.

Anexo.

Leyes de Residuos Sólidos⁵

Nombre	Fecha	Institución
Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental	26 febrero 1971	SSA y SRH
Ley Federal de Protección al Ambiente	22 diciembre 1981	SSA, SARH, SM, SPFI, STPS, SC, SAHOP, SCT y SEP
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	28 enero 1988	SEDUE
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, reformas y adiciones	30 mayo 2000	SEMARNAT
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos	8 octubre 2003	SEMARNAT

Normas de Residuos Sólidos⁵

Nombre	Fecha	Institución
Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993, que establece las características de los residuos peligrosos	5 octubre 1993	SEDESOL, SG, SEMIP, SCFI, SARH, SCT, SSA, DDF, GEM, CFE y PEMEX.
Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-1995, Que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos	7 noviembre 1995	SEMARNAT y SSA
Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-22 SSA1-2002	Enero 2003	SEMARNAT y SSA
Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura	20 octubre 2004	SEMARNAT



INCINER8 House, Balmoral Drive,
Southport PR9 8PZ, United Kingdom
Tel: +44 (0) 1704506506 Fax: +44 (0) 1704506666

PRICING:

1 x A2600(HF) Incinerator	US\$55,000.00
Freight	US\$3,200.00
Total Price	US\$58,200.00

This Quotation is valid for 60 days

INSTALLATION

Installation is quite simple if following the manual. We can provide an engineer for commissioning if requested for \$700 per day plus flights