

132
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"SITUACION ACTUAL DEL RECICLADO DE
BOTELLAS DE PLASTICO POLIETILEN
TEREFTALATO (PET) EN MEXICO"

Trabajo Monográfico de Actualización
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A:
FRANCISCO ROJAS GALICIA



TESIS CON México, D. F.
FALLA LE CR.GEN

1993



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

C O N T E N I D O

CAPITULO I

INTRODUCCION

PAGINA

INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	4

CAPITULO II

PANORAMA GENERAL

GENERACION DE BASURA EN EL DISTRITO FEDERAL.....	7
CONTRIBUCION DE DESECHOS POR EL COMERCIO Y LAS FAMILIAS EN EL DISTRITO FEDERAL.....	9
VENTAJAS DE LA CLASIFICACION DE LOS DESECHOS SOLIDOS.....	15
COMO LOGRAR NO PRODUCIR BASURA.....	17
LA SOLUCION.....	18
BENEFICIO DE LOS DESECHOS SOLIDOS.....	20
SITUACION INTERNACIONAL.....	24
SISTEMA DE RECOLECCION DIFERENCIADA EN EL MUNICIPIO DE PRATO.....	27
RECOLECCION DIFERENCIADA DE DESECHOS PLASTICOS.....	29
RECOLECCION DE DESECHOS PLASTICOS DOMESTICOS.....	30

RECOLECCION DE DESECHOS PLASTICOS COMERCIALES E INDUSTRIALES.....	31
---	----

CAPITULO 000

SITUACION ACTUAL EN MEXICO

TIPOS DE RECICLADO.....	35
TIPOS DE DESECHOS PLASTICOS.....	35
SISTEMA CODIFICADOR PARA CONTENEDORES DE PLASTICO "BOTELLAS DE PLASTICO".....	38
SITUACION DE LOS PLASTICOS EN MEXICO.....	39
PLASTICOS DE INGENIERIA.....	48
TIPOS DE POLIMEROS.....	49
PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS DE INGENIERIA.....	50
EL PLASTICO POLIETILEN TEREFALATO (PET).....	53
PROPIEDADES DEL POLIETILEN TEREFALATO (PET).....	56
GRADOS ESPECIALES.....	58
ESTADISTICAS DE PRODUCCION Y CONSUMO DE PET GRADO BOTELLA Y HDPE EN MEXICO.....	59
HISTORIA DEL RECICLADO DE DESECHOS PLASTICOS POST-CONSUMIDOR.....	61
RECICLADO DE BOTELLAS DE PLASTICO PET UTILIZADAS COMO CONTENEDORES DE BEBIDAS CARBONATADAS.....	62
RECICLADO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.....	64

CAPITULO IV

DESCRIPCION GENERAL DE EQUIPOS EMPLEADOS PARA RECICLAR BOTELLAS DE PLASTICO POLIETILEN TEREFALATO (PET)

ESTACION DE CLASIFICACION DE MATERIALES.....	66
PERFORADOR/DENSIFICADOR DE ALIMENTACION CONTINUA.....	68
GRANULADORES.....	69
GRANULADORES PCPR DE INDUSTRIAS M.A.....	72
GRANULADORES DE MEDIANA CARGA.....	73
DESMENUZADORAS HI-TORQUE.....	76
SISTEMA DETECTOR DE METALES "METALARM".....	80
DETECTOR/SEPARADOR DE METALES ELPAC MODELOS EL800P Y EL1500P.....	82
SOPLADORES CON IMPULSORES DE ACCIONAMIENTO DIRECTO.....	87
SISTEMAS DE PELETIZACION GALA.....	89
SECADORES GALA.....	96
SECADOR/CRISTALIZADOR VERTICAL.....	103
FORMAS DE SEPARACION ELECTROSTATICA.....	105
METODOS DE CARGA PARA LA SEPARACION DE MATERIALES POR ELECTROFORESIS.....	107
TEORIA DE LA DIELECTROFORESIS.....	113
SEPARADORES ELECTROSTATICOS DE LAS SERIES HTE.....	115
ANALISIS DE EQUIPOS EMPLEADOS PARA RECICLAR BOTELLAS DE PLASTICO PET.....	122

CAPITULO V

DESCRIPCION GENERAL DE PROCESOS EMPLEADOS PARA RECICLAR BOTELLAS DE PLASTICO POLIETILEN TEREFTALATO (PET)

SISTEMA DE RECUPERACION DE DESECHOS PLASTICOS POST-CONSUMIDOR (PCPR).....	126
PROCESO PARA LA RECUPERACION DE PEDACERIA DE PLASTICO PET.....	130
SECUENCIA DEL PROCESO UTILIZADO PARA LA RECUPERACION DE PLASTICO PET, A PARTIR DE BOTELLAS DE BEBIDAS CARBONATADAS.....	132
SISTEMAS JOHN BROWN EMPLEADOS PARA EL RECICLADO DE DESECHOS PLASTICOS POST-CONSUMIDOR.....	136
SISTEMA ARCO 7200 EMPLEADO PARA RECICLAR BOTELLAS DE PLASTICO PET.....	139
ANALISIS DE PROCESOS EMPLEADOS PARA RECICLAR BOTELLAS DE PLASTICO PET.....	142
MERCADOS PARA PRODUCTOS DE PLASTICO PET RECICLADO.....	144

CAPITULO VI

CONCLUSIONES.....	146
-------------------	-----

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA.....	151
-------------------	-----

CAPITULO I

INTRODUCCION

INTRODUCCION

En todo el mundo, se generan grandes cantidades de desechos sólidos. Como consecuencia de esta situación, se afirma que el daño a la ecología durante la última década es de 50%.

Los problemas de daño a la ecología, han propiciado que en algunos países se legisle el uso de los plásticos, ya que se considera que son los principales causantes de la contaminación.

La legislación de los plásticos tanto en Estados Unidos como en Europa, ha obligado a las empresas productoras de resinas plásticas y de productos de plástico a investigar y a desarrollar nuevas tecnologías, así como, a implementar programas de reciclamiento. Los programas de reciclamiento en E.U., han tenido un gran éxito debido a la cooperación de la industria, el gobierno y los ciudadanos. Debido a la cooperación de estos sectores, actualmente se está reciclando el 25% de sus desechos sólidos.

De forma similar, se han establecido programas de reciclamiento en Países Europeos, y se ha estimado que actualmente en Alemania se está reciclando el 15% de sus desechos sólidos y en Japón el 50%.

En México, se ha estimado que se recicla entre el 4 y 5% de los desechos sólidos. Estas cantidades son bajas comparadas con las cantidades recicladas en otros países. Esta situación se debe a

que no ha habido una cooperación estrecha entre la industria, el gobierno y los ciudadanos.

¿ Por qué reciclar botellas de plástico polietilén tereftalato (PET) ?

Actualmente, ha resultado ser de gran interés el recuperar botellas de plástico polietilén tereftalato (PET), porque sus componentes tienen un gran valor económico y sus propiedades tanto físicas como químicas permiten que se les pueda utilizar en la manufactura de nuevos productos. Las aplicaciones de estos productos incluyen aplicaciones comerciales, industriales, familiares, etc.

Las empresas dedicadas a desarrollar procesos para reciclar botellas de plástico PET, han logrado obtener tecnologías que recuperan el plástico hasta con un 99.9% de pureza y con una contaminación al medio ambiente mínima o nula.

Las tecnologías empleadas para recuperar botellas de plástico PET, presentan varias ventajas, entre las principales se encuentran su facilidad de operación y su baja inversión inicial en la compra de las instalaciones.

En México, se deben de adquirir estas tecnologías con el fin de aprovechar los desechos plásticos, disminuir las cantidades de desechos sólidos en la basura y aumentar la economía del país.

OBJETIVOS

Los objetivos que nos proponemos al presentar éste trabajo, se han derivado de la creciente necesidad de contrarrestar el crecimiento de los desechos sólidos. Así, haremos notar, que los desechos plásticos no contaminan y que el incremento de estos en las corrientes de desechos es más bien un problema de cultura y de irresponsabilidad. A continuación, enunciamos estos objetivos:

- 1.- Analizar la situación de la generación de basura en el D.F., así como, la contribución a ésta por el comercio y las familias.
- 2.- Conocer las ventajas que se obtienen al clasificar los desechos sólidos y los beneficios que se pueden obtener de estos.
- 3.- Dar una solución al manejo de los desechos sólidos generados en el hogar. Esta solución podría evitar el tener que adquirir tecnologías para clasificar los desechos.
- 4.- Conocer la situación que a nivel internacional tiene el área de reciclado de plásticos.
- 5.- Definir los tipos de reciclado de plásticos existentes, y dar a conocer el nuevo sistema de codificación de envases y recipientes de plástico.
- 6.- Analizar la situación de los plásticos en México, así, como

las fuentes de generación de desechos plásticos en el D.F.

7.- Describir en general el grupo de los plásticos de ingeniería y analizar el subgrupo del que forma parte el PET.

8.- Dar a conocer las estadísticas de producción de PET y HDPE en México.

9.- Dar una descripción de la historia del reciclado de desechos plásticos post-consumidor, así como, del reciclado de botellas de plástico PET.

10.- Describir en forma general algunas tecnologías existentes en el mercado internacional, empleadas para reciclar botellas de plástico PET. Aquí, daremos a conocer diferentes modelos y las principales características de construcción y de operación de estas tecnologías.

11.- Se describirán algunos procesos empleados para reciclar botellas de plástico PET, dando las principales características de operación de cada proceso.

12.- Se darán a conocer los principales mercados para productos fabricados a partir de plástico polietilén tereftalato (PET), reciclado.

CAPITULO 00

PANORAMA GENERAL

GENERACION DE BASURA EN EL DISTRITO FEDERAL

Actualmente, la Ciudad de México es considerada la más contaminada del mundo.^{<1>} La generación de basura es de 15,000 ton/día. y cada habitante genera en promedio 700 grs. de basura por día.

Se puede considerar que una familia compuesta de 5 personas, genera en promedio un metro cúbico de basura al mes. Esta generación es debida al consumo desordenado de víveres, ya que cuando una familia compra lo necesario para vivir genera menos basura.^{<2>}

La generación de basura es tan grande, que en el Valle de México se generan 3 millones de m³ al mes, y a nivel nacional se ha estimado que se generán 10 millones de m³.

Los datos anteriores dan una idea de lo difícil que es manejar esas cantidades de basura. Si como un ejemplo tomamos el volumen del Estadio Azteca y lo comparamos con el volumen de basura generada en el Valle de México, el Estadio Azteca tendría una capacidad para desplazar 1 millón de m³, y nos quedarían 2 millones de m³ más por desplazar. Es por esto, que es urgente que en el Distrito Federal y en todo el país se incrementen los esfuerzos en la prevención de la generación de basura. Esta situación se ilustra en la figura 2.0

En el Valle de México se generan 3 millones de metros cúbicos de basura al mes, y a nivel nacional se generan 10 millones de metros cúbicos.

ESTADIO AZTECA 1'000.000
DE METROS CUBICOS.

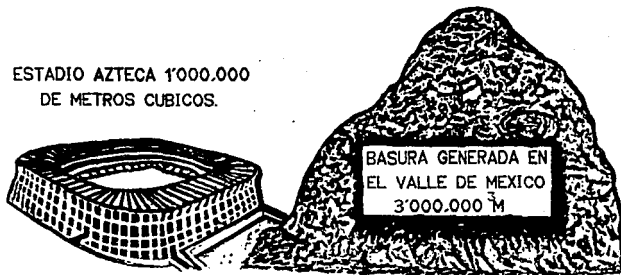


FIGURA 2.0

CONTRIBUCION DE DESECHOS POR EL COMERCIO Y LAS FAMILIAS EN EL DISTRITO FEDERAL

Actualmente, no se tienen datos exactos de las cantidades de desechos con las que contribuyen a la producción total de basura el comercio y las familias en el Distrito Federal.

En el año de 1985, el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Carnegie Mellon, Pittsburgh PA(USA); la Universidad de París III, París Francia y el Instituto Politécnico Nacional de la Ciudad de México desarrollaron en el Proyecto Interdisciplinario de Medio Ambiente y Desarrollo Integrado, un estudio que se denominó: Análisis de los Sistemas de Reciclado en el Distrito Federal de México, publicado en Resources Conservation and Recycling, Volumen 2, 1989.⁴³

En éste estudio, se consideró una generación total de desechos sólidos municipales de 15,129 ton/día, y se estimó que el comercio contribuye aproximadamente con un 64% de los desechos sólidos totales y las familias contribuyen con un 36%.

A continuación, en el diagrama 2.0, presentamos el balance general y los medios de recuperación de basura en el Distrito Federal.

GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS EN EL DISTRITO FEDERAL
BALANCE GENERAL (TON/DIA)

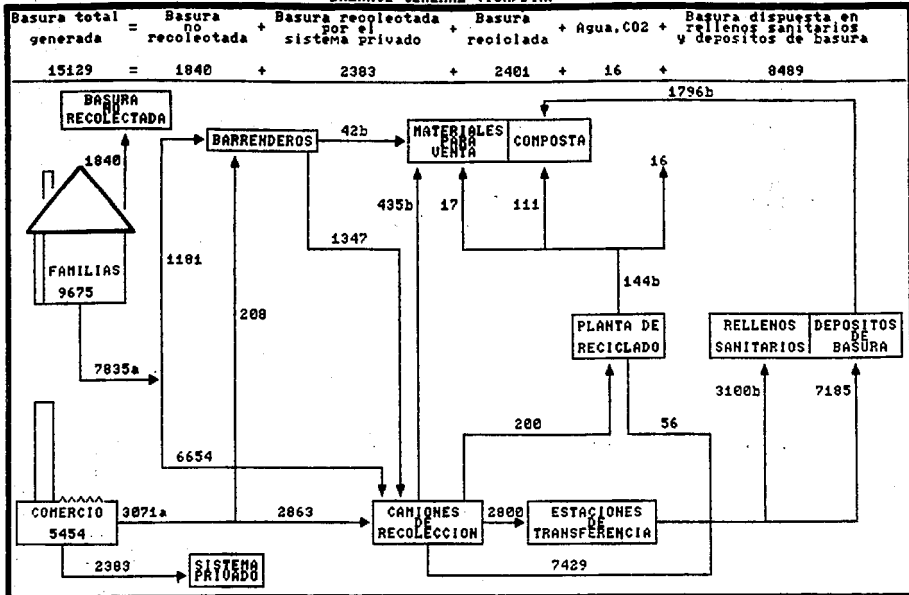


DIAGRAMA 2.0

Los flujos de basura con el sufijo "a", tienen una composición estimada en la tabla 2.0, y los flujos de basura con el sufijo "b", tienen una composición estimada en la tabla 2.1. Estas tablas se presentan a continuación.

ORIGEN DE LOS DESECHOS SOLIDOS RECOLECTADOS POR EL D.D.F. EN 1985

COMPONENTE	COMERCIO (TON/DIA)	FAMILIAS (TON/DIA)	TOTAL (TON/DIA)	%
MATERIALES ORGANICOS	1209	3327	4936	45.3
METALES	85	251	336	3.1
PAPEL NO RECICLABLE	181	364	545	5.0
PAPEL RECICLABLE	776	852	1628	15.9
CARTON	445	224	669	6.1
PLASTICO	60	359	419	3.8
VIDRIO	58	440	498	4.6
TEXTILES	28	224	252	2.3
OTROS	229	1394	1623	14.9
TOTAL	3071	7835	10906	100.0

TABLA 2.0

COMPONENTE	BARRENDEROS	CANCHOS DE CARGA	PLANTA	PEPENADORES	DEPOSITOS DE BASURA	RELLENOS SANITARIOS	TOTAL	% RECICLADO
MATERIAL ORGANICO		1	111		3357	1468	4936	2
METALES	1	20	3	154	56	94	336	55
PAPEL NO RECICLABLE					383	162	545	0
PAPEL RECICLABLE	1	35	3	960	167	473	1628	61
CARTON	35	330		190	21	90	669	83
PLASTICOS	1	5	2	196	92	123	419	49
VIDRIO	3	40	9	208	103	135	498	52
TEXTILES	1	5		08	05	73	252	37
OTROS			16		1125	482	1623	1
TOTAL	42	436	144	1796	5389	3100	10906	22

TABLA 2.1

En éste mismo estudio, se hizo una proyección de la generación de desechos sólidos hasta el año 2000 para el Distrito Federal. Estos datos se obtuvieron en base a los resultados del análisis realizado en 1985, bajo los siguientes puntos:

1.- La generación de basura fue incrementada asumiendo un incremento en la población a 16 millones de habitantes, con un incremento por año del 1.5% en la generación de desechos familiares y un ligero incremento en el porcentaje de los materiales reciclables en la basura.

2.-La densidad de población promedio se asume que se incrementará de 21,000 a 26,000 habitantes por Km².

3.- Con el incremento de la Urbanización, la distancia promedio de los sitios de generación de basura a los sitios de disposición final se incrementará de 19 a 35 Kms.

Los resultados de la tabla 2.2, muestran el incremento que tendrán para el año 2000 los materiales reciclables. Si ese incremento se realiza, se generarán en el Distrito Federal 334,340 toneladas de desechos plásticos anuales, sin considerar la contribución a los desechos plásticos por la industria. Estos datos, muestran que el reciclado de materiales de desecho es una buena oportunidad de trabajo e inversión en nuevas

tecnologías para reciclar cualquiera de estos materiales.

GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS PROYECTADA HASTA EL AÑO 2000

COMPONENTE	COMERCIO (TON/DIA)	FAMILIAS (TON/DIA)	TOTAL (TON/DIA)	%
MATERIALES ORGANICOS	1999	6503	8502	41.0
METALES	136	570	706	3.4
PAPEL NO RECICLABLE	362	923	1285	6.2
PAPEL RECICLABLE	1574	2414	3988	19.2
CARTON	547	567	1114	5.4
PLASTICOS	110	806	916	4.4
VIDRIO	100	967	1067	5.2
TEXTILES	43	402	445	2.2
OTROS	439	2277	2716	13.0
TOTAL	5310	15429	20739	100.0

TABLA 2.2

Como se muestra en la tabla 2.2, los desechos plásticos solamente representan un 4.4% del total de desechos sólidos sin considerar la contribución por la industria.

VENTAJAS DE LA CLASIFICACION DE LOS DESECHOS SOLIDOS

En países Americanos y Europeos,⁽²⁾ se ha experimentado la clasificación de los desechos sólidos obteniéndose buenos resultados, de allí, que a continuación demos 10 razones especiales de interés que pueden ser aplicadas en el D.F. y en toda la República Mexicana, para aprovechar los desechos generados por los diferentes sectores productivos tales como: industria, comercio, etc.

1.- Los desechos que no están revueltos son productos que antes de ser basura, están separados y limpios. Si los revolvemos, ocasionamos que varios de ellos se contaminen y se echen a perder, impidiendo de esta forma la posibilidad de reciclaje.

2.- No todos los desechos están sucios, el 80% están limpios.
¿ Por qué habría que ensuciarlos si los revolvemos ?

3.- ¿ Por qué vamos a gastar más en sistemas y mano de obra para separar los desechos, cuando nosotros mismos lo podemos ahorrar ?

4.- El 80% del volumen ocupado cuando los desechos están revueltos es aire, ocasionando por el volumen que se realicen más movimientos y con mayor esfuerzo.

5.- Los compradores son de diferentes tipos, y pueden tener diferentes políticas de compra de desechos.

6.- El separar los desechos ocasiona que la gente se convierta en consumidores correctos. Porque se da cuenta al no revolver sus desechos, de que muchos no eran necesarios.

7.- La separación de desechos debe empezar en casa, pues son los primeros beneficiarios de los productos.

8.- Estamos propiciando que el consumidor use su ingenio para hacer desechos útiles, al tenerlos limpios y separados.

9.- Al separar los desechos, uno mismo se da cuenta de que algunos son reciclables. Así, es más fácil que se los compren, ya que de otra manera el comprador tendría que separar los componentes.

Además, el consumidor puede llegar a modificar las políticas del fabricante para que venda productos nobles y fáciles de reciclar, ya que es el propio consumidor quién estará pendiente de que los productos que adquiere sean manejables y reciclables.

10.- Evitaríamos el que los escojan, puesto que cada individuo para sobrevivir, necesita ir de compras por lo menos cada 5 días, y es allí donde llevaría sus desechos separados a que se los reciba la gente especializada y le paguen por ellos. Esta

situación se ilustra en la figura 2.1.

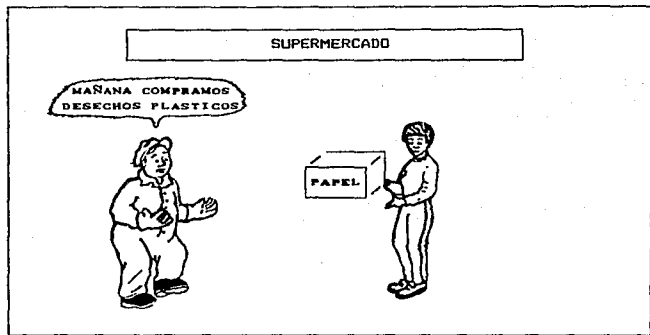


FIGURA 2.1

COMO LOGRAR NO PRODUCIR BASURA

Si la basura se compone de varios desechos, y como desechos antes no fueron basura, vamos a colocarlos separadamente con objeto de poder controlarlos y evitar el problema.^{<2>}

Ejemplo: Una persona que hace su jugo de naranja, no siente asco al tocar la cáscara del cítrico mientras está haciendo el jugo. Sin embargo, después de media hora de haber colocado esa cáscara en un bote de basura junto con una caja de galletas vacía agradable y limpia, un bote de cerveza, una lata de sardinas, etc.

ya no se atreve ni siquiera a meter las manos para sacar las cascarras y faltan todavía, 10 horas para que empiecen a descomponerse. Con esto comprobamos, que cuando manejamos los productos separados y limpios podemos controlarlos.

La basura en todo el mundo se compone de los siguientes desechos: papel y cartón, plásticos, metales, materia orgánica, control sanitario, vidrio y aire.

Vamos a ver como manejando a cada uno de estos desechos por separado, ordenados y limpios en una caja de aproximadamente 30 Cms. por 40 Cms. de base por 30 Cms. de altura, no representa más esfuerzo en tiempo y movimiento y sí produce un enorme beneficio.

LA SOLUCION

Se debe dar solución al manejo de los desechos sólidos generados en un hogar, con objeto de generar desechos limpios y separados.⁽²⁾

Si metemos los desechos mezclados en un depósito de $1m^3$ de volumen, obtendríamos $1m^3$ de basura al mes.

Si esos mismos desechos los metemos al mismo depósito en forma ordenada, nos daríamos cuenta que el 80% del volumen era aire, y que apenas el 20% del volumen es ocupado por los desechos. Si

manejamos los desechos en esta forma, podríamos manejarlos con mayor facilidad y obtendríamos un gran beneficio. En la figura 2.2 ilustramos esta situación.

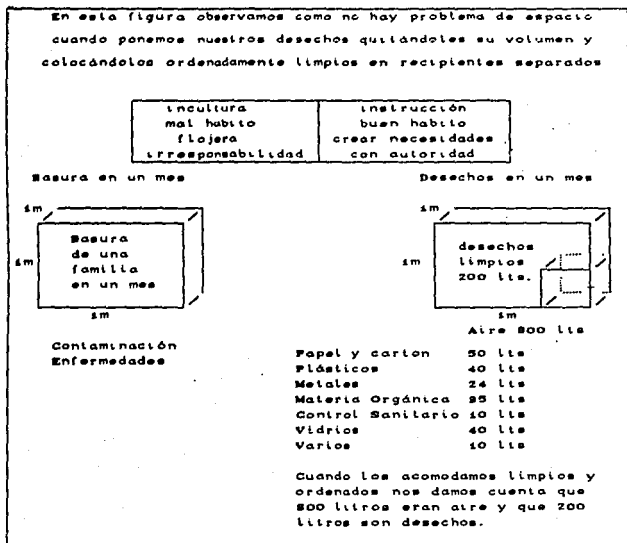


FIGURA 2.2

Nota: Esta cantidad de desechos, fue generada en un mes por una familia compuesta de 5 personas.

BENEFICIO DE LOS DESECHOS SOLIDOS

Los beneficios que se obtienen de los desechos sólidos son los siguientes:⁽²⁾

PAPEL Y CARTON

Por lo general están limpios; sin embargo, si se arrugan son muy voluminosos. Vamos a dejarlos planos y a los que tienen mucho aire, como son las cajas vamos a cortarlas para hacerlas planas. Las ponemos en nuestro depósito y nos damos cuenta que al término de un mes produjimos cuando mucho 50 kgs.

Una fábrica de papel y cartón que empiece a fabricar papel y cartón del mismo papel y cartón y no del árbol o de la celulosa, estaría dejando de contaminar seis millones de gentes. Que por cada tonelada de papel y cartón en su reciclaje dejaría de cortar 15 árboles.

Que al reciclar consume menos energía, a tal punto que puede ahorrar el 60% de energía y a su vez contaminar un 60% menos.

PLASTICOS

Los plásticos en general no se encuentran del todo limpios; a los sucios, los que traen materia orgánica los lavamos, los cojocamos en un depósito como el del papel; a las bolsas las hacemos planas y a los envases los cortamos por la mitad, con una navaja y los colocamos unos dentro de otros para ahorrar espacio.

Haciendo así, nos daríamos cuenta que tendría que pasar un mes para generar 40 kgs. de desechos plásticos.

Por lo general el consumo de plásticos en una casa son un 95% reciclables y proporcionan los siguientes beneficios.

Nos ahorrariamos energía en un 60%; ahorro en el consumo de agua; y a su vez, no contaminaríamos al grado de cuando iniciamos el consumo por producir el plástico a partir del petróleo.

METALES

Los metales de desecho en una casa, generalmente son latas; en su mayoría de acero, pocas son de aluminio.

Las limpiamos, las guardamos, procurando meter unas en otras. Haciendo así, tendrían que pasar tres meses para sacar 20 kgs. de latas.

También podemos reciclar los metales, obteniendo los mismos beneficios que el papel, el cartón y los plásticos. Ahorrandonos combustible, energía, etc., y reduciendo la contaminación que de otra forma se inicia desde el procesamiento en la mina, la molienda, y el alto horno con sus consecuentes problemas y despilfarros de energía.

MATERIA ORGANICA

La materia orgánica no se recicla, se transforma. Hay que recordar que la materia orgánica constituye una fuente de nutrientes para nuestra tierra; que le tomó mucho tiempo a la naturaleza llegar a lograrlo con esfuerzo del hombre. Que si la reintegramos como nutriente a la tierra volvemos con un ciclo inagotable.

La materia orgánica si se deja en un depósito especial, se puede lograr composta a nivel casero ó a nivel industrial (alimenticia, restaurant, hoteles, hospitales, etc.).

Es recomendable colocar la materia orgánica para su composteo únicamente a aquélla que se hecha a perder; y dejar parte para algún animal y parte de lo que no se descompone puede ser deshidratada para hacer alimento balanceado que no se heche a perder. Hacer esto no tiene problema puesto que los desechos de materia orgánica que no come el hombre, cuando es prudente su consumo, llega a lo más a los 30 kgs. al mes.

CONTROL SANITARIO

El control sanitario es una toalla, un algodón con sangre, algo infeccioso que dentro de una casa se da en una producción muy pequeña. Esto es más bién problema en hospitales o en hoteles

donde si debe quemarse y lo cual podria utilizarse como energetico para calentar agua. En una casa, la produccion es tan pequena que una familia muy numerosa sacaria escasamente unos 10 Kgs. al mes.

Quiere decir esto que se reduce a menos de medio kg. por dia. Que es una cantidad que se podria quemar sin ningun problema, porque el control sanitario si es autoquemable y si constituye un energetico para su propia quema en un anafre, boiler, chimenea, calentador, etc.. del tamaño de un bote pequeño.

VIDRIOS

Los vidrios por lo general contienen líquidos o pastas; se lavan y se guardan. No es recomendable romperlos para lograr menos espacio; bien acomodados en un depósito, tendria que pasar un mes para sacar 40 Kgs.

Y nos damos cuenta que al igual que los plásticos, el papel, el cartón y los metales, el vidrio también es reciclable y nos proporciona los mismos beneficios y ahorros de energía que los demás materiales reciclables. Hacer vidrio a partir del mismo vidrio nos ahorra el proceso desde el mineral, usando el transporte, los altos hornos y el esfuerzo humano.

VARIOS

Los varios son los que no constituyen basura de alta producción.

Estos varios no producen contaminación, enfermedades, etc. ¿ Qué queremos significar con varios ?. Una pila, una madera, un cuero, un hule, trapos, etc.

Dentro de una casa, cuando mucho llegarían a 9 unidades y pueden permanecer mucho tiempo sin ocasionar problemas. Y que tendrían que pasar de 4 a 5 meses para llenar la primera caja puesto que la producción de varios en una casa de alto consumo es de unos 10 Kgs. al mes. Haciendo así cabría la posibilidad de transformarlos sin ocasionar problemas de contaminación.

AIRE

Consideramos el aire dentro de los desechos porque el aire es el que inicia el proceso de descomposición y degradación de nuestros productos. Este ocupa el 80 % del volumen total en los desechos.

SITUACION INTERNACIONAL

Los problemas de la contaminación al medio ambiente,⁽³⁾ están preocupando a todo el mundo, principalmente por las enormes cantidades de desechos sólidos municipales que se generan en las ciudades. Esta situación ha propiciado que en Estados Unidos y en algunos países Europeos se prohíba y reglamente el uso de los plásticos.

plásticos para viveres y los envases de plástico para alimentos. La industria del plástico Estadounidense responde a estas leyes antiplásticos con propuestas de reciclamiento, ya que considera que estas leyes son vagas y contradictorias, y que el problema de la contaminación aumentaría. Fuentes de la Sociedad de la Industria Plástica, SPI, (Society of the Plastic Industries), afirma que los factores que requieren ser examinados incluyen el potencial de la contaminación de aguas subterráneas proveniente de desechos alternativos biodegradables; los efectos negativos en el reciclaje; el uso aumentado de energía para fabricar y desechar los sustitutos del plástico; y los problemas asociados con una cantidad creciente de desechos resultantes de la sustitución, tales como el llenado rápido de los rellenos sanitarios; el mayor tráfico pesado y los altos costos del manejo de los desechos sólidos.

Como consecuencia de estas leyes antiplásticos, varias comunidades de Estados Unidos han establecido programas de reciclamiento en los cuales se han incluido el reciclamiento de botellas de plástico PET y HDPE con capacidades de uno y dos litros. Como dato curioso, describiremos a continuación lo que se está haciendo en: San José California, el Condado de Mecklenburg y en Rhode Island.⁴⁵

San José California: En 1985, en San José, se inicio un programa

San José California: En 1985, en San Jose, se inició un programa piloto de recolección para 20.000 familias. En Agosto de 1987, se recolectó y recicló vidrio, periódico y latas. El programa abarcó a toda la ciudad sobre una base completamente voluntaria. En Diciembre de ése año, las botellas de plástico utilizadas como contenedores de bebidas carbonatadas fueron incluidas en el programa.

Mensualmente, la recolección de botellas de plástico se ha duplicado desde su inicio en 1988, y actualmente se recolectan en promedio 5 toneladas de contenedores de plástico, PET, al mes. La participación de los ciudadanos en el programa es de 60%.

Condado de Mecklenburg: En el condado de Mecklenburg, se inició después de 1990 la expansión de un programa piloto de reciclamiento el cual se incrementará de 16.000 a 100.000 familias por todo el condado. La participación de las familias será el poner sus latas de metal, sus botellas de plástico y sus botellas de vidrio y jarras en receptáculos especialmente diseñados hechos de plástico reciclado. Los periódicos son empaquetados separadamente y puestos en depósitos para materiales reciclables.

Durante todo 1990, se incremento el programa de recolección para servir a todos los municipios del condado.

Rhode Island: En Rhode Island, dos terceras partes de la población están participando en los programas de recolección. Se están recolectando periódicos, vidrio, latas de acero, latas de aluminio y botellas de plástico PET y HDPE. Estos materiales, son entregados en las instalaciones particulares del estado para su separación por tipo de material y posteriormente son reciclados.

La construcción de una segunda estación de recuperación de materiales está planeada para 1991, estas instalaciones contarán con nuevas tecnologías y se podrán recolectar más tipos de contenedores de plástico para ser reciclados.

Por otro lado, se considera que Italia es tal vez el único país europeo que tiene una prosperidad económica originada en la actividad del reciclaje, ya que en Prato (Italia), se ha logrado por primera vez una recolección diferenciada de desechos plásticos.

EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DIFERENCIADA EN EL MUNICIPIO DE PRATO

La Ciudad de Prato es un ejemplo para los demás países, ya que se puede apreciar que la cooperación de los Ciudadanos es de gran interés. Aunque el plan de recolección diferenciada ya estaba implantado desde 1983, no fue sino hasta 1987 cuando los plásticos se incluyeron en éste.⁽³⁾ La tabla 2.3 muestra los resultados.

RESULTADOS DE LA RECOLECCION DIFERENCIADA EN EL MUNICIPIO DE PRATO
(ITALIA) AÑO 1987: QUINTALES RECOLECTADOS CADA MES

MATERIAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PAPEL	179.30	135.70	216.30	96.10	112.40	125.90	72.62	28.20	77.30	71.10			1115.12
VIDRIO	810.10	378.50	1125.90	832.90	741.10	1293.30	856.60	796.20	1020.00	1067.70			8918.30
PLASTICO					15.50	20.30	14.10	11.10	16.00	17.30			94.30
PAPEL + ROPA			194.50	293.30	623.90	678.65	360.07	483.30	522.00	556.50			3752.22
PAPEL + ROPA + PLASTICO			26.00	88.70	147.90	184.50	149.30	62.30	156.60	150.00			966.10
PILAS									10.00	12.20			22.20
FARMACOS										7.50			7.50

TABLA 2.3

La Ciudad de Prato, genera en promedio 1 kilogramo de desechos por habitante por día, y se subdividen según la tabla 2.4.

SUBDIVISION POR TIPOS DE DESECHOS SOLIDOS
URBANOS (RSU) EN PRATO

MATERIAL	kg/año/habitante	%
RESIDUOS DE NATURALEZA ORGANICA	104	30.0
PAPEL Y CARTONES	62	17.9
TRAPOS Y RESIDUOS TEXTILES	48	13.8
PLASTICO Y CAUCHO	34	9.8
VIDRIO	24	6.9
METALES	10	2.9
RESIDUOS VARIOS NO RECICLABLES	65	18.7
TOTAL	347	100.0

TABLA 2.4

RECOLECCION DIFERENCIADA DE DESECHOS PLASTICOS

La cantidad total de desechos plásticos recolectada en la Ciudad de Prato, resulta de las siguientes contribuciones: las familias, el comercio y la industria.⁽³⁾

FAMILIAS: Las familias proporcionan una mezcla de plásticos formada

principalmente por botellas, envases de alimentos, juguetes, bolsas de compra, ganchos para ropa, etc. Las familias contribuyen con el 75% de los desechos plásticos.

COMERCIO: El comercio con los supermercados proporciona película termoencogible y estirable, utilizada para mantener juntas las cajas de productos durante el transporte; con las tiendas de electrodomésticos que proporcionan grandes volúmenes de materiales expandidos como poliestireno usado para el embalaje de protección; las tiendas de frutas y verduras, y los mercados que desechan cajones en polipropileno. Se estima que el comercio contribuye con el 6% de los desechos plásticos.

INDUSTRIA: Las industrias, en especial la textil, generan desechos plásticos derivados del empaque de las mercancías y de las materias primas. Estos desechos son: película termoencogible, película extensible y sacos industriales. La contribución a los desechos plásticos por la industria es del 19%.

RECOLECCION DE DESECHOS PLASTICOS DOMESTICOS

Para llevar a cabo la tarea de recolección de desechos domésticos en la Ciudad de Prato, se han instalado contenedores con capacidad de 2.7 m³ cada uno, en éstos se recoge una mezcla formada por plásticos, ropa usada y papel. Estos desechos son transportados.

hasta una planta de clasificación donde se realiza la separación de los materiales: el papel y los trapos se comercializan, mientras que los plásticos se empaquetan en prensas de 300 kgs. y se envían a una planta para ser reciclados. El gránulo obtenido se utiliza en procesos de moldeo.⁽²⁾

RECOLECCION DE DESECHOS PLASTICOS COMERCIALES E INDUSTRIALES

El personal de limpieza de la Ciudad de Prato, recoge los cajones de polipropileno abandonados en el Mercado de la ciudad. Una empresa local retira, tritura y comercializa los fragmentos obtenidos, los cuales se utilizan para fabricar otros cajones, ganchos para ropa y cestas para basura.⁽³⁾

Los desechos plásticos de empresas industriales y comerciales se recogen en bolsas de polietileno regenerado con capacidad de 200 litros. Estas bolsas son retiradas semanalmente por el servicio de barrenderos de la ciudad y son transportadas a sus instalaciones. El material recogido es retriturado por una firma local que lo somete al lavado y a la regeneración.

En la tabla 2.5, se muestran los resultados obtenidos de esta campaña de recolección de desechos plásticos comerciales e industriales.

RECOLECCION DIFERENCIADA DE PRATO
SUBDIVISION POR TIPOS DE MATERIALES PLASTICOS RECUPERADOS

POLIMERO	MANUFACTURA	RECUPERACION Kgs.
LDPE	PELICULA (ESTIRABLE Y TERMO RETRAIBLE) BOLSAS	37
HDPE + PP	FRASCOS, ENVASES RECIPIENTES, CAJONES	70 -
PVC	BOTELLAS Y FRASCOS OBJETOS VARIOS POR MOLDEO, TUBOS PELICULA	100 - -
PET	BOTELLAS	59
PS	GANCHOS PARA ROPA, JUGUETES Y OTROS	13
MIXTOS	ARTICULOS VARIOS NO FACILMENTE IDENTIFICABLES.	144
TOTALES		423

TABLA 2.5

De la tabla 2.5. se concluye, que la acusación que se ha hecho a las bolsas de plástico de ser las principales causantes del incremento de los desechos sólidos es totalmente equivocada ya que la recolección demuestra que estas apenas representan un 9% del total de los desechos plásticos recolectados.

Por otro lado las botellas de plástico PET, representan un 14% del total de los desechos plásticos. Se considera que este polímero debe de ser recuperado debido a su gran valor en manufacturas de diferente aplicación.

De esta forma la Ciudad de Prato demostró al mundo, que si el gobierno y los ciudadanos cooperan en el manejo de los desechos sólidos, éstos no causan ningún problema y además se pueden volver a utilizar en la manufactura de artículos de uso general.

CAPITULO III

SITUACION ACTUAL EN MEXICO

TIPOS DE RECICLADO

En la industria del reciclado de plásticos, se ha dado una clasificación a los diferentes tipos de reciclado, la cual depende de la calidad de los desechos plásticos y de los tipos de productos que se desean obtener.⁽³⁾ A continuación, definiremos cada uno de los términos adoptados en esta clasificación.

RECICLADO PRIMARIO: Es el procesamiento de desechos plásticos en los mismos productos o productos similares, utilizando los métodos de procesamiento de plásticos estándar.

RECICLADO SECUNDARIO: Es el procesamiento de desechos plásticos en productos de plástico con menor demanda de propiedades.

RECICLADO TERCARIO: Es la recuperación de productos químicos a partir de los desechos plásticos.

RECICLADO CUATERNARIO: Es la recuperación de energía a partir de los desechos plásticos.

TIPOS DE DESECHOS PLASTICOS

Los desechos plásticos son generados por diferentes sectores entre los que se encuentran: el comercio, las familias y la

industria.⁽⁵⁾ Estos desechos consisten de resinas plásticas o productos de plástico que pueden ser reprocesados.

Aquellos desechos plásticos que debido a que se encuentran sucios o que han perdido sus propiedades físicas no pueden volver a reprocesarse, porque es más costoso y no existen tecnologías adecuadas. Estos desechos deben de disponerse en rellenos sanitarios o disponerse para su incineración con el fin de aprovechar su energía. A continuación definiremos los diferentes tipos de desechos plásticos.

DESECHOS PLASTICOS INDUSTRIALES: Son aquellos desechos plásticos generados por varios sectores industriales.

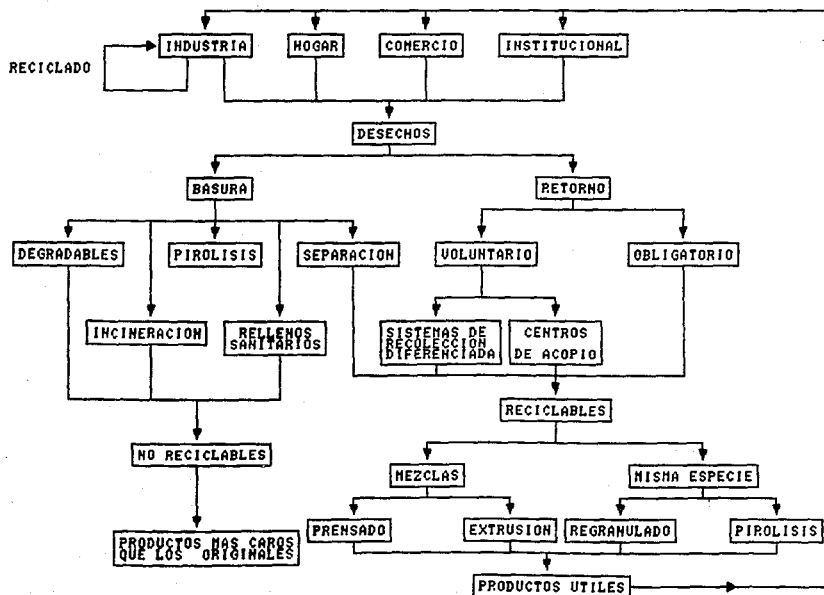
DESECHOS PLASTICOS POST-CONSUMIDOR: Es un desecho plástico generado por un consumidor

DESECHOS PLASTICOS SIN VALOR ECONOMICO: Son desechos que no pueden ser reprocesados dentro de las condiciones técnico-económicas existentes.

DESECHOS PLASTICOS GENERADOS EN UN PROCESO DE MANUFACTURA: Son desechos plásticos capaces de ser reprocesados en productos de plástico comercialmente aceptables.

En el esquema 3.0 se muestra el ciclo de los desechos plásticos

CICLO DE LOS DESECHOS PLASTICOS



ESQUEMA 3.0

SISTEMA CODIFICADOR PARA CONTENEDORES DE PLASTICO " BOTELLAS DE PLASTICO "

El Plastic Bottle Institute,⁽⁶⁾ en cooperación con sus compañías miembros, establecieron a nivel nacional un sistema para la identificación de materiales plásticos. Este sistema fue creado para asistir a clasificadores de botellas de plástico, y de esta forma poder obtener un material reciclable de gran valor.

El sistema codificador de contenedores de plástico es de gran beneficio, ya que ofrece una uniformidad a los fabricantes de botellas, y del mismo modo a los recicladores. Varios estados de la Unión Americana, así como muchos fabricantes de botellas y productos de plástico han adoptado recientemente este sistema codificador.

Este sistema fue establecido y aplicado en la mayoría de las botellas a mediados de 1971. Actualmente, el código se está aplicando en botellas de plástico con capacidad de 8 onzas, en botellas de mayor capacidad; también se está aplicando a contenedores de plástico rígidos tales como: bañeras y bandejas. El código está localizado en la parte inferior de la botella o contenedor.

En la tabla 3.0, presentamos éste código.

SISTEMA CODIFICADOR PARA BOTELLAS DE PLASTICO








CODIGO	MATERIAL
	PETE POLIETILEN TEREFALATO (PET)
	HDPE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD
	V CLORURO DE VINILO O POLICLORURO DE VINILO
	LDPE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD
	PP POLIPROPILENO
	PS POLIESTIRENO
	OTROS TODAS LAS DEMAS RESINAS Y MATERIALES CON MULTICAPAS

TABLA 3.0

SITUACION DE LOS PLASTICOS EN MEXICO

En México como en otros países, se pretende legislar el uso de los plásticos, e incluso, es probable que prohíban su uso. Debe de

tomarse en cuenta que la industria del plástico no debe desaparecer, por que ésta ha contribuido al mejoramiento económico del país y al desarrollo tecnológico, así como, al mejoramiento de la calidad de vida.⁷⁷

En la Ciudad de México el consumo de plásticos es en un 45% de envases y empaques, que en promedio tienen una vida útil de 72 horas. Los desechos generados por estos plásticos van a dar directamente a la basura, por lo que se deben de adquirir tecnologías para clasificar estos plásticos y tecnologías para efectuar el proceso de reciclado.⁷⁷

A continuación, presentamos las fuentes de generación y los tipos de desechos plásticos generados en el D.F.

FAMILIAS: 70%

- * Botellas y Envases (PE, PS, PVC)
- * Bolsas (PE, PP)
- * Vasos y Platos desechables (PS), etc.

INDUSTRIA: 20%

- * Película termoencogible (PE, PVC)
- * Empaques (EPS)
- * Raffia, Sacos y Película Simple (PP, PE)

COMERCIO: 10%

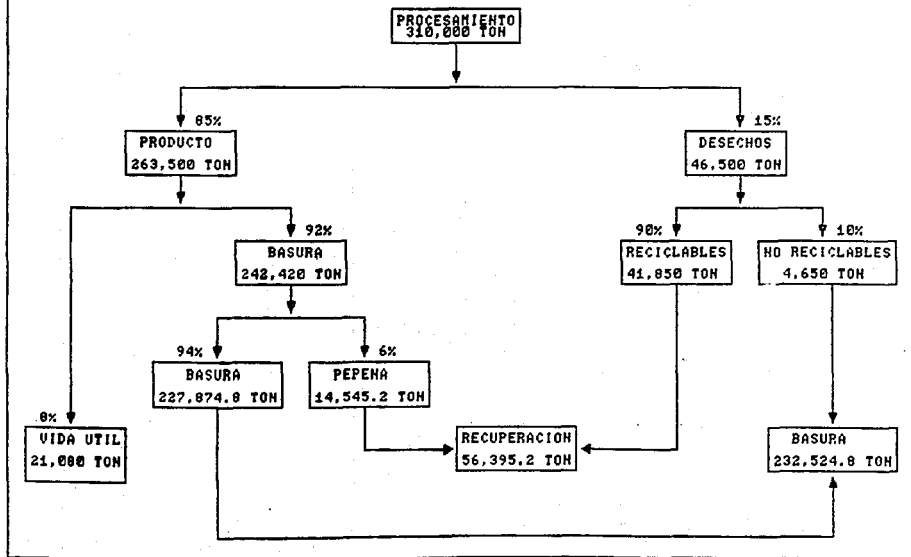
- * Película termoencogible (PE, PVC)
- * Empaques (EPS)
- * Cajas (PE, PP)
- * Sacos (PP)
- * Ganchos para ropa (PS)

Estos desechos están compuestos por plásticos como: polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, policloruro de vinilo, polipropileno y poliestireno. Estos plásticos ocupan un 74% del consumo global en México.

El consumo de plásticos en México durante 1988 fue de 1'100,000 toneladas, siendo 780,000 toneladas para polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad, policloruro de vinilo, polipropileno y poliestireno. El resto 320,000 toneladas, fueron para otros plásticos tales como: Acrílicos, Acrilo Nitrilo Butadieno Estireno (ABS), Nylon, Poliacetales, Polietilén tereftalato (PET), Polibutilén tereftalato (PBT), etc.

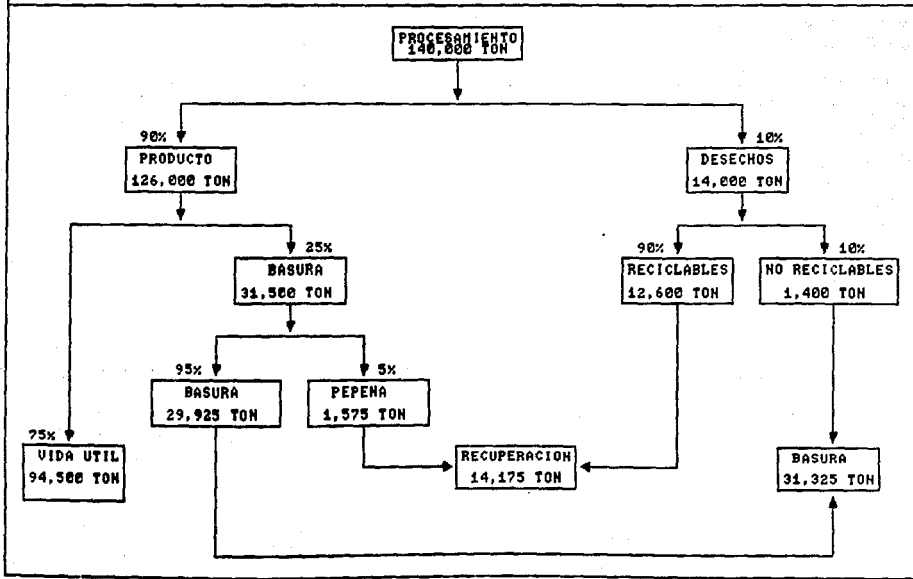
A continuación, presentamos los esquemas de recuperación de desechos plásticos en México. Los plásticos que se incluyen en estos esquemas son: polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad, policloruro de vinilo, polipropileno y poliestireno.

POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD
RECUPERACION EN MEXICO, 1989



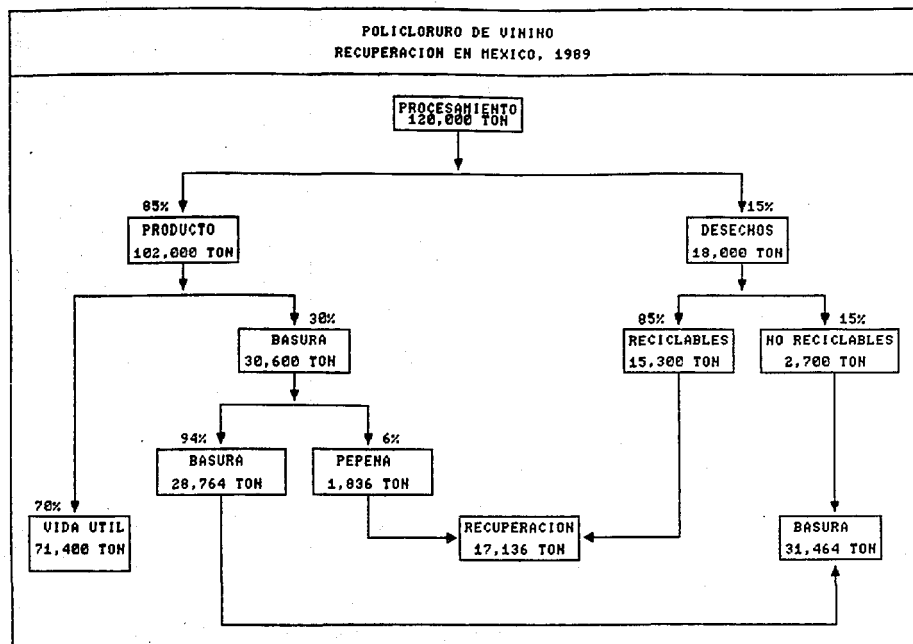
ESQUEMA 3.1

POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD
RECUPERACION EN MEXICO, 1989



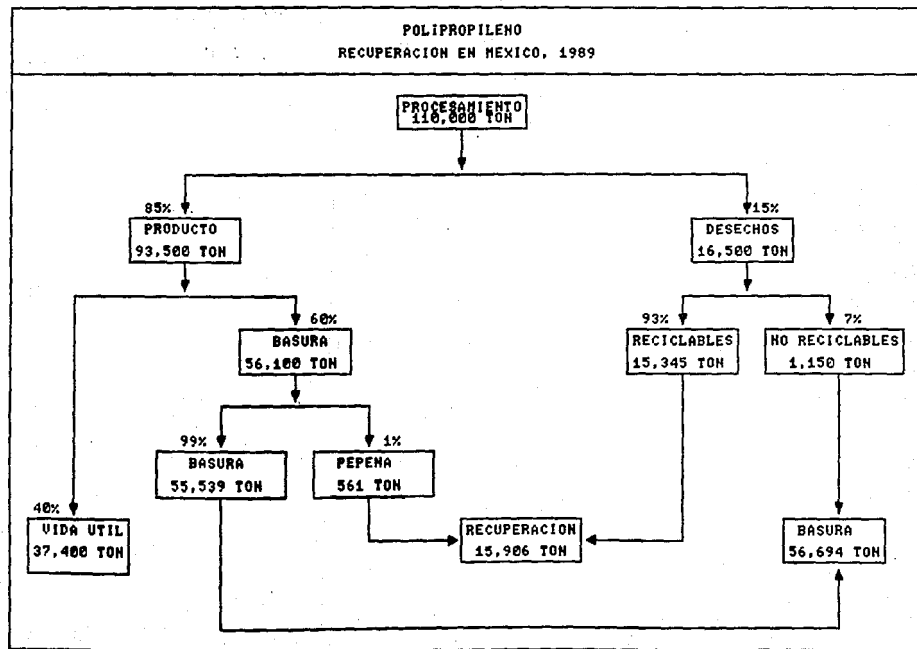
ESQUEMA 3.2

POLICLORURO DE VINILO
RECUPERACION EN MEXICO, 1989



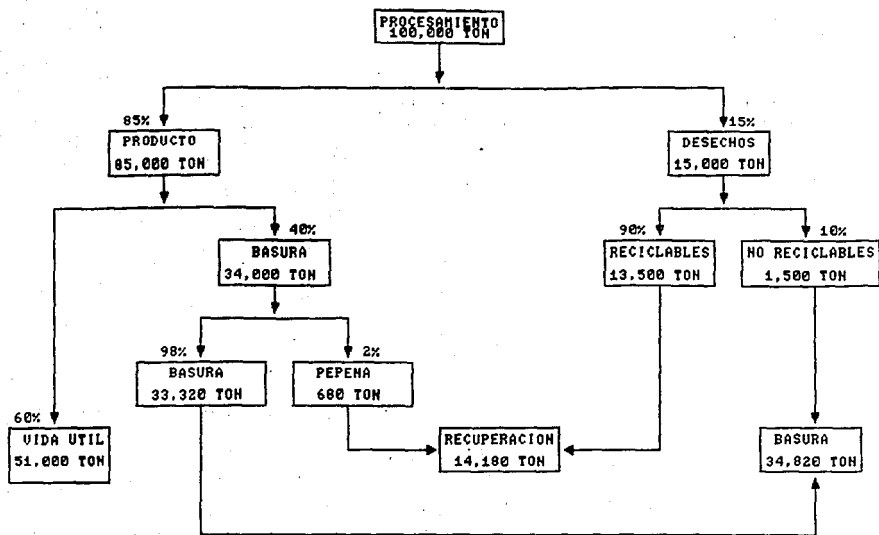
ESQUEMA 3.3

POLIPROPILENO
RECUPERACION EN MEXICO, 1989



ESQUEMA 3.4

POLIESTIRENO
RECUPERACION EN MEXICO, 1989



ESQUEMA 3.5

A continuación en las tablas 3.1 y 3.2, se muestran los resultados de los esquemas anteriores. En estas tablas, reportamos los porcentajes que representan cada uno de estos plásticos en vida útil, recuperación y basura.

PLASTICOS EN VIDA UTIL, RECUPERACION Y BASURA

MEXICO 1989

PLASTICO	VIDA UTIL (TON)	%	RECUPERACION (TON)	%	BASURA (TON)	%
LDPE	21,080.0	4	56,395.2	34	232,524.8	59
HDPE	94,500.0	18	14,175.0	8	31,325.0	8
PVC	71,400.0	13	17,136.0	10	31,464.0	8
PP	37,400.0	7	15,906.0	10	56,694.0	14
PS	51,000.0	9	14,180.0	8	34,820.0	9
OTROS	260,000.0	49	50,000.0	30	10,000.0	2
TOTAL	535,380.0	100	167,792.2	100	396,827.8	100

TABLA 3.1

GENERACION Y RECUPERACION DE PLASTICOS EN MEXICO 1989

CONCEPTO	COMMODITIES (TON)	%	OTROS (TON)	%
VIDA UTIL	275,380.0	35	260,000.0	81
RECICLADO	117,792.2	15	50,000.0	16
BASURA	386,827.8	50	10,000.0	3
TOTAL	780,000.0	100	320,000.0	100

TABLA 3.2

En conclusión, analizando los resultados de la tabla 3.2, tenemos que en México, en el año de 1989, de 1'100,000 toneladas de plásticos consumidas, el 49% son plásticos que se encuentran formando parte de algún artículo, el 15% se recolectó y se recicló, y el 36% se fue a la basura. Estos datos nos indican que es necesario incrementar los esfuerzos para recuperar y reciclar los plásticos que forman parte de la basura.

PLASTICOS DE INGENIERIA

Dentro de la familia de los plásticos hay una categoría especial denominada plásticos de ingeniería; en México estos plásticos se emplean en aplicaciones especiales, debido a su bajo volumen de producción y a sus elevados costos.

Los plásticos de ingeniería,⁽⁹⁾ son aquellos que permiten reemplazar a materiales tales como: el vidrio, material fino por excelencia, metales y maderas preciosas. Estos plásticos poseen la característica importante de igualar o incluso mejorar las propiedades de los materiales antes mencionados en resistencia, maleabilidad, apariencia, etc. Además, se emplean en varias aplicaciones gracias a que mantienen una estabilidad dimensional y la mayoría de sus propiedades a temperaturas inferiores a 0 °C y mayores a los 100 °C. Dentro del grupo de los plásticos de ingeniería, existen cinco subgrupos de plásticos grado ingeniería

que cumplen con los criterios antes mencionados y estos son:

- a) Nylon
- b) Poliacetales
- c) Policarbonatos
- d) Poliésteres de ingeniería { Polietileno tereftalato (PET)
Polibutirón tereftalato (PBT)
- e) Oxido de polifenileno

Otros criterios que se han seguido para clasificar a los plásticos de ingeniería son: propiedades, mercado, rendimiento y precio.

TIPOS DE POLIMEROS

Existen tres tipos de polímeros: los amorfos, los cristalinos y los cristalizables.^(*) A continuación, definiremos cada tipo de polímero.

POLIMEROS AMORFOS: Los polímeros amorfos, son aquellos, que poseen una distribución molecular al azar, por lo que no existe una tendencia a alinearse o acomodarse en alguna forma; no tienen punto de fusión definido, sólo se incrementa al aumentar la temperatura, poseen apariencia física transparente, ejemplos: Policloruro de vinilo, poliestireno y policarbonatos.

POLIMEROS CRISTALINOS: Estos polímeros tienden por si solos a

formar cristales dentro de sus estructuras que sólo es posible separarlos por medio de calentamiento; el punto de fusión es definido y su apariencia física es opaca, ejemplos: polietileno, polipropileno y nylon.

POLIMEROS CRISTALIZABLES: Los polímeros cristalizables requieren de inducción para formar cristales, para este fin se utiliza la elevación de temperatura, ejemplo: el polietilén tereftalato.

PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS DE INGENIERIA

PROPIEDADES TERMICAS: Todos los plásticos de ingeniería presentan excelentes propiedades térmicas, como es la óptima resistencia a la temperatura, lo que permite aplicaciones en bajas o muy altas temperaturas, presentan una temperatura de deflexión de calor generalmente alta y además, en los grados reforzados, estas propiedades se mejoran en forma notable.

Sin embargo, la investigación y desarrollo que los fabricantes de estas resinas están realizando está enfocada a producir materiales con propiedades térmicas predecibles, adecuadas para el tipo de procesamiento, si cada resina tiene sus parámetros particulares, es posible determinar cuando se puede optimizar la producción; en este sentido se están desarrollando plásticos con mejor temperatura de fluidez, ciclos de manufactura más cortos y grados con alta productividad.⁽⁹⁾

PROPIEDADES MECANICAS: Los plásticos de ingeniería presentan un buen balance de propiedades mecánicas, como son: esfuerzos de compresión, de corte y rigidez, así como una alta resistencia al impacto, a la tensión, estabilidad dimensional y gran rigidez. Dichas propiedades pueden ser soportadas por periodos largos. Estas propiedades los hacen ideales para la manufactura de partes pequeñas y muy complejas; ahí donde se requieren paredes delgadas y muy resistentes es imprescindible el uso de estos materiales. (9)

PROPIEDADES ELECTRICAS: Las propiedades eléctricas como resistencia dieléctrica, constante dieléctrica, factores de disipación y resistividad volumétrica pueden cambiar con la temperatura y con la absorción del agua, las propiedades mecánicas también se ven afectadas con estos parámetros. Cabe mencionar que se están desarrollando algunos que presentan propiedades eléctricas especiales como fotosensibilidad, conductividad eléctrica, piezoelectricidad, etc., todos ellos presentan un panorama halagueño para la industria eléctrica y electrónica en donde ya se están utilizando. (9)

PROPIEDADES FISICAS: La morfología de los plásticos de ingeniería tiene un efecto determinante en sus propiedades físicas; en general, los polímeros cristalinos no transmiten luz, en tanto que los polímeros amorfos si lo hacen. Otras propiedades afectadas son las mostradas en la tabla 3.3 (9)

EFECTO DE LA MORFOLOGIA SOBRE LAS PROPIEDADES

PROPIEDAD	PLASTICO CRISTALINO	PLASTICO AMORFO
TRANSMISION DE LUZ	NADA - BAJA	ALTA
LUBRICIDAD	ALTA	BAJA
ESTABILIDAD DIMENSIONAL	ALTA	MODERADA
ENCOGIMIENTO AL MOLDEO	ALTA	BAJA
RESISTENCIA A SOLVENTES	ALTA	BAJA

TABLA 3.3

El grado de absorción de agua también afecta profundamente las propiedades finales, de modo que los plásticos que absorben agua no pueden ser seleccionados para la manufactura de partes grandes, en donde se debe de mantener la estabilidad dimensional.

RESISTENCIA QUIMICA: Este tipo de propiedades esta menos definida que las anteriores; los métodos de prueba incluyen inmersión en vapores o líquidos, tratamiento superficial, pruebas a altas temperaturas, etc., pero la mayoría de las resistencias al ataque químico se evalúan midiendo las propiedades de los plásticos de ingeniería antes y después de las pruebas. Los agentes que afectan la resistencia química son: químicos orgánicos, ácidos y bases acuosas, sales, soluciones tampón, luz de varias longitudes de onda, etc.⁽⁶⁾

En los plásticos de ingeniería no es esencial que presenten

características de retardancia a la flama, pero esta peculiaridad se ha vuelto muy importante. En términos generales se necesita que el plástico en cuestión tenga un balance adecuado de propiedades en sentido amplio. Dicho equilibrio requiere que el mejoramiento de una propiedad no implique una disminución o pérdida en otras. Así, se tienen ciertas cualidades de los materiales termoplásticos que es posible mejorar con el uso de estabilizadores, refuerzos fibrosos y otras cargas, para obtener grados que pueden competir directamente con los plásticos de ingeniería, pero siempre se presenta una reducción en otras propiedades.⁽⁹⁾

EL PLASTICO POLIETILEN TEREFALATO (PET)

Dentro del subgrupo de los poliésteres de ingeniería se encuentra el polietilén tereftalato. Este plástico se puede usar ya sea como grado fibra o película. Como fibra se utiliza en la fabricación de fibra textil (DACRON), usada en prendas de vestir, telas para uso doméstico, telas industriales y cordelería, las ventajas de su uso en este campo son su inarrugabilidad, fácil lavado, y por su gran durabilidad. El PET grado fibra fue patentado por Dupont en 1955 con el nombre de DACRON. El PET película o resina plástica se usa como grado envase y como grado ingeniería: el grado envase es utilizado para la elaboración de botellas para refrescos, licores, vinos, agua mineral, jugos, jarabes, aceites comestibles, etc. En México el PET grado botella fue lanzado por Celanese Corporation

en 1985 con el nombre de TERCEL. El PET grado ingeniería es usado como aislante eléctrico, laminados metálicos, cintas y películas, recubrimientos y empaques. Fue en E.U. en 1975 que por primera vez se fabricó.⁽⁸⁾

El PET tuvo su origen en 1920 en los trabajos de W.H. Carothers y colaboradores en E.U. al querer construir moléculas gigantes ($PM \gg 10,000$). Al probar con poliésteres obtuvieron elevados pesos moleculares, poca estabilidad de las moléculas propensas a la escisión en los enlaces carbono - oxígeno y temperaturas bajas de fusión y estirables en frío. En ese año patentaron la policondensación del etilén glicol y el ácido tereftálico para obtener un polímero de cadena lineal que podía ser cristalizado y estirado para la formulación de fibras. El PET fue patentado inicialmente en 1955 como polímero fibra, y desde entonces presentó un desarrollo tecnológico muy amplio en el cual se han aprovechado todas sus posibilidades de diversificación.⁽⁸⁾

La etapa donde se determina el grado final del PET es en la polimerización, esto depende del número de unidades del monómero en la configuración del polímero; si las moléculas son delgadas y filiformes y además se hallan estirada una al lado de la otra, alineadas en la dirección de la fibra, de tal manera que la entropía es menor que la entalpía, debido a las fuertes atracciones intermoleculares, a dicho arreglo se le refiere como

fibra; La resistencia de la fibra reside, en la fuerza de los enlaces químicos de las cadenas poliméricas; si por el contrario, se tienen arreglos transversales que forman estructuras tridimensionales aunque irregulares y rígidas, se trata de resinas plásticas, es decir grado ingeniería y grado botella, y la estructura es de mayor resistencia que la fibra.⁽⁹⁾

Las diferencias entre el PET grado ingeniería y grado botella son: menor intervalo de temperaturas de uso del grado envase, mayor viscosidad intrínseca del PET grado ingeniería, es decir posee mayor tamaño promedio de moléculas que definen al polímero, lo que permite mayor rigidez en la estructura. La biorientación en el PET botella se lleva durante el proceso de estirado y soplado, mientras que en el grado ingeniería se hace en un extrusor.

Actualmente las resinas PET grado ingeniería, son formuladas por sus productores a partir del PET virgen o del PET grado envase. Al PET se le agregan tres tipos de sustancias: un agente nucleador para promover una cristalización rápida y uniforme, materiales orgánicos que modifican la estructura química del polímero y materiales como la fibra de vidrio que refuerzan la estructura de los productos moldeados.⁽¹⁰⁾

Los mercados más importantes del PET grado ingeniería, son: Estados Unidos, Japón y Europa Occidental; estos poliésteres han

empezado a recibir mayor atención debido a sus ventajas de costo funcionamiento. Fue en 1975 cuando se empezó a producir como grado ingeniería en E.U. y no fue sino hasta 1986 que se introdujo en México como grado envase. El origen de este atraso se debió a la lenta evolución de los agentes nucleantes que fueron los que mejoraron las tazas de cristalización.⁽⁸⁾

Para visualizar las características del PET respecto a algunos plásticos, y otros materiales se presenta la tabla 3.4.

COMPARACION DE PROPIEDADES DEL PET RESPECTO A OTROS MATERIALES

MATERIALES	PVC, PS, PP, PE	PET	METAL, VIDRIO
PROPIEDADES	EXCELENTES	EXCELENTES	EXCELENTES
VALOR AGREGADO	BAJO	ALTO	REGULAR
VIDA UTIL	BAJA	PROLONGADA	PROLONGADA
MANEJO	FACIL	FACIL	DIFICIL
PESO	LIGERO	LIGERO	PESADO
PROCESAMIENTO	FACIL	DIFICIL	DIFICIL
COSTO DE M.P.	BAJO	ALTO	ALTO

TABLA 3.4

La gran aceptación que ha tenido el PET por parte de los más exigentes consumidores se debe a sus excelentes propiedades.

PROPIEDADES DEL POLIETILEN TEREFALATO (PET)

En la tabla 3.5, se indican las propiedades del PET grado ingeniería con y sin refuerzo de fibra de vidrio.⁽⁸⁾

PROPIEDADES DEL PET GRADO INGENIERIA

PROPIEDADES GENERALES	% DE FIBRA DE VIDRIO		
	0%	30%	45%
DENSIDAD ESPECIFICA A TEMPERATURA ORDINARIA	1.37	1.56	1.69
N DE ABSORCION DE AGUA A 23°C DESPUES DE 24 HRS AL EQUILIBRIO	0.03	0.05	0.04
N DE MERMA AL MOLDARSE	0.60	0.45	0.45
DUREZA ROCKWELL	2.0	0.2	-
ABRASION mg/100 CICLOS	M 106	M100	M100
COEFICIENTE DE FRICCION CONTRA SI MISMO	3	6	7
COEFICIENTE DE FRICCION CONTRA METALES	-	0.28	0.17
-	-	0.17	0.70
RESISTENCIA Y DUREZA A 23°C			
RESISTENCIA A LA TENSION Kg/Cm ²	0.54	1.61	1.86
% DE ELONGACION A LA TENSION	300	3	2
MODULO DE FLEXION Kg/Cm ²	1.3	1.75	1.82
RESISTENCIA AL CORTE Kg/Cm ²	0.56	0.8	0.87
MODULO DE FLEXION Kg/Cm ²	28.86	91.4	140
TENACIDAD			
RANURADO A 23°C	43	101	128
RANURADO A 40°C	82	96	128
SIN RANURAR A 23°C	SIN RUPTURA	370	370
SIN RANURAR A 40°C	SIN RUPTURA	370	370
TERMICAS/FLAMABILIDAD			
TEMPERATURA DE DEFLEXION°C A 4.7 Kg/Cm ²	215	250	250
TEMPERATURA DE DEFLEXION°C A 16 Kg/Cm ²	85	225	226
COEFICIENTE DE EXPANSION LINEAL	7.2	2.9	2.9
TERMICA X 10 ⁻⁵ / °C			
CONDUCTIVIDAD TERMICA W/°K	-	0.29	0.31
INDICE DE TEMPERATURA °C ELECTRICO Y MECANICO CON IMPACTO	-	140	140
MECANICO SIN IMPACTO	-	140	140
INDICE DE OXIGENO EN %	21	20	20
RESISTENCIA QUIMICA	EXCELENTE	EXC	EXC
ELECTRICAS			
RESISTENCIA AL ARCO S	-	72	126
RESISTENCIA VOLUMETRICA CmX10 ⁸	3.5	0.1	0.1
RESISTENCIA DIELECTRICA KV/mm	23.6	20.6	28.8
CONSTANTE DIELECTRICA A 100 HZ	-	8.6	4.0
CONSTANTE DIELECTRICA A 10 ⁶ HZ	0.02	0.012	0.12

TABLA 3.5

De la tabla 3.5, se observa que el PET presenta excelentes propiedades térmicas, y un muy bajo porcentaje de absorción de agua, por lo que permite mantener su estabilidad dimensional; por otro lado, sus propiedades mecánicas lo hacen ideal para la manufactura de partes pequeñas y muy complejas.

GRADOS ESPECIALES

Los grados sin reforzamiento pueden ser clasificados como claros y de color. Los de color se usan por lo general para botellas de bebidas carbonatadas. Las resinas claras se presentan en una variedad de grados con diferentes viscosidades intrínsecas, según se muestra en la tabla 3.6.⁽²⁾

APLICACION	VISCOSIDAD INTRINSECA
FIBRAS TEXTILES	BAJA (APROX. 0.62 - 0.75)
FIBRAS INDUSTRIALES Y PELICULA	ALTA (0.9 - 1.04)
BOTELLAS	(0.72 - 0.85)

TABLA 3.6

Hoy en día, se han introducido grados especiales con mejores características de velocidad de cristalización, impacto y otras, a base de materiales como fibra de vidrio, cargas minerales y sus combinaciones o mezclas, por ejemplo: el material con fibra de vidrio y mica se usa cuando se desea un bajo desgaste superficial.

Se utilizan niveles de carga que oscilan entre 30 y 55%. También existen grados especiales con retardantes a la flama.

ESTADISTICAS DE PRODUCCION Y CONSUMO DE PET GRADO BOTELLA Y HDPE EN MEXICO

El mercado del PET comenzó a crecer en los E.U. en 1978, cuando se usó por primera vez en la manufactura de botellas para bebidas carbonatadas. En México se empezó a producir en 1986. Tales botellas requieren tener buenas propiedades mecánicas, buenas características de barrera al CO_2 , pureza química y excelente claridad. Este balance de propiedades y facilidad de manufactura son características de esta resina.

Por otro lado el polietileno de alta densidad, tiene excelente resistencia al impacto, por lo que se le emplea en la manufactura de botellas para leches, detergentes, anticongelantes, envases para alimentos, bases para botellas de PET, tapones y cajas para transportar bebidas entre otras.

Estos dos materiales tanto el PET como el HDPE, forman parte de las botellas de polietilén tereftalato. A continuación en las tablas 3.7 y 3.8, reportamos las estadísticas de producción y consumo de estos dos plásticos en México.⁽¹⁰⁾

POLIETILEN TEREFALATO (PET)

TONELADAS	1985	1986	1987	1988	1989	1990
PRODUCCION	0	11,100	15,672	18,093	14,853	16,092
IMPORTACION	59	170	2	34	81	80
EXPORTACION	0	5,076	10,573	12,449	6,694	11,036
C. APARENTE	59	6,094	5,101	5,678	8,240	5,136
INCTO. C.AZ	N.D	N.D	(16.3)	11.3	45.1	(37.7)
CAP. INSTALADA	7,200	17,100	17,100	17 100	17,100	18,900

TABLA 3.7

POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE)

TONELADAS	1985	1986	1987	1988	1989	1990
PRODUCCION	67,815	67,075	75,992	81,717	97,134	175,674
IMPORTACION	47,405	95,284	68,082	75,995	112,414	105,767
EXPORTACION	0	0	9,597	498	380	54,949
C. APARENTE	115,220	164,359	134,477	157,214	209,169	226,492
INCTO. C.AZ	11.9	42.6	(18.2)	16.9	33.0	8.3
CAP. INSTALADA	100,000	100,000	100,000	100,000	150,000	200,000

TABLA 3.8

De la tabla 3.7, observamos como se ha incrementado el consumo del plástico PET, desde 1985 hasta 1989. Pero en el año de 1990 se tuvo una baja por el incremento de las exportaciones. Por otro lado el consumo de HDPE ha aumentado aún cuando las exportaciones se han incrementado.

HISTORIA DEL RECICLADO DE DESECHOS PLASTICOS POST-CONSUMIDOR

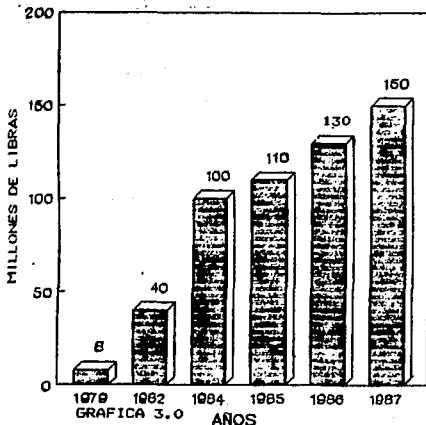
En la industria de las bebidas, los envases de aluminio tienen un papel muy importante, y debido al gran valor de este material las compañías productoras están implementando programas de reciclamiento desde hace 20 años. La industria del vidrio también es de gran importancia en la industria de las bebidas; las botellas de vidrio que se producen en gran volumen están siendo recicladas para obtener nuevos envases.⁽¹¹⁾

Los envases de plástico que se utilizan como contenedores de bebidas carbonatadas, fabricados en PET y HDPE, fueron introducidos en E.U. en 1978.⁽¹²⁾ El reciclado de estos envases comenzó inmediatamente, gracias a los esfuerzos realizados por pequeños empresarios recicladores. Los recicladores del plástico reconocieron el valor intrínseco de este polímero de alta tecnología, y en 1979, sólo un año después de que las botellas fueran introducidas, 8 millones de libras de botellas fueron recicladas. Este contenido en libras de botellas recicladas, aumento a 40 millones de libras en 1982 y para 1985, se estimó que 110 millones de libras fueron recolectadas para ser recicladas.

La legislación de los envases utilizados para bebidas carbonatadas en 9 estados de la Unión Americana, influenció el rápido crecimiento de los programas de reciclamiento. Además, esta

legislación condujo a la reducción de los desechos sólidos.

En la gráfica 3.0, se muestra el progreso que ha tenido el reciclado de botellas de polietilén tereftalato en E.U.



RECICLADO DE BOTELLAS DE PLASTICO PET UTILIZADAS COMO CONTENEDORES DE BEBIDAS CARBONATADAS

El poliéster PET, es el plástico que está siendo reciclado como desecho post-consumido en E.U., Wellman, Inc.⁽¹¹⁾ se ha identificado como la principal empresa recicladora en esta área, ya que en 1987 recicló 100 millones de libras de botellas. El PET reciclado, se está utilizando en la manufactura de tapetes, polioles para espuma

de uretano rígida, plásticos de ingeniería y productos extruídos. Nuevas aplicaciones ofrecen oportunidades adicionales para utilizar desechos plásticos post-consumidor.

En la figura 3.0, se ilustra una de las muchas aplicaciones que actualmente tiene el reciclar botellas de plástico PET.

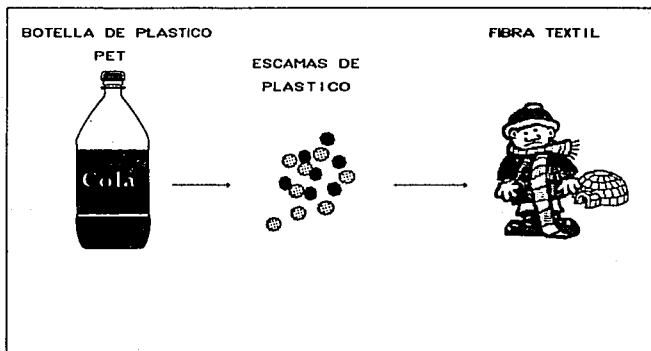


FIGURA 3.0

En 1987, se utilizaron 740 millones de PET virgen en la fabricación de botellas. Se ha estimado, que existe un mercado potencial para 500 millones de libras de material reciclado, en aplicaciones generales, excluyendo el envasado de alimentos.

Sólo se han reciclado 150 millones de libras, esto indica que

este mercado esta lejos de ser saturado. El 10% de este PET, se utiliza en la industria textil, y representa aproximadamente un mercado de 350 millones de libras.

RECICLADO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

Las ventas totales de HDPE en E.U. tuvieron un excedente de 7.8 millones de libras en 1987. Sólo cerca de 72 millones de libras de este material se reciclan al año. Se ha estimado, que existe un mercado potencial de 440 millones de libras, el cual utilizará HDPE reciclado. Los principales mercados para polietileno reciclado son: fabricación de bases para botellas, cintas de plástico, contenedores, tambores, cubetas y varios tipos de tubería.⁽¹⁴⁾

CAPITULO VI

**DESCRIPCION GENERAL DE EQUIPOS EMPLEADOS
PARA RECICLAR BOTELLAS DE PLASTICO
POLIETILEN TEREFALATO (PET)**

DESCRIPCION GENERAL DE EQUIPO

La industria del reciclado de plásticos, ha tenido un gran crecimiento debido a que en todo el mundo se están generando grandes cantidades de desechos solidos.

Diariamente se están investigando y probando nuevas tecnologías las cuales se utilizarán para reciclar desechos sólidos. Estas tecnologías, han hecho que el reciclar un material plástico sea económico y que además sea de buena calidad. A continuación, describiremos algunas tecnologías utilizadas para reciclar plásticos tales como: botellas de plástico PET y botellas de HDPE.

ESTACION DE CLASIFICACION DE MATERIALES

La separación manual es la técnica más antigua, aún utilizada en sociedades con poca afluencia. Esta técnica es de poca importancia en las plantas de separación modernas, sin embargo, es la técnica que nos puede proporcionar un material homogéneo el cual puede ser reciclado con mayor facilidad.

LUMUS DEVELOPMENT CORP.*** ha diseñado instalaciones para recuperar materiales de desecho tales como: vidrio, aluminio, polietileno de alta densidad, botellas de plástico PET, etc. Este sistema es uno de los más económicos y debido a su versatilidad se

puede adaptar a cualquier necesidad. A continuación, describiremos las principales características de este sistema:

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

- * Este sistema no requiere depósitos de concreto o fosas costosas.
- * La tolva de recepción y el transportador son móviles.
- * Se utiliza para clasificar todos los materiales de desecho.
- * Los depósitos de recolección se pueden sacar de su lugar.
- * Esta estación de clasificación de materiales puede ser diseñada para sus requerimientos específicos.

En la figura 4.0, se ilustra una estación de clasificación de materiales y sus principales accesorios.

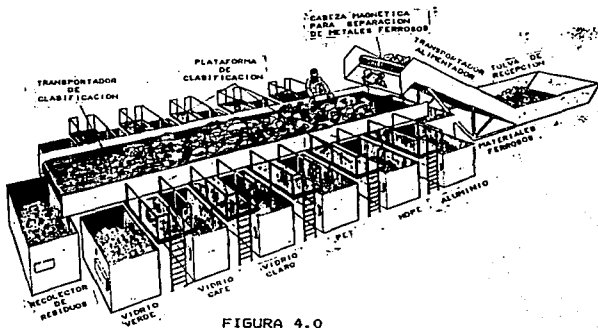


FIGURA 4.0

PERFORADOR/DENSIFICADOR DE ALIMENTACION CONTINUA

Los perforadores densificadores de alimentación continua, están disponibles en dos modelos, el modelo PCI-136 y el PCI-148. Cuando se instalan en una estación de recolección de desechos sólidos, éstos pueden procesar mezclas de contenedores de plástico con o sin tapas. Al reducir el volumen de los contenedores, se incrementa la capacidad de almacenamiento, transporte y la eficiencia de embalaje. Además, de esta forma se asegura que estos materiales son separados por tipo de resina y por color. En la figura 4.1, se ilustra un perforador/densificador de alimentación continua.⁽¹²⁾

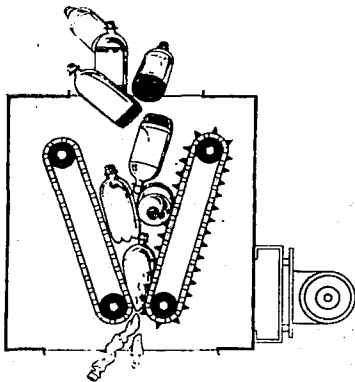


FIGURA 4.1

Estos perforadores/densificadores, se emplean, para procesar contenedores de aluminio y plástico. Los contenedores se alimentan en forma manual o por medio de un sistema de transporte; Los contenedores ya densificados se pueden alimentar a depósitos para su almacenamiento, a embaladoras, a desmenuzadoras, granuladores, etc. En la tabla 4.0, presentamos las principales especificaciones de de estos perforadores/densificadores.

HOJA DE ESPECIFICACIONES

DIMENSIONES GENERALES	MODELO PCI-136	MODELO PCI-148
ANCHO	60"	60"
LARGO	66"	78"
ALTURA	44"	44"
PESO	2,000 LBS.	2,500 LBS
ACCIONAMIENTO		
MOTOR	5 HP TEFC	7.5 HP TEFC
VOLTAJE	3 FASES, 60 CICLOS 208-480 VOLTS	3 FASES, 60 CICLOS 208-408 VOLTS
CONTROLES	SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE	SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE
REDUCTOR DE VELOCIDAD	FLECHA MONTADA 14.075:1	FLECHA MONTADA 14.075:1
RENDIMIENTO		
TIEMPO DE CICLO	CONTINUO	CONTINUO
VELOCIDAD DE PRODUCCION	3500 LBS/HR	5,000 LBS/HR
VELOCIDAD DE LA CADENA	100 FPM	100 FPM
ABERTURA DE LA DESCARGA	31.25" X 37"	31.25" X 49"
ABERTURA DE LA ALIMENTACION	24" X 37"	24" X 49"

TABLA 4.0

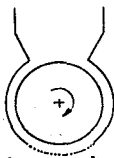
GRANULADORES

En el área del reciclado de plásticos, la reducción de tamaño de los materiales se efectúa con un granulador.⁽⁵⁾ Se utilizan varios

tipos de granuladores, dependiendo de la capacidad de producción requerida y la forma física del desecho plástico (película, tubo, hoja o mazarotas). Cada granulador está formado por una tolva, cámara de corte (rotor con cuchillas), hojas perforadas para tamizar y mecanismos de transmisión. La tolva está diseñada para formas específicas de perfiles. Los granuladores pueden estar equipados con un mecanismo de alimentación como por ejemplo: un alimentador de tornillo o rodillos contrarrotativos para película. La mayoría de las tolvas tienen curvaturas, baffles y puertas para prevenir el retroceso de las piezas de plástico.

La granulación se efectúa en la cámara de corte, la cual está formada por paredes muy resistentes. En modelos grandes se usan placas de acero de 4 pulgadas de espesor o mayores. La geometría de la entrada de la alimentación generalmente la especifica el procesador. En la figura 4.2, se muestran diferentes geometrías de entrada de la alimentación de los granuladores.

ALIMENTACION VERTICAL



ALIMENTACION TANGENCIAL



ROTOR VERTICAL

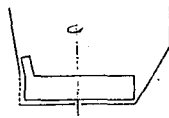


FIGURA 4.2

En el arreglo vertical, el desecho es atrapado por el rotor en su carrera descendente y este es cortado; una desventaja es que el material puede ser golpeado debido a la carrera ascendente del rotor y entonces puede ser expulsado. Este problema es minimizado desviando la entrada de la alimentación hacia el lado de la carrera descendente del rotor. En el diseño de rotor vertical, el eje del rotor es vertical y las piezas son alimentadas por la parte superior de tal forma que sean expuestas a el diámetro de corte completo. Una cuchilla de rasgado rotatoria, ayuda a atraer al material hacia la cámara de corte.

Las cuchillas están montadas en rotores abiertos que constan de una serie de soportes o en rotores macizos. En la figura 4.3 se ilustran algunos diseños de rotores con un incremento en el número de cuchillas.

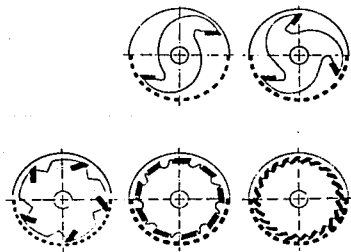


FIGURA 4.3

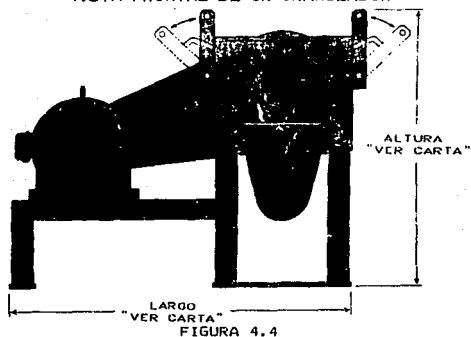
Al incrementarse el número de cuchillas se incrementa la capacidad de producción, pero, decrece el tamaño de la profundidad efectiva de la cuchilla sobre el material. Los rotores con dos o tres álabes, son los más comunes. Los granuladores con dos rotores de giros contrarrotativos no utilizan cuchillas fijas.

El rotor puede ser accionado directamente por el motor a través de una correa de transmisión en V; El accionado directo tiende a ser más difícil; la correa de transmisión proporciona un medio de seguridad para proteger al motor de los golpes de la acción de corte; Los granuladores están equipados con mecanismos de seguridad que previenen el acceso a la cámara de corte cuando el rotor está en movimiento.

GRANULADORES PCPR DE INDUSTRIAS M.A.

Los granuladores M.A. 737 y 750, están diseñados para triturar y separar desechos plásticos post-consumidor tales como: botellas de plástico PET, botellas de HDPE, etc. Estos granuladores son más robustos para manejar arena, polvos y otros contaminantes que forman parte de la operación; están contruidos con aleaciones especiales y diseñados para bajos costos iniciales, fácil instalación, fácil arranque, menores requerimientos de mano de obra y operación segura.⁽¹³⁾ En la figura 4.4, se muestra un granulador, y en la tabla 4.1, reportamos sus dimensiones.

VISTA FRONTAL DE UN GRANULADOR



DIMENSIONES DE LOS GRANULADORES PCPR DE INDUSTRIAS M.A.

DIMENSIONES (pulg)	MODELO	
	M.A. 737	M.A. 750
LARGO	68"	67"
ALTURA	62"	63"
ANCHO	62"	84"

TABLA 4.1

GRANULADORES DE MEDIANA CARGA

Los modelos MD-810 a MD-1640,¹⁴ ofrecen tamaños de alimentador de 8 x 10 pulgadas a 16 x 40 pulgadas, combinados con motores de 3 a 30 HP. El diseño permite seleccionar tolvas estandar o

especializadas, rotores con dos o tres cuchillas, diferentes bases para descargar en recipientes tales como: depósitos, barriles o transportadores de aire LOADAMATIC. Estos granuladores incluyen cámara de corte construída en acero y secciones desmontables las cuales reducen en parte los costos de repuesto. El rotor está montado en baleros que soportan grandes cargas de choque, así se mantienen las tolerancias críticas entre el rotor y la cama de cuchillas para mantener consistente y eficiente la acción de corte.

CARACTERISTICAS DE LOS GRANULADORES DE MEDIANA CARGA

- * El rotor es de tipo abierto con 3 cuchillas.
- * Tolva biselada con puerta de acceso para inspección.
- * "Interlock" de seguridad mecánico y eléctrico.
- * La transmisión es de tipo correa en V, para trabajo pesado

En la figura 4.5, se muestran diferentes tipos de granuladores de mediana carga, y en la tabla 4.2, reportamos sus especificaciones.



FIGURA 4.5

EN LA SIGUIENTE TABLA SE ENCUENTRAN REPORTADAS LAS ESPECIFICACIONES Y
DIMENSIONES DE LOS GRANULADORES DE MEDIANA CARGA

MODELO	MD-810	MD-812	MD-1212	MD-1216	MD-1220	MD-1620	MD-1626	MD-1640
TAMANO DE CARGADERO	8 X 10	8 X 12	12 X 12	12 X 16	12 X 20	16 X 20	16 X 26	16 X 40
CUCHILLAS ROTATORIAS	3	3	3	3	3	3	3	3
CUCHILLAS ESTACIONARIAS	2	2	2	2	2	2	2	2
BASE TIPO DEPOSITO (TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN PULGADAS)	A 61 B 25 C 34	A 65 B 27 C 35	A 60 B 24 C 35	A 71 B 35 C 56	A 68 B 40 C 56	A 76 B 38 C 68	A 81 B 42 C 70	A 91 B 61 C 75
DESCARGA EN BARRIL (TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN PULGADAS)						D 106 E 61 F 68	D 117 E 61 F 70	D 121 E 66 F 68
DESCARGA LORDAMATIC (TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN PULGADAS)	G 61 H 25 I 50	G 65 H 27 I 51	G 68 H 39 I 55	G 71 H 49 I 56	G 68 H 54 I 55	G 76 H 52 I 67	G 81 H 57 I 70	G 91 H 75 I 75
MOTOR POTENCIA (HP) PESO DE EMBARQUE APROXIMADO (LBS.)	3, 5 7 1/2 850	5, 7 1/2 10 970	5, 7 1/2 10 1400	10 15 1750	15 20 2100	20, 25 30 2800	20, 25 30 3500	20, 25 30 5400

TABLA 4.2

DESMENUZADORAS HI-TORQUE

Este tipo de máquinas,¹⁴ se utilizan para desmenuzar o triturar diferentes tipos de materiales tales como: plásticos, desperdicios de hospitales, papel y cartón, latas de aluminio, etc.

El material a ser desmenuzado, se alimenta al cargadero por la parte superior y entra a la cámara de corte donde es desmenuzado hasta un tamaño de aproximadamente 1/4 de pulgada, posteriormente las piezas reducidas, son granuladas y recolectadas por el fondo en recipientes o transportadores de aire.

ESPECIFICACIONES DE LOS DESMENUZADORES HI-TORQUE SHREDDER

MATERIAL DE CONSTRUCCION: Acero al carbón.

MOTORES DE ACCIONAMIENTO: Granulador; 25 HP, 230/460 volts, 3 fases, 1750 RPM.
Desmenuzador; 10 HP, 230/460 volts, 3 fases, 1750 RPM.

VELOCIDAD DE OPERACION: Granulador: aproximadamente 550 RPM.
Desmenuzador: 22 y 27 RPM.

En la tabla 4.3, reportamos las dimensiones de los desmenuzadores HI-TORQUE SHREDDER para cada serie.

TABLA DE ESPECIFICACIONES

SERIES	TAMAÑO DE ENTRADA	H.P.	A	B	C	D	E
SERIES 1500							
1520	15 X 20	10-20	55	30	83	48	35
1530	15 X 30	15-20	68	30	83	48	35
SERIES 2000							
2030	20 X 30	25-50	68	38	85	50	35
2044	20 X 44	40-50	97	38	85	5	
SERIES 2600							
2626	26 X 26	40-60	66	40	90	55	35
2640	26 X 40	50-75	80	40	90	55	35
2654	26 X 54	60-75	107	40	90	55	35
SERIES 3200							
3254	32 X 54	75	111	48	98	63	35
3260	32 X 60	100	123	48	98	63	35

TABLA 4.3

En la figura 4.6, se indican las dimensiones de los desmenuzadores HI-TORQUE SHREDDER.

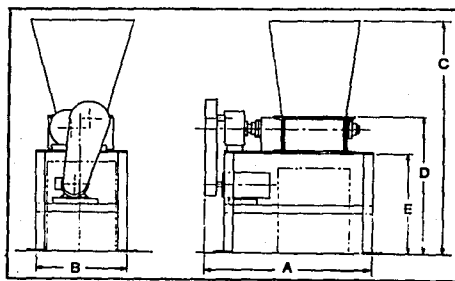


FIGURA 4.6

En la figura 4.7, se indican los componentes de los desmenuzadores HI-TORQUE SHREDDER, y en la tabla 4.4, se presenta la carta de aplicaciones.

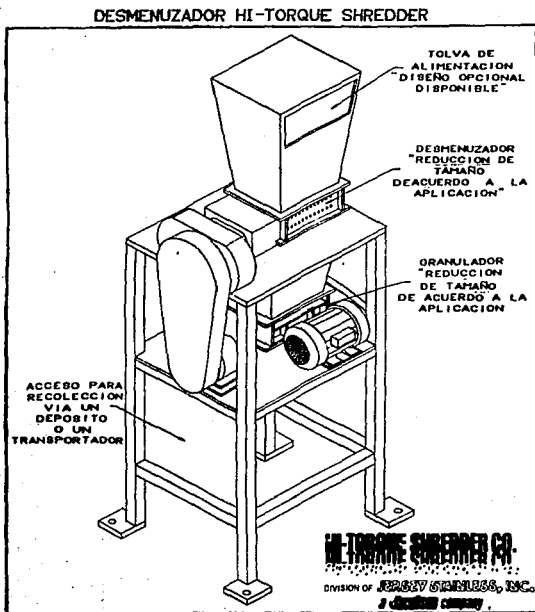


FIGURA 4.7

HI-TORQUE SHREDDER CO. NUMERO DE MODELO

	MOD. 1520 10 HP	MOD. 1530 20 HP	MOD. 2030 25 HP	MOD. 2044 40 HP	MOD. 2626 40 HP	MOD. 2640 50 HP	MOD. 2640 75 HP	MOD. 2654 75 HP	MOD. 3260 100 HP*
DESECHOS EN GENERAL		1200	1500	2400	2500	3000	3500	4200	
PIEZAS TORNEADAS EN ACERO		1750	2300	3000					
PIEZAS TORNEADAS EN ALUMINIO									
OLLANTAS DE COCHES						150	400	750	
TANBORES DE ACERO CON CAPACIDAD DE 50 GALONES							30-70		
PLASTICOS	800	1300	1800	3000	3200	4800	4800	4800	
MATERIALES CORRUGADOS Y TUBOS	120		200		320		450		
PLATAFORMAS DE MADERA								100-130	
DESPERDICIOS DE HOSPITALES	600	1250	1500	2700	2700	3000	5000		
DESECHOS FARMACEUTICOS DESECHOS DE COSMETICOS	750	1400	2000	3000	3000				
LATAS DE ALUMINIO	800	1500	1800	3000	3000	4000			
CHATARRA DE ALUMINIO				4000	4000				
PAPEL Y CARTON	700	1300	2000	3200	3200	4200	5000	5400	
MISCELANEOS Y CHATARRA DE MADERA	750	1500	2200	3000	3000	4200	5200	5800	

TABLA 4.4

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

NOTAS: Los números en la carta denotan Lbs/hr.

Las velocidades de producción, son aproximadas y están basadas en factores obtenidos en experiencias, y en información retroalimentada de aplicaciones de usuarios.

o Denota piezas por hora (Pcs/Hr)

* Llamar al fabricante, para solicitar información de las velocidades de producción

SISTEMA DETECTOR DE METALES " METALARM "

En el reciclaje de plásticos, se utilizan alarmas detectoras de metales para proteger a los granuladores de la presencia de algún metal, y evitar con esto que las cuchillas del granulador sean dañadas. Estas alarmas tienen una gran sensibilidad y pueden detectar metales ferrosos, metales no ferrosos y metales de acero inoxidable.⁽⁴⁾

CARACTERÍSTICAS DEL DETECTOR DE METALES "METALARM"

* Utiliza tecnologías avanzadas para inducir impulsos de gran sensibilidad sobre pedazos pequeños de metal.

* Es de control automático, totalmente electrónico y ajustable para proporcionar una operación segura y libre de fallas.

* La bobina registradora puede estar instalada en transportadores, líneas de tubería o tolvas a nivel de piso.

* Las unidades de control METALARM, son fácilmente ajustables a variaciones de potencia y sensibilidad sobre objetos.

* Hay un amplio intervalo de tamaños de bobinas registradoras y configuraciones disponibles.

En la figura 4.8, se muestra un detector de metales METALARM.

DETECTOR DE METALES METALARM

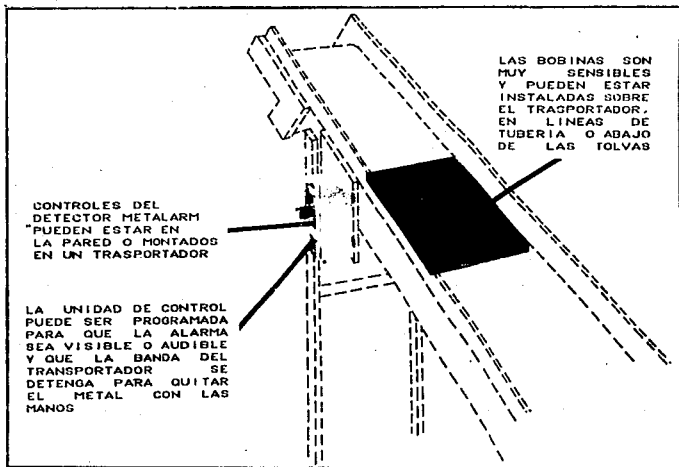


FIGURA 4.8

ESPECIFICACIONES MECANICAS

- * Caja construida en acero, pintada de color gris
- * Dimensiones 318 x 218 x 140 mm.
- * Peso 6 Kgs.
- * Montaje: Montada de los cuatro ángulos por medio de orejas.

ESPECIFICACIONES ELECTRICAS

- * Proporciona un voltaje de 110 a 240 volts, 60 Hz, una fase.
- * Dos cambios sobre contactos de relevo con valor nominal de 5 amp. a 30 volts de CD. ó 250 volts de AC.
- * Bajo voltaje de salida: 12 volts de DC. a 250 μ A o lámparas con capacidad de 2.5 watts.

DETECTOR/SEPARADOR DE METALES ELPAC MODELOS EL800P Y EL1500P

Los detectores separadores de metales ELPAC (Electro - Pneumatic Aluminum - Concentrator),⁽¹⁰⁾ se emplean para separar aluminio de escamas de plástico. Algunas aplicaciones incluyen: pedacería de botellas de plástico PET, pedacería de botellas de PVC, pedacería de botellas de HDPE, pedacería de poliestireno, etc., estos separadores eliminan entre un 95 a 99% del aluminio total mezclado con el plástico, obteniéndose una pérdida en peso de material menor al 3% comparada con la cantidad total alimentada. Los

modelos EL800P y EL1500P, tienen una capacidad de separación de 2,000 y 4,000 Lbs/Hr. respectivamente. A continuación, describiremos el principio de operación y las características de estos detectores de metales.

PRINCIPIO DE OPERACION

El detector/separador de metales ELPAC detecta partículas de aluminio que fluyen junto con las partículas de plástico PET a través de una placa de metal. El sensor que se utiliza para detectar las partículas de aluminio es monitoreado electrónicamente. Cuando uno de los sensores detecta una partícula metálica, envía una señal a un procesador y éste envía otra señal a la válvula solenoide la cuál se abre y permite que salga un chorro de aire a gran velocidad. Este aire impulsa las partículas metálicas hasta un depósito recolector de aluminio.

MODELOS

Los detectores/separadores de metales ELPAC, modelos EL800P y EL1500P incluyen: panel de control, depósitos para aire comprimido, tubería, tolva de alimentación, alimentador vibratorio, separador y depósitos para recolección de metales.

En la figura 4.9, ilustramos este tipo de detectores /separadores y sus principales componentes.

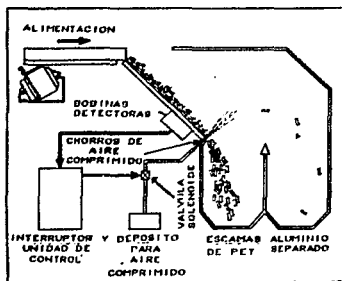


FIGURA 4.9

CIRCUITO DE DETECCION

DETECTOR SEPARADOR DE METALES: Una de las características del detector separador de metales ELPAC EL1500P, es que tiene 15 bobinas sensando en forma escalonada (8 bobinas para el modelo EL800P), acopladas a un microprocesador, el cual envía una señal para abrir la válvula solenoide e inyectar chorros de aire comprimido y de esta forma eliminar el metal. Las bobinas están protegidas por un panel de desgaste el cuál se puede reemplazar. El modelo EL1500P, es de 4 pies (1220 mm) de ancho, y el modelo EL800P es de 2 pies (610 mm) de ancho.

PANEL DE CONTROL: La unidad central de control de acuerdo con el microprocesador, activa los circuitos de detección, el interruptor

de la válvula de aire, los indicadores para presionamiento de botones y las protecciones contra sobre cargas eléctricas.

DEPOSITO DE AIRE Y TUBERIA: Se tiene un depósito para aire comprimido con tubería, y una válvula solenoide para inyectar aire a alta velocidad.

SISTEMA DE ALIMENTACION

Este sistema cuenta con una tolva de alimentación y un alimentador vibratorio de 42 pulgadas (1066 mm) de ancho. La tolva de alimentación tiene una capacidad de 12 ft³ (0.33 m³), y puede almacenar hasta 300 Lbs. (136 Kgs) de escamas de plástico PET.

VELOCIDAD DE ALIMENTACION: La velocidad de alimentación se puede ajustar en un intervalo que va de 0 a 4,000 Lbs/Hr. para el modelo EL1500P y de 0 a 2,000 Lbs/Hr. para el modelo EL800P.

TAMANO DE PARTICULA: El tamaño de partícula a alimentarse puede ser hasta de 1 pulgada (2.5 Cms).

SEPARADORES DE PRODUCTO: Estos sistemas cuentan con dos depósitos para separar el producto, en uno de ellos se obtiene material plástico libre de metal y en el otro depósito se obtiene metal libre de plástico.

SUMINISTRO DE POTENCIA

POTENCIA ELECTRICA: 120 VAC, 60 Hz, 1 una fase. requiere 15 Amp y disyuntor de 750 W (max).

AIRE COMPRIMIDO: 90 PSI, A 5 CFM.

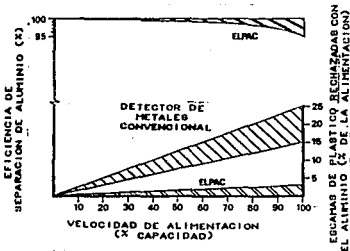
DIMENSIONES

UNIDAD ENSAMBLADA: 82.5 pulg. de alto x 98 pulg. de largo x 66 pulg. de ancho. (2,095 mm x 2,498 mm x 1,676 mm).

PESO NETO: 2,500 Libras (1,136 Kgs).

PESO BRUTO: 2,825 Libras (1,284 Kgs).

En la gráfica, 4.0, se observa la eficiencia de separación de los detectores/separadores de metales ELPAC, comparada con la eficiencia de separación de los detectores convencionales.



GRAFICA 4.0

En esta gráfica se observa lo siguiente:

- a) La eficiencia de separación del detector separador de metales ELPAC va de 95 a 100%.
- b) La concentración de escamas de aluminio mezcladas con las escamas de plástico PET es menor a 5 ppm después de haber realizado la separación utilizando el detector separador de metales ELPAC.
- c) La concentración de escamas de aluminio mezcladas con las escamas de plástico PET va de 15 a 25 ppm utilizando un detector de metales convencional.

SOPLADORES CON IMPULSORES DE ACCIONAMIENTO DIRECTO

Estas unidades,⁴⁷ están diseñadas para descargar y transportar en forma rápida y automática materias primas para plásticos, ya sea en forma de pastillas o gránulos. El diseño de accionamiento directo opera a baja velocidad (RPM'S), comparado con las unidades de accionamiento por banda, dando como resultado bajos niveles sonoros; las velocidades de transportación de materiales son mejores si se comparan con las velocidades de máquinas accionadas por banda; el diseño simplificado requiere menor mantenimiento y con pocos componentes asegura una operación libre de fallas y larga vida del soplador.

Los modelos DI-2 y DI-7, son ideales para descargar masas de cartón y tambores, alimentar a depósitos de almacenamiento, cargar

tolvas, etc. Son facilmente desmontables y están diseñados para operar en forma continua.

Se requiere una pista o un mecanismo similar para alimentar el material al soplador. Estas unidades pueden estar montadas en una base o superficie y estar integradas a trituradores o mezcladores.

Dentro de las circunstancias normales, se requiere de un separador ciclónico en el lugar de recepción de materiales.

Los resultados de la tabla 4.5, fueron obtenidos por FOREMOST en las pruebas de laboratorio realizadas con gránulos de resina virgen de polietileno de alta densidad.

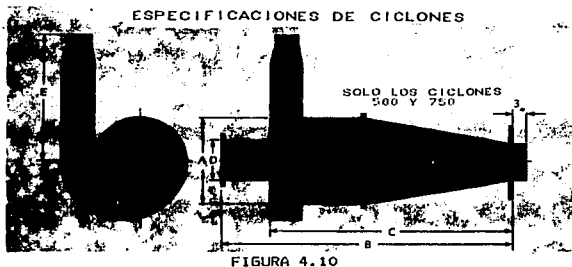
VELOCIDADES DE TRANSPORTACION EN (LBS/HR)

DISTANCIA DE TRANSPORTACION EN (FT)

MODELO	25 Ft	50 Ft	75 Ft	100 Ft	150 Ft	200 Ft	CICLON MODELO
DI-1	500	300	-	-	-	-	250
DI-2	1,500	1,200	750	350	-	-	250
DI-7	2,200	1,700	1,200	500	-	-	250
DB-2	2,000	1,800	1,200	500	-	-	500
DB-5	3,000	2,800	2,500	2,400	1,500	-	500
DB-10	3,500	3,000	2,800	2,600	2,000	1,000	750

TABLA 4.5

En la figura 4.10, se ilustran las especificaciones del ciclón.



En la tabla 4.6, reportamos las dimensiones del ciclón.

DIMENSIONES EN PULGADAS

MOD.	A	B	C	D	E
250	10-3/4	37-1/4	31-3/4	5-1/2	20-1/4
500	15-1/4	50-3/4	43-1/4	7-1/2	25-1/2
750	18-1/2	61-5/8	52-3/8	9-1/4	28-7/8

TABLA 4.6

SISTEMAS DE PELETIZACION GALA

Los sistemas de peletización GALA,⁽¹⁸⁾ están diseñados para operar a velocidades de producción de 20 a 5,000 Lbs/Hr. de gránulos de plástico.

Son apropiados para el procesamiento de diversos polímeros, recuperación de chatarra para reciclarla, operaciones en plantas piloto, investigación y desarrollo de nuevos materiales, etc. Los polímeros que se pueden procesar mediante estos sistemas son:

- | | |
|--|-------------------------|
| * Acrílicos | * Polietileno |
| * Acrilonitrilo - Butadieno - Estireno | * polipropileno |
| * Masas fundidas de adhesivos | * Poliestireno |
| * Nylon | * Poliuretano |
| * Polibutileno | * Policloruro de vinilo |
| * Policarbonatos | * Caucho termoplástico |
| * Poliesteres | * Otros polímeros |

DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO

Se alimenta el plástico a un extrusor, y éste mediante un tornillo sin fin bombea la masa de plástico fundida, el plástico fundido es forzado a pasar a través de una boquilla la cuál tiene una serie de agujeros en una malla circular. A medida que el polímero emerge de los agujeros es cortado en gránulos por las cuchillas y solidificado a medida que pasa a través de la cámara de corte.

El agua transporta los gránulos a un sistema de agua atemperada donde son secados y descargados de un secador. El agua de los gránulos es filtrada, presurizada y retornada al peletizador a través del sistema de agua templada. A continuación, ilustramos el proceso de peletización en la figura 4.11.

PROCESO DE PELETIZACION GALA

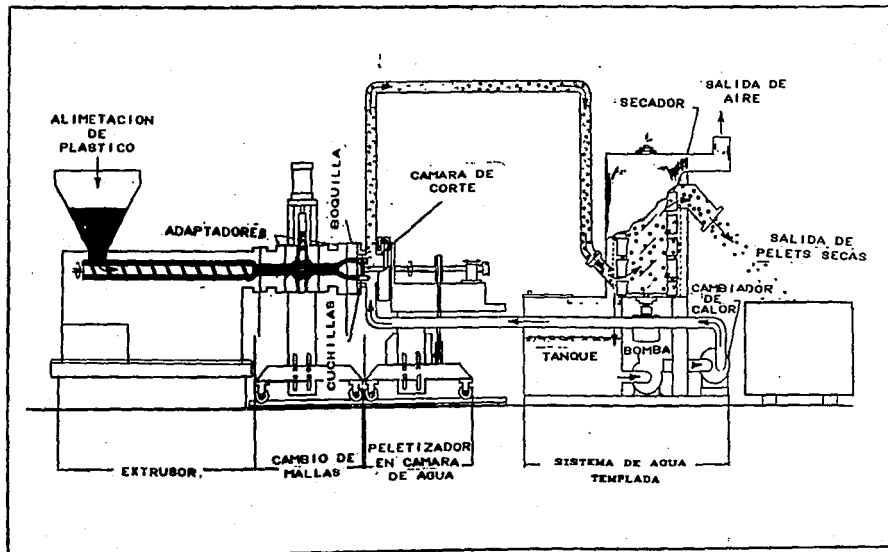


FIGURA 4.11

VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE PELETIZACION GALA

* **DISEÑO COMPACTO Y VERSATIL:** El sistema de peletización GALA sustituye a los grandes sistemas de peletización, y los espacios limitados ocupados por baños de agua. El sistema de agua templada puede estar instalado en un lugar conveniente en el área general del peletizador.

* **MENOR TIEMPO FUERA DE OPERACION:** Las cuchillas de corte son de dos filos, y además son auto afilables. Los bujes con las nuevas cuchillas de corte se pueden instalar en menos de dos minutos.

* **SON DE ARRANQUE SIMPLE:** Los sistemas de peletización GALA, se meten a operar presionando un simple botón.

* **PROPORCIONAN GRANDES RENDIMIENTOS Y SON DE LIMPIEZA REDUCIDA:** Los gránulos remanentes dentro del sistema, desde la boquilla hasta el secador, son eliminados y además se reduce la limpieza asociada con los finos y los materiales de retroceso.

* **FLEXIBILIDAD:** Los peletizadores GALA pueden cortar una amplia gama de polímeros.

* **REDUCE LOS COSTOS DE PARTES DE REPUESTO EN INVENTARIOS:** Los peletizadores GALA, están diseñados para operar sin fallas. Esto hace que los requerimientos de partes de repuesto sean mínimas.

* REPARACION Y MANTENIMIENTO: La rutina de mantenimiento consiste de: lubricación de baleros y cambio de cuchillas.

* TAMAÑO UNIFORME DE LOS GRANULOS: La placa de la boquilla es simétrica en diseño y tiene una longitud mínima. esto permite que el flujo de polímero que pasa a través de la boquilla sea uniforme y como resultado se obtienen gránulos del mismo tamaño.

* BAJO NIVEL DE RUIDO: Se produce bajo nivel de ruido, debido a que el polímero es cortado acentro de una cámara con agua en condición semifundido.

* NO QUEDA POLIMERO EN AREAS MUERTAS: El polímero fluye directamente desde el extrusor sin ser sujetado en áreas muertas.

* TAMAÑO DE LOS GRANULOS: Los peletizadores GALA, son capaces de cortar gránulos hasta de 0.050 pulgadas de diámetro.

* NO SE PRESENTA DEGRADACION DEL POLIMERO EN LA PLACA DE LA BOQUILLA: La superficie de la placa opera adentro del agua a temperaturas menores a los 180 °F

En las tablas 4.7 y 4.8, reportamos los datos técnicos de los sistemas de peletización y de los sistemas de agua templada.

DATOS TECNICOS DE PELETIZADORES			
	MODELO No. 5	MODELO No. 6	MODELO No. 7
VELOCIDAD DE PELETIZACION: Lbs/hr/kg/hr	20-500 (9-227)	20-2,000 (9-909)	2000-5000(909-2273)
DIAMETRO DEL AGUJERO DE LA BOQUILLA: Pulg.(mm)	.093(2.4), .110(2.8), .125(3.2)	.093(2.4), .110(2.8), .125(3.2)	.093(2.4), .110(2.8), .125(3.2)
NUMERO DE AGUJEROS	1-12	1-40	25-102
VELOCIDADES DE LOS PELETIZADORES: RPM	2500 Max.	3,500 Max.	2500 Max.
MOTOR DEL PELETIZADOR: HP(KW)	2 (1.5)	5(3.3)	7 1/2(5.5), 10(7.5), 15(11.2)
NUMERO DE CUCHILLAS	2, 4	2, 4, 6	3, 5, 7
PLACA DE CALENTAMIENTO DE LA BOQUILLA	2.4 KW, 230/460 Volts	4.0 KW, 230/460 Volts	9.2 KW, 230/460 Volts
DIMENSIONES: Pulg.(mm)	32(813)A x 33(830)L x 60(1524)H	31(787)A x 51(1295)L x 56(1422)H	37(940)A x 74(1880)L x 56(1422)H
PESO NETO: Lbs.(Kg)	600 (1320)	900 (1980)	1700(3740)

TABLA 4.7

SISTEMAS DE AGUA TEMPLADA						
MODELO No.	VELOCIDAD DEL AGUA	VELOCIDAD DE PELETIZACION	SECADORES DE GALA	CAPACIDAD DEL TANQUE	DIMENSIONES LxMxH	PESO
U. INGLESAS	Gpm	lbs/hr	NUMERO DE MODELO	Galones	PULGADAS	Lbs
U. METRICAS	m ³ /hr	kg/hr		m ³	METROS	Kg
TWS-20	20	500	8.1BF	40	38x62x69	355
	4.5	227		.15		.97x1.57x1.75
TWS-40	40	1.000	8.1BF	40	38x62x69	300
	9.1	454		.15		.97x1.57x1.75
TWS-60	60	1.500	8.2BF	80	40x62x88	420
	13.6	680		.30		1x1.57x2.24
TWS-80	80	2.000	8.2BF	80	40x62x88	440
	18.2	907		.30		1x1.57x2.24
TWS-100	100	2.500	52BF	250	112x96x122	3.000
	22.7	1.134		.90		2.85x2.44x3.10
TWS-120	120	3.000	52VDH	250	112x96x122	3.900
	27.3	1.361		.90		2.85x2.44x3.10
TWS-140	140	3.500	52VDH	250	112x96x122	4.000
	31.8	1.588		.90		2.85x2.44x3.10
TWS-160	160	4.000	52VDH	450	114x112x122	4.750
	36.4	1.814		1.70		2.90x2.84x3.10
TWS-180	180	4.500	52VDH	450	114x112x122	4.850
	40.9	2.041		1.70		2.90x2.84x3.10
TWS-200	200	5.000	52VDH	450	114x112x122	5.000
	45.5	2,268		1.70		2.90x2.84x3.10

TABLA 4.8

NÚMEROS: Los números entre parentesis corresponden a las Tablas 4.7 y 4.8.

- (1) La capacidad depende del diámetro de la boquilla, la velocidad de corte, el tipo de polímero y su gravedad específica.
- (2) Es opcional el calentar las placas con vapor o aceite.
- (3) Los materiales que se encuentran en contacto con los granulos y el agua son de acero inoxidable y aleaciones de cobre.
- (4) Están disponibles otros diámetros de boquillas.
- (5) Los motores de accionamiento utilizan corriente AC o DC.

SECADORES GALA

El secador GALA⁽¹⁾ es un secador centrífugo construido en acero inoxidable. Se utiliza para secar granulos de polietileno, polipropileno, poliestireno, poliéster, caucho y otros polímeros.

COMO TRABAJAN LOS SECADORES GALA

El proceso de secado, se efectúa en tres fases las cuales son: pre-escurrimiento, eliminación de agua por impacto y secado con aire. A continuación, describiremos cada una de estas fases.

PRE-ESCURRIMIENTO: La fase de pre-escurrimiento, se efectúa en unas mallas (placas perforadas), que eliminan de 90 a 95% de agua por combinación de movimientos de impacto y gravedad. Las

mallas utilizadas en esta operación, están instaladas en posición vertical y proporcionan grandes áreas de contacto en un espacio pequeño. La aglomeración de gránulos en esta fase es mínima.

ELIMINACIÓN DE AGUA POR IMPACTO: Esta se efectúa cuando los gránulos y el agua remanente entran por la parte inferior de un rotor separador centrífugo el cual se encuentra adentro de unas mallas cilíndricas estacionarias. Los gránulos se van hacia arriba en un camino en forma de espiral el cual principia en el fondo y termina en la parte superior del rotor. El agua remanente se reduce entre 0.5 a 1.0% a medida que los gránulos son rebotados contra los alabes del rotor y las mallas. El agua pasa a través de las mallas y es eliminada por gravedad hasta el fondo del secador.

SECADO CON AIRE: El secado final se efectúa en la parte superior del rotor a medida que el aire caliente pasa a través de los gránulos en movimiento. De esta forma se logra obtener una humedad superficial de 0 a 0.05% en gránulos de tamaño uniforme. El calor interno de los gránulos debe ser de 60°F o mayor. GALA recomienda que la distancia entre el peletizador y el secador sea tan corta como sea posible para obtener un máximo calor en los gránulos y una mínima salida de humedad. El tiempo de residencia en un secador es menor a los 10 segundos, y se considera que este tiempo no es suficiente para vaporizar toda la humedad residual. Por lo tanto, si los gránulos son calentados se logra que la humedad

residual se evapore en equipos tales como: transportadores neumáticos, clasificadores, silos de almacenamiento.

VENTILADOR DE EXTRACCIÓN: La acción del ventilador es crear una presión positiva adentro de la caja del secador. Se recomienda un ventilador de extracción para crear un ligero vacío y de esta forma evitar que la humedad se vaya al área de operación y que esta condense allí. El incremento en el flujo de aire también puede incrementar el secado.

CAPACIDAD: La capacidad nominal de los secadores GALA, está basada en la humedad superficial de salida que va de 0 a 0.05% en gránulos de 1/8 de pulg. de diámetro por 1/8 de pulg. de longitud; la capacidad de producción oscila entre 20 y 20,000 lb/hr, y depende del tipo de producto y del grosor de éste; la capacidad de secado es una función del área de apertura de la malla y del tiempo de contacto; los secadores con valores grandes de L/D (relación longitud a diámetro de las mallas circulares), tienen grandes capacidades de secado por unidad de área de malla, debido a que proporcionan grandes tiempos de contacto.

SEPARADORES DE AGLOMERADO: Si los aglomerados son mayores a 1 pulgada y pasan a través del secador centrífugo (rotor y mallas), éste puede ser dañado. GALA recomienda el separador de aglomerados tipo compuerta de vaiven, el cuál es utilizado en diferentes

aplicaciones. Estos separadores de aglomerados consisten de una serie de barras inclinadas y una compuerta de vaiven operada neumáticamente desde el fondo de las barras. La compuerta es abierta durante el arranque de los peletizadores y es cerrada durante la operación normal, para prevenir la pérdida de pequeñas cantidades de granulos y agua. Los aglomerados son removidos continuamente ya que la compuerta se abre automáticamente.

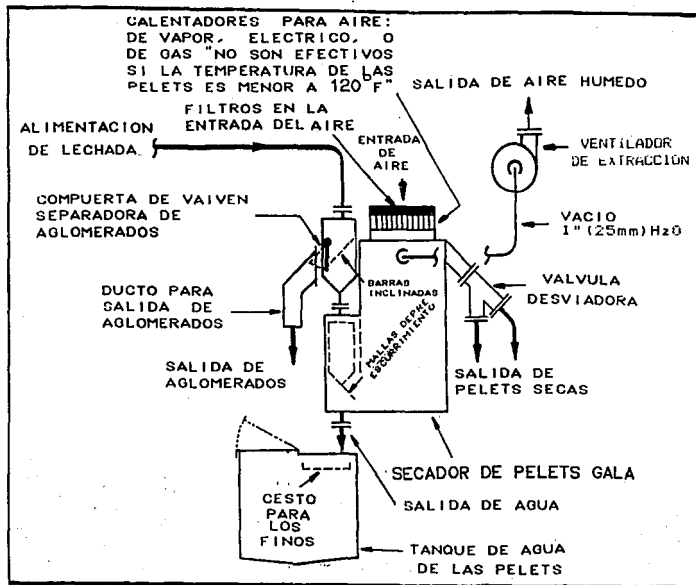
NIVEL DE RUIDO: El nivel de ruido de un secador estandar a 3 pies de distancia con granulos de polietileno de baja densidad de 1/8"x1/8" de diametro y longitud, va de 93 a 95 dB. El nivel de ruido de un secador de bajo nivel de ruido es menor a los 85 dB.

CARACTERISTICAS

- * Son de gran capacidad.
- * Permiten una baja inversion y bajos costos de operación.
- * Requieren poco mantenimiento.
- * Estan contruidos en acero inoxidable.
- * Son de poca limpieza y ocupan poco espacio de piso.

En las figuras 4.12 y 4.13, que se muestran a continuación, se indican los secadores GALA y sus principales componentes.

SECADOR GALA " PRINCIPALES COMPONENTES "



SECADOR GALA MODELO 152BF

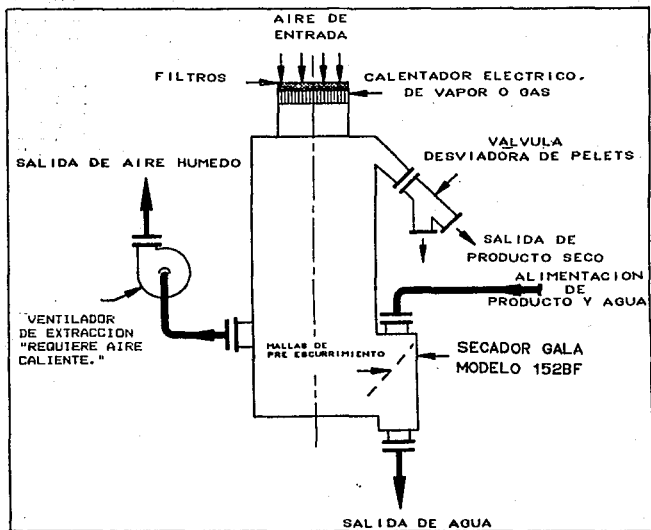


FIGURA 4.13

En la tabla 4.9. se indican las especificaciones de estos equipos

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE LOS SECADORES GAL (UNIDADES INGLESAS Y METRICAS)

MODELO NUMERO		VELOCIDAD DE PELETIZACION		VELOCIDAD DEL AGUA		FLUJO DE RIJE		ALTURA		DIAMETRO		PESO DE ENBARQUE NACIONAL		PESO DE ENBARQUE PARA EXPORTACION		VOLUMEN DE EXPORTACION		NUMERO DE MALLAS PARA PES-AGUADO		NUMERO DE MALLAS CIRCULARES		TAMANO DEL MOTOR	
SECADOR PEQUEÑO	SECADOR ESTANDAR	SECADOR DE BAJO NIVEL DE RUIDO	Lb/Hr	Kg/Hr	Gpm	m ³ /Hr	Scfm	M ³ /Hr	Pulg.	Pulg.	mm	Lbs.	Kg.	Lbs.	Kg.	Ft ³	m ³	-	-	-	-	HP	Via
8.1	-	-	1,000	454	40	9	-	50	14	356	430	195	525	238	50	1.4	-	-	1	3	2.2		
8.2	-	-	2,000	907	80	18	-	82	14	356	530	240	650	295	65	1.9	-	-	2	5	4.0		
-	52BF	16.2BF	5,000	2,300	40	9	1,000	60	27.3	693	1,150	520	1,350	610	104.7	3.0	1	1	2	2	5	4.0	
-	52BDW	16.2DW	5,000	2,300	300	60	1,000	60	27.3	693	1,250	565	1,450	655	104.7	3.0	2	2	2	2	5	4.0	
-	152BF	16.3BF	14,000	6,400	50	12	1,500	92	27.3	693	1,550	705	1,850	840	107.5	3.0	1	1	3	3	7.5	5.5	
-	152VDW	16.3VDW	14,000	6,400	450	102	1,500	92	27.3	693	1,650	750	1,950	885	104.8	3.0	2	2	3	3	7.5	5.5	
-	103BF	32.2BF	10,000	4,500	50	12	2,000	72	43	1,092	1,550	705	1,850	840	108.4	5.3	1	1	2	2	7.5	5.5	
-	103VDW	32.2VDW	10,000	4,500	500	114	2,000	72	43	1,092	1,700	770	2,000	905	193.1	5.5	2	2	2	2	7.5	5.5	
-	203BF	32.3BF	22,000	10,000	150	34	3,000	90	43	1,092	1,700	770	2,000	905	214.3	6.1	1	1	2	3	10	7.5	
-	203VDW	32.3VDW	22,000	10,000	800	182	3,000	90	43	1,092	1,950	885	2,270	1,030	214.3	6.1	2	2	3	3	10	7.5	
-	303BF	32.4BF	35,000	15,300	200	46	4,000	117	43	1,092	2,050	930	2,400	1,090	259.1	7.3	1	1	4	4	15	11.2	
-	303VDW	32.4VDW	35,000	15,300	1,350	307	4,000	117	43	1,092	2,390	1,095	2,740	1,240	259.1	7.3	3	3	4	4	15	11.2	
-	403BF	32.5BF	50,000	22,700	300	69	5,000	136	43	1,092	2,550	1,155	2,950	1,340	346.7	9.9	1	1	5	5	20	15.0	
-	403VDW	32.5VDW	50,000	22,700	1,500	341	5,000	136	43	1,092	2,850	1,290	3,250	1,475	346.7	9.9	3	3	5	5	20	15.0	
-	-	40.5BF	75,000	34,000	350	80	7,500	150	60	1,524	3,600	1,630	4,100	1,860	700	19.9	1	1	5	5	25	18.5	
-	-	40.5VDW	75,000	34,000	3,000	600	7,500	150	60	1,524	4,000	1,814	4,500	2,041	750	21.2	4	4	5	5	25	19.5	
-	-	40.6BF	100,000	45,000	400	90	9,000	170	60	1,524	4,400	1,995	5,000	2,260	800	22.7	1	1	6	6	30	22.0	
-	-	40.6VDW	100,000	45,000	3,000	600	9,000	170	60	1,524	4,900	2,222	5,500	2,495	850	24.1	4	4	6	6	30	22.0	

TABLA 4.9

VENTAJAS DEL SECADOR GALA

- * Requiere menor potencia; se limpia en 15 minutos.
- * Tiene separador de aglomerados y soplador aspirante.
- * Tiene ventana de inspección en la entrada y en la salida.
- * Tiene interruptor y calentadores para aire.
- * Contiene manómetro de medición de caída de presión en las mallas y en los filtros, etc.

SECADOR/CRISTALIZADOR VERTICAL

El secador/cristalizador vertical utiliza aire caliente el cual es suministrado a través del ducto de un calentador de aire. Se utiliza un ventilador centrífugo de álabes radiales para cristalizar y secar las partículas de plástico PET. El aire caliente es forzado a pasar a través de una hoja de acero inoxidable y éste se difunde hacia la unidad secador/tolva. A medida que el material desciende, el aire que fluye a contracorriente lo va secando; para asegurar un secado uniforme, se utiliza un agitador para remover el material; El flujo de aire llega hasta el ciclón donde se le elimina y separa el polvo utilizando filtros de gran volumen.⁽¹²⁾

A continuación, presentamos en la figura 4.14, un secador/cristalizador vertical.

SECADOR/CRISTALIZADOR VERTICAL

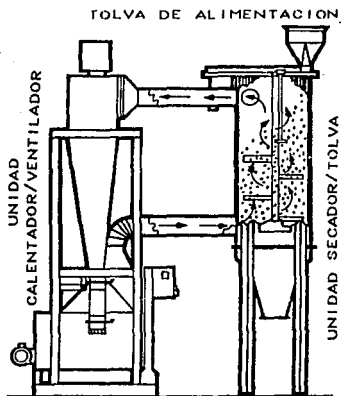


FIGURA 4.14

CARACTERISTICAS DEL SECADOR/CRISTALIZADOR VERTICAL

- * Utiliza un ciclón de gran eficiencia y filtros para separar y eliminar polvos.
- * La tolva está diseñada con agitador para exponer el material al aire caliente en forma uniforme.
- * Capacidad: Las tolvas tienen una capacidad de 50 a 80 ft³.
- * El flujo de aire es superior a los 2500 ft³/min.
- * Cuenta con controlador de nivel electromecánico, etc.

FORMAS DE SEPARACION ELECTROSTATICA

Aunque el fenómeno de la electricidad había sido conocido desde tiempos de los antiguos griegos,¹⁶ su uso en procesos industriales comenzó hace menos de un siglo. Actualmente, los efectos electrostáticos son usados en aparatos domésticos tales como: filtros de aire electrostáticos, máquinas copiadoras de oficina, etc., un ejemplo común de fuerza electrostática se manifiesta cuando se frota un peine contra el cabello en forma continua, y posteriormente se acerca a pedazos pequeños de papel, el efecto que se observa es la atracción de éstos hacia el peine. Inicialmente, los separadores electrostáticos utilizaron este efecto de frotamiento llamado carga triboeléctrica. Se utilizaba para separar partículas ligeras de partículas pesadas. El desarrollo de equipo para generar y mantener una carga electrostática ha traído una nueva era en la separación de materiales. Actualmente, los separadores electrostáticos son utilizados en el tratamiento de titanio, estaño, minerales ferrosos, así como en la recuperación de alambre, limpieza de productos alimenticios y en la separación de otros materiales que presentan diferencias en sus propiedades eléctricas.

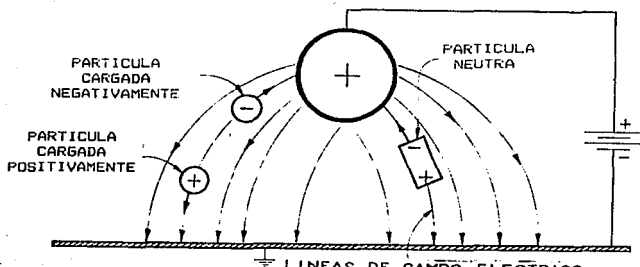
La separación electrostática de materiales se divide en dos categorías básicas que son: electroforesis y dielectroforesis.

La electroforesis es el movimiento de partículas cargadas a

través de un campo eléctrico el cual puede ser uniforme o no uniforme.

La dielectroforesis es el movimiento de partículas neutras a través de un campo eléctrico no uniforme.

En la figura 4.15, se ilustra el fenómeno de separación por electroforesis y dielectroforesis.



LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO
FIGURA 4.15

En la separación por electroforesis, las partículas son expuestas a un campo eléctrico y éstas se desplazan en la dirección de la polaridad opuesta.

En la separación por dielectroforesis, las partículas neutras son polarizadas cuando se exponen a un campo eléctrico. Las partículas altamente polarizadas son atraídas a la región de alta

intensidad y son separadas de partículas menos polarizadas.

MÉTODOS DE CARGA PARA LA SEPARACION DE MATERIALES POR ELECTROFORESIS

- a) Bombardeo de iones, también conocido como electrodinámico, corona o cargado por alta tensión.
- b) Inducción conductiva.
- c) Por contacto o carga triboeléctrica.

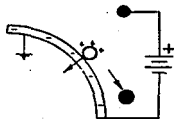
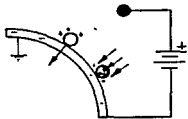
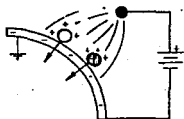
A continuación, describiremos cada uno de los métodos de carga y mediante las figuras, ilustraremos cada una de las etapas de cargado de las partículas y su aplicación industrial.

TEORIA DE BOMBARDEO DE IONES

Las partículas cargadas por efecto corona, se adhieren a una placa de metal conectada a tierra.

El conductor permite la disipación de cargas.

La partícula se descarga, queda libre y cae.



COMENTARIOS GENERALES

- 1) Toda la superficie de la partícula es cargada.
- 2) La capacidad de separación es superior a las 150 lbs/hr/pulg. o a los 2679 kg/hr/m de longitud de rodillo.
- 3) Tiene una gran eficiencia de separación, por cada vuelta del rodillo y esta es de 95%.
- 4) La recirculación de materiales es de 10 a 30%.
- 5) No es sensible a la temperatura y a la humedad en condiciones normales de operación.
- 6) El intervalo de voltaje que se puede aplicar va de 0 a 40,000 volts de corriente directa (VDC).
- 7) El intervalo de corriente que se puede aplicar va de 0.5 a 1.0 mA/electrodo.
- 8) Utiliza electrodos de ionización direccional.
- 9) Es posible la separación de materiales de diferentes geometrías, utilizando rodillos de construcción especial.

PRACTICA INDUSTRIAL

Desde la fuente de ionización, mediante un electrodo, se ioniza el material que se alimenta a través de una tolva hacia el rodillo de separación. El material se separa en material conductor y no conductor. El material conductor tiene la característica de que permite la disipación de las cargas, y debido a éste efecto el

material se separa del rodillo de separación. Por otro lado, el material no conductor que permanece cargado, se adhiere al rodillo de separación separándose del material conductor. Esta situación se ilustra en la figura 4.16.

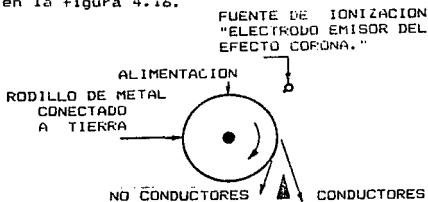


FIGURA 4.16

APLICACIONES PRACTICAS

Las aplicaciones en la practica industrial, utilizando separadores electrostáticos basados en la teoría de bombardeo de iones son las siguientes:

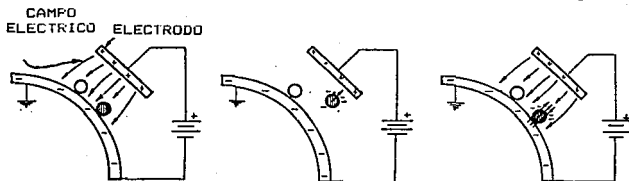
- 1) Separación de arenas de mar y minerales de estaño.
- 2) Separación de sílice de acero y minerales de cromo.
- 3) Producción de minerales de acero super concentrado.
- 4) Separación de pedacería de alambre y separación de plásticos.
- 5) Eliminación de partículas coloreadas de arenas utilizadas para la fabricación de vidrio.
- 6) Separación de todo tipo de materiales metálicos de no metálicos tales como: cerámicas, plásticos, etc.

TEORIA DE INDUCCION CONDUCTIVA

partículas en reposo entre la placa y el electrodo.

Cargas a través de conductores y partículas conductoras de cargas.

Las partículas cargadas se levantan y se adhieren al electrodo cargado.



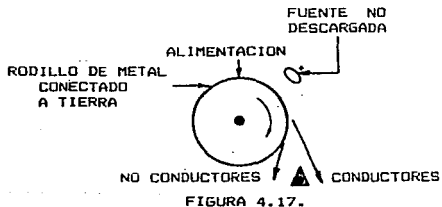
COMENTARIOS GENERALES

- 1) La separación depende de las diferencias de resistividad en la superficie de las partículas o del material.
- 2) La capacidad de separación es superior a las 100 lbs/hr/pulg. o a los 1,786 kg/hr/m de longitud de rodillo.
- 3) La eficiencia de separación por vuelta del rodillo es menor comparada con la eficiencia de separación del método por bombardeo de iones.
- 4) Opera mejor en condiciones técnicas controladas.
- 5) El intervalo de voltaje va de 0 a 30,000 volts

o) La corriente es de 0.04 mA/electrodo y estos son fijos.

PRACTICA INDUSTRIAL

En la práctica industrial, los materiales se alimentan al rodillo de separación mediante una tolva; con un electrodo, se inducen las cargas al material; el material que conduce las cargas se separa en material conductor y no conductor. El material no conductor permanece adherido al rodillo de separación y el material conductor se separa de éste. Esta situación se ilustra en la figura 4.17.



APLICACIONES PRACTICAS

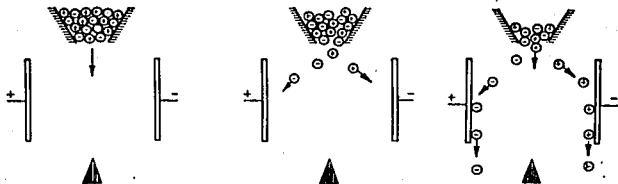
- 1) Para limpieza final de rutilo.
- 2) Para limpieza final de sílice.
- 3) Eliminación de materiales extraños de productos alimenticios.
- 4) Separación de sílice de fosfatos.

TEORIA DE CARGA POR CONTACTO

El material previamente cargado por contacto entra al separador.

Las partículas que caen son atraídas a electrodos de potencial opuesto.

Las partículas caen en ambos lados de un divisor.



COMENTARIOS GENERALES

- 1) Es la forma más antigua de separación electrostática que depende de la naturaleza del material o de la carga triboeléctrica y de la atracción a un electrodo de potencial opuesto.
- 2) Los separadores de caída libre, inicialmente utilizados para ésta forma de separación primitiva, han sido reemplazados por separadores nuevos que utilizan las técnicas de bombardeo de iones o de inducción conductiva.

PRACTICA INDUSTRIAL

Actualmente, esta técnica no se utiliza, por lo tanto, no se conocen aplicaciones prácticas. Esta situación se ilustra en la figura 4.18.

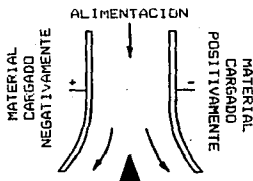


FIGURA 4.18.

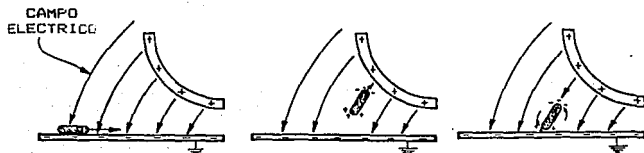
Las partículas previamente cargadas, se alimentan a los electrodos y estas partículas, dependiendo de su carga, se orientan y se van hacia el electrodo de carga opuesta.

TEORIA DE LA DIELECTROFORESIS

Las partículas se desplazan a través de un campo eléctrico no uniforme.

Las partículas se polarizan y se alinean con las líneas de campo eléctrico.

Las partículas se elevan y se desplazan en la dirección del gradiente del campo eléctrico. (Mayor intensidad).



COMENTARIOS GENERALES

- 1) La separación depende de la polaridad de los materiales y de la densidad.
- 2) Es adecuado para separar materiales no conductores de materiales no conductores con diferente grado de polarización.
- 3) Su capacidad de separación es similar a la capacidad de separación obtenida por la técnica de inducción conductiva.
- 4) La eficiencia también es comparable a la eficiencia obtenida por la técnica de inducción conductiva.
- 5) Este proceso de separación no es afectado por la temperatura y la humedad en condiciones normales de operación.
- 6) El intervalo de voltaje va de 0 a 80,000 volts y la corriente va de 0 a 2 mA/rodillo.

PRACTICA INDUSTRIAL

El material a separar, se alimenta por medio de un transportador

vibratorio de charolas. El material no polarizable es separado y cae en un depósito de recepción. Por otro lado, el material polarizable es polarizado y se adhiere al rodillo de separación, este material al llegar a la zona de descarga es despolarizado y cae a un depósito de recepción de material polarizable. La figura 4.19, ilustra esta situación .

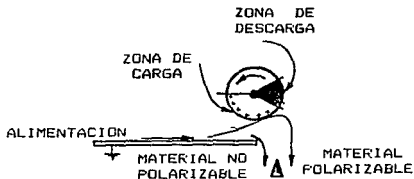


FIGURA 4.19

APLICACIONES PRACTICAS

- 1) Separación de Té y fibra.
- 2) Separación de papel y plástico.
- 3) Separación de fibra suelta de otros materiales.
- 4) Separación de fibra de productos alimenticios.

SEPARADORES ELECTROSTATICOS DE LAS SERIES HTE (HIGH TENSION ELECTROSTATIC SEPARATORS)

La separación electrostática de materiales granulados esta basada en las diferencias de conductividad de las partículas, diferencias

de carga superficial y factores de forma.

Los separadores Carpco de la serie HTE, incorporan los últimos avances en tecnología de separación electrostática.⁽⁴⁶⁾ Estos separadores, están disponibles en varios tamaños que van desde separadores de planta piloto hasta separadores industriales capaces de procesar de 6 a 1,000 ton/hr. de material. Los separadores están diseñados para proporcionar altas eficiencias de separación a bajos costos de operación.

En la figura 4.20, se ilustra un separador electrostático que incorpora las características de los separadores de las series HTE-46 y HTE-150.

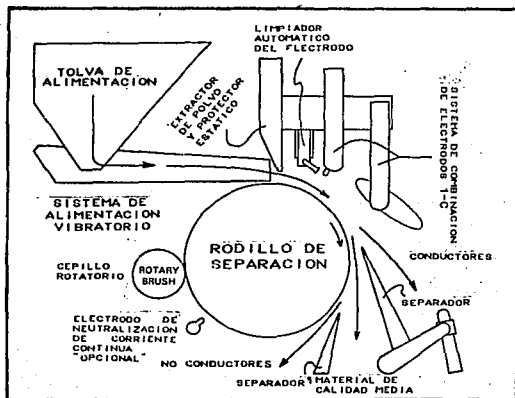


FIGURA 4.20

APLICACIONES DE LOS SEPARADORES ELECTROSTATICOS DE LAS SERIES HTE

Los nuevos separadores electrostáticos de la serie HTE, están diseñados para procesar partículas grandes y materiales difíciles de separar. El tamaño de partícula va de 0.1 a 12.5 mm. la separación se puede mejorar para algunos materiales si éstos se alimentan a temperaturas elevadas.

A continuación, damos una lista de aplicaciones de estos separadores. La línea inclinada (/) indica la separación.

RECUPERACION DE CONDUCTORES

- * Pedacería de alambre/Plástico.
- * Materiales preciosos/Chatarra de partes electrónicas granuladas
- * Plata/Escorias de hornos.
- * Granalla molida/ Al_2O_3 .
- * Metal de cromo/Alúmina.
- * Metales en general/No metales.

RECUPERACION DE NO CONDUCTORES

- * Plástico/Pedacería de alambre.
- * Materias para la fabricación de vidrio/Metales no ferrosos.

- * Pedazos de vidrio/Aluminio o piedras.
- * Pedaceria de botellas de plastico PET/Metales no ferrosos.
- * Nueces/Impurezas metálicas.
- * Semillas/Impurezas metálicas.
- * Granos de café/impurezas de fibras.
- * Fosfatos/Silice.

CARACTERISTICAS ESTANDAR DE DISEÑO DE LOS SEPARADORES ELECTROSTATICOS DE LAS SERIES HTE.

EN CADA SEPARADOR, ESTAN INSTALADAS DOS TOLVAS DE ALIMENTACION DE GRAN CAPACIDAD, cada tolva esta equipada con un sistema de alimentación vibratorio; la tolva está diseñada para proporcionar una mayor capacidad cuando hay sobrecarga de materiales de alimentación. La velocidad de alimentación de los materiales de partícula grande esta controlada por una compuerta la cual se ajusta manualmente, y la velocidad de alimentación de los materiales finos es ajustada por control electrónico de los alimentadores vibratorios.

EL DESEMPOLVADO ELECTROSTATICO es ahora una característica estandar de todos los separadores electrostáticos de la serie HTE. En el desempolvado de los separadores, se utiliza el efecto corona generado por los electrodos para ayudar a la eliminación del polvo en los puntos claves de cada rodillo de separación, este efecto

combinado con la extracción de aire proporciona una máxima eficiencia de separación.

LOS RODILLOS DE SEPARACIÓN tienen un diámetro de 356 mm (14 pulg.), y están fabricados en acero dulce, acero dulce cromado o en acero inoxidable. Estos materiales proporcionan una mayor protección contra la corrosión y el desgaste. La longitud de los rodillos es de 0.5 y 1.5 m (18 y 60 pulg.).

LOS ALIMENTADORES VIBRATORIOS introducen el material a cada rodillo de separación, así las partículas difíciles de separar pueden ser tratadas en etapas múltiples en el mismo hasta lograr su separación.

LOS ELECTRODOS MÚLTIPLES DE ALTO VOLTAJE pueden ajustarse a las necesidades de los diversos procesos de separación. La nueva combinación de electrodos, la 1-C, mejora la recuperación de materiales en un 25%, y está disponible como un dispositivo estandar.

LOS SEPARADORES son ajustados con precisión y fijados por un mecanismo de fijación calibrado.

EL SISTEMA DE CEPILLADO ROTATORIO, está instalado en todos los modelos para ayudar a la limpieza de los rodillos, ya que en

estos, quedan adheridas algunas partículas en la superficie. Este sistema de cepillado provoca desgastes en las superficies de los rodillos.

ESPECIFICACIONES DE LOS SEPARADORES DE LAS SERIES HTE

A continuación, en la figura 4.21, presentamos los separadores de las series HTE. Estos se clasifican como separadores simple y doble y se diferencian por el número de rodillos de separación.

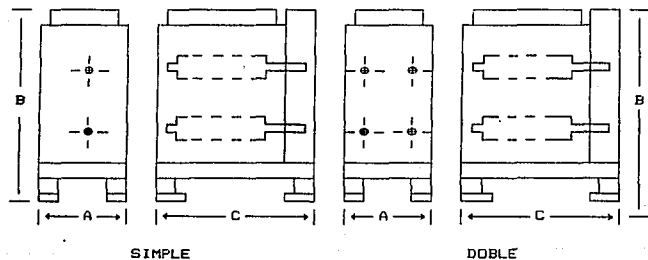


FIGURA 4.21

TABLA DE ESPECIFICACIONES DE LOS SEPARADORES SIMPLE Y DOBLE

En la tabla 4.10, se dan las especificaciones de los separadores simple y doble de las series HTE.

TABLA DE ESPECIFICACIONES DE LOS SEPARADORES ELECTROSTATICOS DE LAS SERIES HTE								
MODELO No.	DIMENSIONES (mm/pulg.)			MOTORES DE ACCIONAMIENTO (HP)	POTENCIA TOTAL (kW)	PESO NETO (Kg/lbs)	PESO TOTAL (Kg/lbs)	VOLUMEN DE ENBALAJE (m3/ft3)
	A(ANCHO)	B(ALTO)	C(LARGO)					
PLANTA PILOTO HTE(36)111-46	$\frac{1,219}{48}$	$\frac{2,110}{83}$	$\frac{1,435}{56.5}$	0.75	2.0	$\frac{930}{2,050}$	$\frac{1,157}{2,550}$	$\frac{6.0}{210}$
PLANTA PILOTO HTE(36)121-46	$\frac{1,219}{48}$	$\frac{3,073}{121}$	$\frac{1,359}{53.5}$	1x2.0	3.3	$\frac{1,905}{4,200}$	$\frac{2,313}{5,100}$	$\frac{0.5}{300}$
INDUSTRIAL HTE(36)111-150	$\frac{1,219}{48}$	$\frac{2,210}{87}$	$\frac{2,430}{95.5}$	1x1.5	2.4	$\frac{1,116}{2,460}$	$\frac{1,550}{3,425}$	$\frac{10.2}{360}$
INDUSTRIAL HTE(36)121-150	$\frac{1,219}{48}$	$\frac{3,072}{121}$	$\frac{2,430}{95.5}$	1x3.0	3.7	$\frac{2,451}{5,900}$	$\frac{3,084}{6,900}$	$\frac{13.2}{470}$
INDUSTRIAL HTE(36)221-150	$\frac{2,390}{94}$	$\frac{3,250}{128}$	$\frac{2,430}{95.5}$	2x3.0	6.3	$\frac{5,084}{11,200}$	$\frac{5,760}{12,700}$	$\frac{24.4}{860}$

TABLA 4.10

ANALISIS DE EQUIPOS EMPLEADOS PARA RECICLAR BOTELLAS DE PLASTICO PET

Los equipos descritos en este capitulo, se están empleando en muchas partes del mundo, para procesar y reciclar botellas de plástico PET y otros polimeros. Esta razon es la que nos lleva a hacer un análisis general de estos equipos para establecer las ventajas y desventajas al utilizarlos.

VENTAJAS

1) La estacion de clasificacion de materiales es versátil, y se puede adaptar a las necesidades de producción y requerimientos específicos. Además es de bajo costo y de operacion sencilla.

2) Los granuladores PCPR de INDUSTRIAS M.A., presentan las siguientes ventajas: son de fácil instalacion y arranque, operan en forma segura y requieren un mínimo de mano de obra.

3) Los granuladores de mediana carga, son de aplicacion múltiple, ya que existen varios modelos, además, pueden descargar el material granulado en recipientes o en trasportadores automáticos: estas ventajas han hecho que estos equipos sean mejores que otros.

4) Los desmenuzadores HI-TORQUE SHREDDER CO., son de aplicacion

múltiple y presentan las siguientes ventajas: el material a triturar, primero es desmenuzado, y posteriormente, es granulado hasta un tamaño de partícula adecuado según las necesidades.

5) Los detectores de metales METALARM, utilizan tecnologías muy avanzadas las cuales permiten detectar metales ferrosos y no ferrosos, esta ventaja es muy importante pues de esta forma se evita que algún equipo de proceso se dañe; estos equipos están totalmente automatizados y proporcionan una operación segura y libre de fallas.

6) Los detectores de metales ELFAC, son de aplicación múltiple ya que permiten la separación de metales ferrosos y no ferrosos de escamas de plástico PET con eficiencias de separación que oscilan entre un 95 a 100%. Además, están totalmente automatizados para proporcionar seguridad en la operación.

7) Los sopladores de accionamiento directo, están reemplazando a los sopladores de accionamiento por banda, debido a los bajos niveles de ruido que se generan y a las velocidades de transporte que se obtienen. Además, son de poco mantenimiento y la operación está libre de fallas.

8) Los sistemas de peletización GALA, son compactos y versátiles, procesan varios tipos de polímeros, son de fácil arranque, fácil

mantenimiento y producen gránulos de tamaño uniforme sin presentarse degradación alguna en los mismos.

9) Los secadores GALA, se utilizan para secar varios tipos de polímeros. Estos son de gran capacidad, bajo mantenimiento, ocupan poco espacio de piso y los costos de operación son bajos.

10) El secador/cristalizador vertical, se utiliza para reestablecer la orientación molecular del polímero reciclado, la cual fue alterada durante el procesamiento. Este equipo cuenta con los dispositivos que le proporcionan grandes eficiencias de secado y una operación segura y libre de fallas.

11) Los separadores electrostáticos HTE, son versátiles en su aplicación y proporcionan una eficiencia de separación de materiales contaminantes hasta de 100%, esta característica, y su bajo costo de operación, los han colocado como equipos de la más alta tecnología de separación a nivel mundial.

DESVENTAJAS

Para estos equipos, no podemos establecer desventajas, ya que es necesario comparar las características de éstos con las de otros equipos, de esta forma, se pueden establecer diferencias entre ambos para poder elegir el equipo adecuado a nuestras necesidades.

CAPITULO V.

**DESCRIPCION GENERAL DE PROCESOS EMPLEADOS
PARA RECICLAR BOTELLAS DE PLASTICO
POLIETILEN TEREFALATO (PET)**

DESCRIPCION DE SISTEMAS EMPLEADOS PARA LA RECUPERACION Y RECICLAMIENTO DE BOTELLAS DE PLASTICO PET.

En este capítulo, describiremos algunos de los procesos empleados actualmente para reciclar botellas de plástico PET. Estos procesos se caracterizan por su facilidad de operación y porque no contaminan el ambiente.

SISTEMA DE RECUPERACION DE DESECHOS PLASTICOS POST-CONSUMIDOR (PCPR)

Al inicio de la década de los 90's. M.A. INDUSTRIES. INC.⁽¹⁹⁾ desarrolló el sistema 741 para la recuperación de desechos plásticos post-consumidor, este sistema procesa botellas de polietilén tereftalato y botellas de polietileno de alta densidad.

La capacidad de producción de este sistema es de 5.000 lbs/hr de escamas de plástico, y está diseñado para operar con gran eficiencia y libre de fallas.

DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO

Las pacas de botellas de PET verde y claro, y botellas de HDPE, se envían a un sistema de alimentación. Aquí, las pacas son desatadas y transportadas a través de una banda donde se

efectúa la clasificación manual de las botellas. Las botellas ya separadas, son enviadas a su módulo correspondiente para su procesamiento.

MODULO PARA PROCESAMIENTO DE BOTELLAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

Las botellas de polietileno son alimentadas a un granulador M.A. para reducir las a escamas de 1/2 pulgada de tamaño. Estas escamas son transportadas con aire a un tanque de clasificación donde por flotación y asentamiento son separadas de los contaminantes pesados. Posteriormente, son transportadas con aire hasta una tolva de retención y son descargadas a un lavador a intervalos de tiempo regulares. En el lavador, se lavan las escamas con una solución especial, a una temperatura establecida para eliminarles todo el pegamento y otros contaminantes.

Después de lavar las escamas, éstas son descargadas a unas mallas donde se les elimina la solución de lavado, de esta forma, se recupera el líquido de lavado y las escamas se vuelven a descargar a un clasificador donde por flotación y asentamiento se les eliminan los contaminantes remanentes.

Finalmente, las escamas de polietileno ya limpias, son enviadas a un secador centrífugo, para eliminarles toda la humedad. Ahora,

estas escamas están listas para procesarse en un extrusor o para empacarse como producto terminado.

MODULO DE POLIETILEN TEREFALATO

Las botellas de PET verde o claro, son alimentadas a un granulador M.A., para reducir las a escamas de 3/8 de pulgada. Estas escamas son transportadas a un sistema de clasificación por aire, para eliminarles los rótulos y los finos. Posteriormente, son introducidas a un tanque de clasificación donde, por flotación y asentamiento, se separan las escamas de PET de las escamas pesadas de HDPE contaminantes. Las escamas de PET, son enviadas a un secador centrífugo M.A., para eliminarles parte del líquido que se llevaron de la etapa de flotación. Este líquido, es retornado a un tanque de sedimentación. Después, por gravedad, las escamas son descargadas a un clasificador intermedio donde se les eliminan todos los contaminantes junto con el líquido de lavado intermedio, y posteriormente, las escamas se envian a un secador para eliminarles el líquido de lavado intermedio, y este es retornado al clasificador intermedio, mientras que las escamas son lavadas en un lavador para eliminarles todos los contaminantes remanentes. Después de pasar por la etapa de lavado, las escamas son enviadas a las mallas para eliminarles el líquido de lavado y por último son secadas. El paso final en el proceso es separar el aluminio. En el diagrama 5.0, ilustramos éste proceso.

SISTEMA DE RECUPERACION DE DESECHOS PLASTICOS POST-CONSUMIDOR (PCPR)

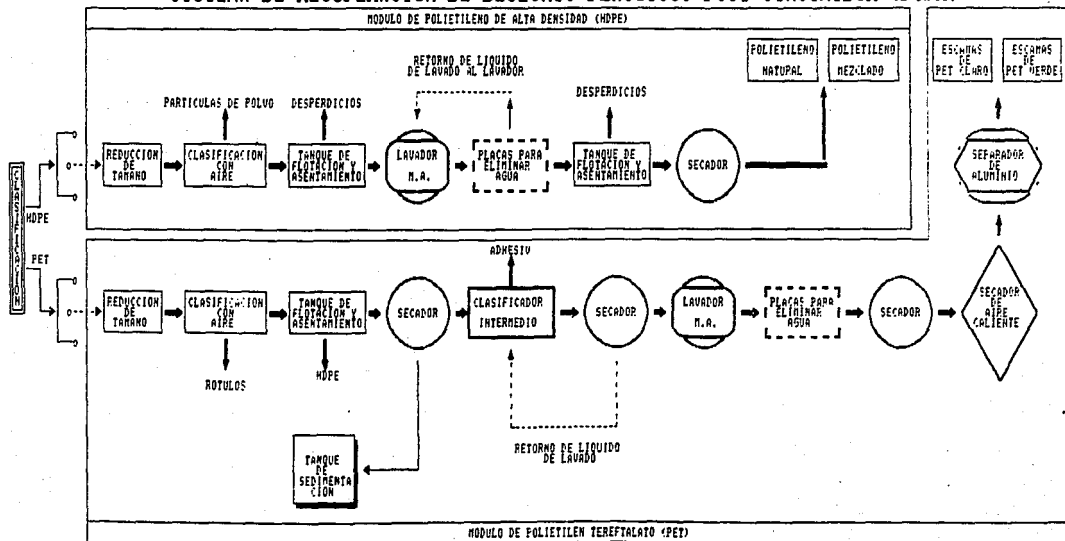


DIAGRAMA 5.8

En la tabla 5.0, reportamos las especificaciones de cada módulo:

TABLA DE ESPECIFICACIONES DE LOS MODULOS

MODULO	CAPACIDAD	H ₂ O	HP	BTU'S/HR	OPERADORES
HDPE	200 LB/HR	15 GPM	230 - 330	8,000	3 A 5 POR MODULO
PET	2000 LB/HR	15 GPM	275 - 375	9,000	3 A 5 POR MODULO

TABLA 5.0

PROCESO PARA LA RECUPERACION DE PEDACERIA DE PLASTICO PET

DESCRIPCION DEL PROCESO

Las pacas de botellas son despedazadas por medio de un granulador hasta reducir las a partículas de menos de 3/8 de pulgada. Los pedazos se tratan para eliminarles el papel, los adhesivos y las bases de las botellas. El contenido de aluminio inicial permanece mezclado con el plástico PET después de haber eliminado los demás componentes de las botellas; esta mezcla, es secada y enseguida se pasa a la etapa de lavado electrostático donde se le elimina el 99% del contenido de aluminio.

Este proceso incluye una opción de tratamiento de aluminio para concentrarlo al 90%. Por otro lado, las escamas de plástico PET limpias con un contenido de aluminio de 50 a 100 ppm. se hace pasar a través del Detector/Separador de metales ELPAC en donde se le reduce el contenido de aluminio a menos de 5 ppm. con una pérdida en peso de escamas de plástico PET del 1%⁽¹⁰⁾

Nota: Para el diagrama 5.1. las abreviaciones NC y C significan lo siguiente.

(NC) = No Conductores "Plástico PET".

(C) = Conductores "Aluminio".

SECUENCIA DEL PROCESO UTILIZADO PARA LA RECUPERACION DE PLASTICO PET A PARTIR DE BOTELLAS DE BEBIDAS CARBONATADAS.

A continuación, describiremos cada una de las etapas que se siguen durante el proceso de recuperación del plástico polietileno tereftalato (PET).⁽¹²⁾

ETAPA DE TRITURACION: En esta etapa, se utiliza un triturador diseñado para trabajo pesado y de gran capacidad de producción de escamas de plástico PET. Las botellas son reducidas a escamas de aproximadamente 3/8 de pulgada.

PRIMERA ETAPA DE LIMPIADO: Durante esta etapa, aproximadamente el 95% de los rótulos son separados.

SEGUNDA ETAPA DE LIMPIADO: Durante esta etapa, se separan las bases que forman parte de las botellas ya que son de polietileno. La separación de polietileno es de un 98%.

ETAPA DE LAVADO: En esta etapa, las escamas de PET se lavan en

forma continua, esta etapa, tambien se utiliza como una segunda etapa de separacion de polietileno y rótulos remanentes.

SEPARADOR CENTRIFUGO: En esta etapa, se elimina el exceso de agua y detergente de las escamas de PET.

HIDROCICLON/ESTACION DE ENJUAGUE: Esta es la ultima etapa donde se separa el polietileno y los rótulos de las escamas de PET. Durante esta etapa, el producto es enjuagado con agua fresca.

PRIMERA ETAPA DE SECADO: En esta etapa, se elimina la humedad superficial de las escamas de PET a un nivel no mayor del 1%.

PRIMERA ETAPA DE SEPARACION DE ALUMINIO: En esta etapa, se separa el aluminio contaminante del producto hasta una concentración no mayor a las 100 ppm.

SEGUNDA ETAPA DE SEPARACION DE ALUMINIO: El aluminio remanente es separado del producto a menos de 50 ppm.

SEGUNDA ETAPA DE SECADO: Durante esta etapa, las escamas de PET se secan a una temperatura de condensación de - 40°F.

EXTRUSION: En esta etapa, las escamas de PET son fundidas y extruidas.

ENFRIAMIENTO: Durante esta etapa, el material extruido es enfriado en un baño de agua.

PELETIZADOR/CLASIFICADOR: Durante esta etapa, el material extruido es peletizado y cribado hasta separar los granulos de tamaño anormal logrando de esta forma un producto de tamaño uniforme y de gran calidad.

CRISTALIZADOR: En esta etapa, se utiliza un cristalizador para reorientar las moleculas del plastico PET.

Finalmente, los granulos que salen del cristalizador, estan listos para ser vendidos a los fabricantes de productos de plástico. A continuación, en la tabla 5.1, damos las especificaciones del producto obtenido.

TABLA DE ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO OBTENIDO

	ESCAMAS	GRANULOS
Contenido de humedad no mayor a	0.5%	0.5%
Aluminio contaminante no mayor a	50 ppm	10 ppm
Adhesivo contaminante no mayor a	100 ppm	100 ppm
Polietileno contaminante no mayor a	50 ppm	50 ppm
Viscosidad intrinseca (IV)	0.70	0.67

TABLA 5.1

En el diagrama 5.2, se ilustran las etapas de éste proceso.

PROCESO DE RECUPERACION DE BOTELLAS DE PLASTICO PET

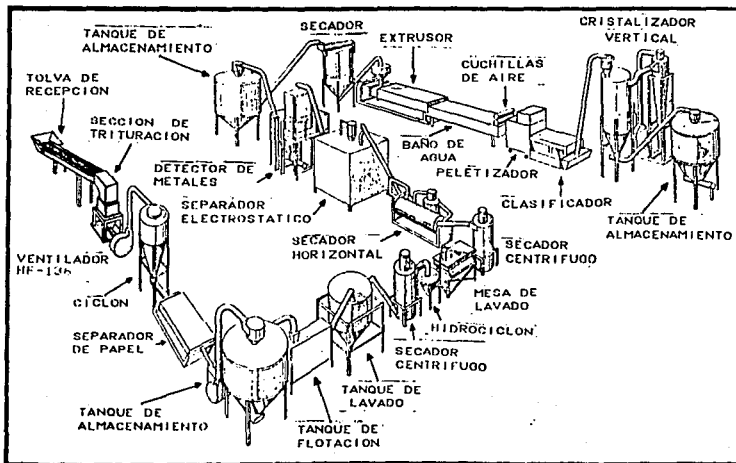


DIAGRAMA N.º 2

SISTEMAS JOHN BROWN EMPLEADOS PARA EL RECICLADO DE DESECHOS PLASTICOS POST - CONSUMIDOR

Los sistemas John Brown,^d están diseñados para reciclar botellas de plástico PET y botellas de Polietileno de Alta densidad. La capacidad de producción de estos sistemas va de 1,000 a 5,000 lb/hr.

DESCRIPCION DEL PROCESO

Las pacas de botellas, se pasan a través de una abridora de balas, donde estas son pesadas. Las botellas ya sueltas, son transportadas por medio de un transportador vibratorio; durante el transporte, debido a la vibración, se les eliminan todos los contaminantes no plásticos.

Las botellas continúan a lo largo de un transportador donde se les clasifica por color en forma manual; en el transportador, está instalada una polea magnética que atrapa todos los contaminantes metálicos antes de que las botellas entren al granulador; la mezcla de escamas de plástico obtenida es transportada con aire al Elutriador, donde, se efectúa la separación de los rótulos y las etiquetas de plástico ligeras.

Un buen sistema de reciclado, es aquel que tiene un impacto mínimo o nulo sobre el ambiente. Los sistemas de reciclado

John Brown también esa función, ya que cuentan con un sistema de lavado, el cual es un circuito cerrado de autorrecuperación de agua; este sistema utiliza menos de 900 galones de agua y elimina todo el adhesivo residual y los rótulos contaminantes. En esta etapa, la mezcla de escamas de plástico PET, HDPE y aluminio quedan limpias.

HIDROCICLÓN DE SEPARACIÓN: Estos procesos, utilizan un hidrociclón para separar varios tipos de plásticos y aluminio; este proceso no necesita de costosos equipos de separación electrostática para separar el aluminio, y representa un adelanto en la calidad de los productos obtenidos, ahorro en el costo de equipo y ahorro en la utilización de espacio de piso comparado con los procesos de flotación. El hidrociclón es parecido al sistema de lavado, ya que también es un circuito cerrado de autorrecuperación del agua que utiliza para separar las escamas de plástico PET, HDPE y aluminio.

Después de separar las escamas, estas pasan a un secador centrífugo para ser secadas en forma independiente.

Para hacer gránulos a partir de las escamas, el plástico primero tiene que recuperar su orientación molecular, la cual fue alterada durante el proceso de reciclado. En el diagrama 5.3, se ilustran las diferentes etapas del proceso John Brown.

SISTEMA JOHN BROWN EMPLEADO PARA RECICLAR BOTELLAS DE PLASTICO PET

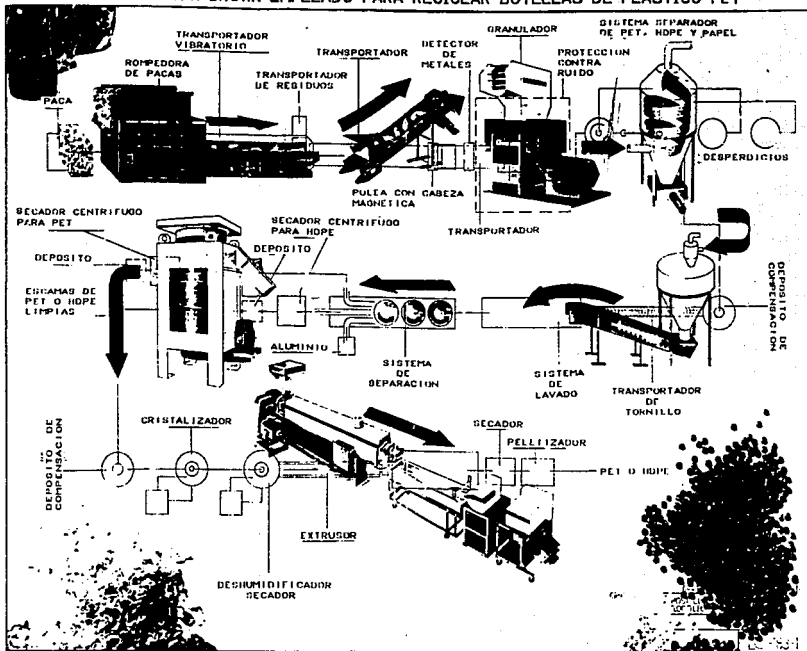


DIAGRAMA 5.3

Se utiliza un cristizador para reestablecer la orientación molecular del polímero, reestableciendo la fuerza bidimensional de la estructura polimérica. Posteriormente, el material pasa a un deshumidificador/secador para preparar el material que se va a procesar en el extrusor.

El extrusor utilizado es un extrusor Egan de doble usillo de descarga; el polímero es extruido a través de una boquilla en hilos que pasan por un baño de agua en donde se enfrían y se dirigen hacia el peletizador Cumberland, aquí, los hilos son cortados en gránulos.

Después de obtener los gránulos, éstos están listos para ser vendidos a los procesadores y transformadores del plástico.

SISTEMA ARC 7200. EMPLEADO PARA RECICLAR BOTELLAS DE PLASTICO PET

El sistema ARC 7200,⁽²⁰⁾ representa el último avance en sistemas para la recuperación de botellas de plástico PET, ya que es un sistema que opera avanzando en línea recta, y permite obtener un producto de máxima pureza. Este sistema es de fácil mantenimiento y se utiliza en estaciones o depósitos, donde las botellas se encuentran sueltas.

Este sistema, recibe una corriente de botellas de diferentes

tamaños y colores; las botellas son transportadas neumáticamente y al mismo tiempo son controladas del cuello.

DESCRIPCION DEL PROCESO

El primer paso en el proceso es la eliminación de las tapas de las botellas y el apisonamiento de los anillos que forman parte del cuello. Las botellas son entonces inspeccionadas para garantizar la eliminación completa de las tapas.

Las botellas pasan a la sección central del procesador, donde se les eliminan los rótulos, las bases y el adhesivo, después de haber eliminado los componentes de las botellas, se lavan perfectamente por dentro y por fuera.

El procesador, ópticamente inspecciona las botellas y descarga los contenedores de color en un granulador, los claros en otro granulador y las bases a su granulador correspondiente.

Cada uno de los granuladores, descarga a su respectivo separador de ciclón. Debajo de cada ciclón hay una sección de transporte que cuenta con una plataforma y un recipiente para recibir las escamas limpias y secas como producto terminado.

En el diagrama 5.4, se ilustran las etapas de este proceso.

SISTEMA ARC 7200 EMPLEADO PARA RECICLAR BOTELLAS DE PLASTICO
POLIETILEN TEREFALATO (PET)

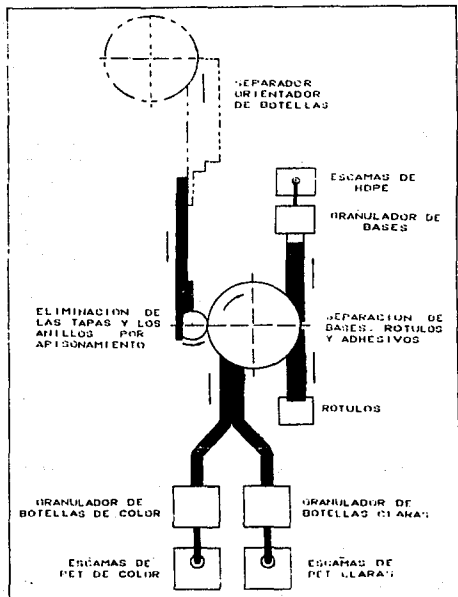


DIAGRAMA 5.4

ANALISIS DE PROCESOS EMPLEADOS PARA RECICLAR BOTELLAS DE PLASTICO PET

Hay diferentes procesos que se estan empleando para reciclar botellas de plástico PET; los procesos descritos en este capitulo, son muestra de algunos de ellos y a continuación, estableceremos las ventajas y las desventajas que presenta cada proceso.

VENTAJAS

1) El proceso de INSUSTRIAS M.A. utilizado para recuperar desechos plasticos post-consumidor (PCR), presenta las siguientes ventajas: es un sistema que procesa 5,000 lb/hr de desechos plásticos; opera con gran eficiencia y libre de fallas; está diseñado en modulos para procesar diferentes tipos de botellas; la solución y el agua de lavado se pueden recuperar y se retorna a los lavadores, esta característica, ha hecho que este proceso no tenga algún impacto sobre el ambiente.

2) El proceso de Carpco Inc. utilizado para la recuperación de pedaceria de plástico PET, se distingue de los demás procesos por su gran eficiencia de separación, y por proporcionar un producto de escamas de plástico con un contenido de aluminio contaminante menor a 5 ppm, esta característica es impartida por el empleo de un detector/separador de metales ELFAC.

3) El proceso de LUMMUS DEVELOPMENT CORP. utilizado para la recuperación de botellas de plástico PET, es un sistema completo que produce escamas con un contenido de aluminio menor a 50 ppm, y los gránulos con un contenido de aluminio menor a 10 ppm, estos resultados muestran, que el producto obtenido es de gran pureza, otra ventaja de este proceso es que se puede operar en forma manual o en forma automática.

4) El proceso John Brown, es un sistema completo y de fácil operación, se utiliza para procesar varios tipos de botellas de plástico. Los sistemas John Brown, procesan hasta 25 millones de libras de plásticos al año, y su costo va de \$ 600,000 a 2.5 millones de dólares; otra ventaja de este proceso es que cuenta con un sistema de autorrecuperación de agua de lavado, por lo tanto, el impacto sobre el ambiente es mínimo; esta característica y la pureza del producto obtenido han hecho que estos sistemas tengan prioridad sobre otros.

5) El proceso de AUTOMATED RECYCLING CORP. ARC 7200, se utiliza para reciclar botellas de plástico PET y utiliza tecnologías avanzadas que permiten obtener productos puros. Entre sus ventajas sobresalen su fácil operación, el bajo costo de mantenimiento; además, se pueden utilizar en los depósitos de recolección de botellas, esta característica hace que los costos de compactación, embalado y transportación se reduzcan. El costo de estos sistemas

es de un millón de dolares.

DESVENTAJAS

Estos procesos no presentan desventajas, ya que todos producen escamas de polietilén tereftalato (PET) de buena calidad. La diferencia entre estos procesos estriba en el uso de sistemas de autorrecuperación de agua, estos sistemas reducen al mínimo la contaminación de los mantos freáticos. Por otro lado, esta el uso de detectores separadores de metales utilizados para concentrar escamas de plástico y el uso de separadores electrostáticos.

MERCADOS PARA PRODUCTOS DE PLASTICO PET RECICLADO

En la siguiente lista damos algunas de las aplicaciones que tienen los productos de polietilén tereftalato (PET), en sectores industriales, familiares y recreacionales.

INGENIERIA CIVIL

GEOTEXILES

ESPUMAS DE URETANO

RECREACIONAL

SKIES

TABLAS DE SURF

CASCOS PARA BOTES DE VELA

INDUSTRIAL

ALFOMBRAS

POSTES PARA CERCAS

FIBRA TEXTIL

DEPOSITOS PARA COMBUSTIBLE

PINTURAS INDUSTRIALES

BROCHAS PARA PINTAR

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Los objetivos que nos propusimos se han alcanzado. Por lo tanto, a continuación daremos las conclusiones derivadas de este trabajo.

1.- Como se pudo observar, la generación de basura en México es de 10 millones de metros cúbicos al mes. Esta situación, en poco tiempo será incontrolable y como consecuencia se deben de incrementar las relaciones entre la industria, el gobierno y los ciudadanos a fin de prevenir la generación de desechos sólidos. Para poder lograr la prevención y el reciclamiento de los desechos generados en el país, se deben de establecer varios puntos en los que todos los sectores de la sociedad se vean involucrados, estos puntos son:

- a) Promover la educación ciudadana.
- b) Promover la selección de los desechos en el hogar.
- c) Que el Gobierno apoye las campañas de reciclamiento.
- d) Que se eviten los monopolios de los desechos.
- e) Que el gobierno de incentivos a las personas que se dediquen al reciclado de desechos sólidos.

2.- Las ventajas de la clasificación de los desechos sólidos en el hogar, contribuyen a proporcionar desechos limpios, los cuales nos ahorran el tener que comprar tecnologías de clasificación de

desechos costosas y en ocasiones ineficientes.

3.- La solución que se sugiere para el manejo de los desechos sólidos en el hogar, es la experimentada por el Ing. Carlos Padilla Massieu, quien demostró como se manejan los desechos con facilidad en cajones en forma separada y sin ocupar mucho espacio.

4.- A nivel internacional, el reciclado de desechos plásticos se ha incrementado por varias razones. Inicialmente, la generación de grandes cantidades de desechos plásticos en las corrientes de basura, y posteriormente el establecimiento de las leyes antiplásticos. Estas situaciones, han propiciado que se incremente el reciclado de los desechos plásticos y que se investiguen nuevas tecnologías para poder recuperar cualquier tipo de plástico en forma económica.

5.- Con los métodos de reciclado de plásticos, se pueden obtener nuevos productos, recuperar compuestos químicos o recuperar energía a partir de estos desechos. Se ha demostrado que estos métodos son eficientes y únicamente dependen de las características físicas que presenta el plástico.

6.- El sistema codificador de botellas de plástico, establecido por el Plastic Bottle Institute, ya se encuentra en vigencia en E.U., en México se está aplicando a botellas de polietileno

tereftalato (PET), botellas de policloruro de vinilo, sacos de poliestireno, etc.

7.- En México como en otros países, las contribuciones a los desechos plásticos son principalmente por el comercio, la industria y las familias. Estos sectores contribuyen con empaques y recipientes de polietileno, policloruro de vinilo, polipropileno, poliestireno, envases de plástico PET, etc.

8.- Del subgrupo de los plásticos de ingeniería, se observa que el plástico polietilén tereftalato (PET), es un plástico que tiene excelentes propiedades físicas y químicas. Las propiedades que presenta este plástico, han permitido reemplazar a materiales tales como la madera, los metales y el vidrio.

9.- Las botellas de plástico PET, fueron introducidas en México en 1985, y a partir de ese año, se ha incrementado el consumo. Las estadísticas de consumo de polietilén tereftalato grado envase del país, indican que el mercado del reciclado de botellas de PET, está lejos de ser saturado.

10.- Las tecnologías empleadas para clasificar, triturar, lavar, secar, peletizar, etc., a las botellas de plástico PET, son de aplicación múltiple y presentan varias ventajas. Las principales ventajas son su fácil operación y su bajo costo, estas ventajas

han colocado a estas tecnologías en los primeros lugares a nivel mundial.

11.- Los procesos descritos en este trabajo, son procesos que no contaminan y que producen un producto libre de contaminantes. Estas características del producto, así como su facilidad de operación, y su bajo costo, han colocado a estos procesos entre los mejores del mundo.

12.- Las aplicaciones del plástico PET reciclado, demuestran como se ha reemplazado a las maderas, los metales y el vidrio. Además, se están investigando nuevas aplicaciones para estos productos.

CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- (1) *Resources, Conservation and Recycling.*
Systems Analysis of Recycling in the Distrito
Federal of Mexico.
M.W. Hilke and F.J. Aceves.
Vol 2 (1989).171-187.
Elsevier Science Publishers B.V./Pergamon Press plc.
Printed in the Netherlands.

- (2) *La Basura: su problemática y solución.*
Ing. Carlos Padilla Massieu.
Especialista en problemas de la basura.
(Asesor IMPI).

- (3) *Tecnología del plástico.*
No. 22, Diciembre 1988/Enero 1989.
Carbajal, S.A.

- (4) *Plastics Included in Community Curbside Separation Programs.*
The Council for Solid Waste Solutions.
1275k Street, N.W. Suit 400
Washington, D.C. 20005
202-371-5319
Fax: 203-371-5679

- (5) *Plastics Waste: Recovery of Economic Value.*

Jacob Leidner

Ontario Research Foundation

Mississauga, Ontario, Canada.

Marcel Dekker, Inc. New York and Basel.

1981

- (6) *John Brown Inc.*

Plastics Recycling Systems.

P.O. Box 6065

Providence, RI 02940 U.S.A.

Fax: 401-728-9370

- (7) *Reciclado de Plásticos:*

El Gran negocio de la Decada de los 90'S.

Ing. Mónica Paloma Conde Ortiz.

Gerente de Promoción Industrial (IMPI).

- (8) *Anteproyecto para la instalación de una planta de PET*

(Polietilen Tereftalato), grado ingeniería en Mexico.

Claudia Ignacio Cruz.

Sonia Sanchez Rodriguez.

Tesis U.N.A.M., 1991.

Facultad de Química.

- (9) *Diagnostico de la situacion economica de los plasticos de ingenieria Polietilen tereftalato (PET) y Polibutilen tereftalato (PBT), en Mexico.*

Luis Hidalgo Peñalta.

Hugo Javier Sanchez Santiago.

Tesis U.N.A.M., 1990.

Facultad de Quimica.

- (10) *Anuario Estadistico de la Industria Quimica Mexicana.*

Edición 1991.

I.N.E.G.I.

- (11) *Technical Report # 31.*

Market Research on Plastics Recycling.

The Council for Solid Waste Solutions

1275K Street, N.W. Suit 400

Washington, D.C. 20005

202-371-5319

Fax: 202-371-5679

- (12) *Lummus Developmente Corp.*

P.O. Box 2526

Columbus, GA. 31902-2526, USA. (404) 323-1081

Telex: 46-11158 LUMCSG; Fax: (404) 324-4899

Julio 10, 1990.

(13) **M.A. Industries, Inc.**

P.O. Box 2322, 302 Dividend Dr.

Peachtree Cnty, GA. 30269

(404) 478-7701

Corporate Fax: (404) 631-4679

Engineering Fax: (404) 487-2710

Telex: 54-2685

(14) **Ball & Jewell Division**

Granulators-Auxiliary Equipment.

Sterling, Inc.

5200 W. Clinton Ave.

P.O. Box 23435 Milwaukee, WI. 53223-0435

Phone: 414-354-0970

Telex: 2-6805

Fax: 414-354-6421

Junio 8, 1990.

(15) **Hi-Torque Shredder Co.**

Division of Jersey Stainless, Inc.

a Jacobson Company.

230 Sherman Avenue

Berkeley Heights, NJ. 07922

Phone (201) 464-2002

Fax: 201-464-5625

(15) *Carpro, Inc.*

4120 Haines Street.

Jacksonville, Florida U.S.A. 32206

904-353-3681

Telex: 5-6367

Fax: (904) 353-8705

Septiembre 6, 1991.

(17) *Foremost Machine Builders, Inc.*

23 Spielman Road.

P.O. Box 644, Fairfield, N.J. 07007-0644

(201) 227-0700

Fax: 201-227-7307

Julio 10, 1990.

(18) *Gala Industries, Inc.*

Pelletizer Division.

RFD 2, Box 142

Eagle Rock, VA. 24085 USA.

Julio 2, 1990.

(19) *Gala Industries, Inc.*

Dryer Division.

RFD 2, Box 142.

Eagle Rock, VA. 24085 USA.

Tel: (703) 884-2589

Fax: (703) 884-2310

TWX-494-4738

Julio 2, 1990.

(20) Automated Recycling Corporation.

P.O. Box 13159 Sarasota, FL. 34278-3159.

Phone / Fax (813) 756-9678

Junio 15, 1990.