



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE DESECHOS PLÁSTICOS CON FINES DE RECICLAJE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO MECÁNICO



PRESENTADO POR
JULIO GERARDO MARTINEZ MARTINEZ

AGOSTO DE 1999
SOYAPANGO, EL SALVADOR. CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO GENERAL

PBRO. PEDRO JOSÉ GARCÍA CASTRO S.D.B.

DECANO DE FACULTAD DE INGENIERÍA

ING. CARLOS BRAN

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. ROBERTO ANTONIO VELÁZQUEZ PAZ MSc.

JURADO EXAMINADOR

ING FRANCISCO DE LEÓN

ING. RENÉ MAURICIO HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE DESECHOS PLÁSTICOS CON FINES DE RECICLAJE"



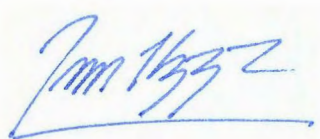
ING. FRANCISCO DE LEÓN

JURADO



ING. RENÉ MAURICIO HERNÁNDEZ

JURADO



ING. ROBERTO ANTONIO VELÁZQUEZ PAZ MSc.

ASESOR

DEDICO ESTE TRABAJO A....

Díos, porque nos pones donde debemos estar. Realmente no hacemos nada más que decir que sí y después tú te encargas de todo. Gracias.

Ana Lorena, porque de nuevo entendiste muchos no puedo..., después de.... Tu apoyo es invaluable. Te amo.

Sonia Isabel, tus enseñanzas acerca de la persistencia de los objetivos se mantiene. Gracias mamá.

Ana Rosa, por su apoyo y enseñarme algunas nuevas facetas de esta vida.

Sofía, tu nacimiento trae nuevo amor a mi vida y crece contigo.

Roberto V., gracias por clarificar las cosas.

Índice

INTRODUCCIÓN	4
1. ANTECEDENTES	6
2. JUSTIFICACIÓN.....	7
4. MARCO TEÓRICO	8
4.1 POLÍMEROS: PLÁSTICOS.....	8
4.1.1 Definición	8
4.1.2 Síntesis química de las resinas	8
4.1.3 Clasificación.....	9
4.1.4 Comportamiento mecánico de los materiales plásticos.....	11
4.1.5 Fabricación de objetos plásticos	14
4.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS PLÁSTICOS EN SAN SALVADOR	20
4.2.1 Generación y disposición	20
4.2.2 Marco Legal	21
4.2.3 Comercialización de Plástico Reciclado	22
4.3 RECICLAJE	24
4.3.1 Plástico reciclado: Características y aplicaciones más comunes.....	24
4.3.2 Procesos de Reciclaje	25
4.3.3 Experiencia en países desarrollados: Estados Unidos	30
5. SOLUCIÓN PROPUESTA	32
5.1 ESTUDIO TÉCNICO.....	32
5.1.1 Determinación de capacidad instalada	32
5.1.2 Sistema de Tratamiento	33
6. ESTUDIO ECONÓMICO	42

6.1 DETERMINACIÓN DEL MONTO DE CAPITAL DE INVERSIÓN	42
6.1.1 <i>Costos de equipo</i>	42
6.1.2 <i>Costos de Instalación</i>	43
6.1.3 <i>Terreno</i>	44
7. EVALUACIÓN ECONOMICA.....	45
7.1 COSTOS DE PRODUCCIÓN	45
7.2 INGRESOS POR VENTAS	47
7.3 VAN Y TIR.....	47
8. CONCLUSIONES.....	50
9. RECOMENDACIONES.....	51
10. BIBLIOGRAFIA	52
11. GLOSARIO	53
12. ANEXOS.....	55

Introducción

Hace muchos años, el tema de los desechos sólidos era todavía un problema anticipado sólo por futuristas y expertos sociales, se advertía acerca de los riesgos que se presentaban en el camino del desarrollo de la presente civilización. Estos riesgos son ahora una emergencia que cada vez ocupa más los esfuerzos de ingenieros, científicos, educadores, amas de casa, etc. con proyectos que pretenden encontrar soluciones para este problema.

En nuestro país se ha visto en los últimos años un creciente interés por el problema. A medida que este interés ha crecido también la investigación de posibles soluciones, ya sean producidas aquí o adaptadas de experiencia internacional.

Una de las soluciones desarrolladas en países más avanzados desde hace un par de décadas es el reciclaje de los materiales que ya han sido utilizados. Este permite ahorrar recursos utilizando aquello que es posible devolver a su estado original. Posiblemente el ejemplo más común sea el de hierro y acero, cuya fundición y transformación en nuevos artículos es una técnica bien desarrollada y que cuenta con un mercado que genera empleos y ganancias.

El plástico es un material cuya utilidad en este siglo ha alcanzado todas las actividades humanas, convirtiéndose en una parte integral de nuestra civilización: podemos encontrarlo en suelas de zapatos, llaveros y prendedores hasta piezas de maquinaria, elementos estructurales y últimamente en microprocesadores para computadora.

Se brinda primero una descripción general de la tecnología de plásticos, sus componentes, características básicas y métodos de fabricación.

Países industrializados llevan años tratando con esta tecnología y desarrollando comercialmente los productos. El caso de EE.UU. es analizado para obtener de su experiencia en los puntos importantes positivos y negativos que deben tenerse en cuenta en el desarrollo de este nuevo tipo de empresas.

Se investigó con la municipalidad de San Salvador la situación actual de los desechos en cuanto a producción, recolección y disposición, obteniéndose los datos suficientes para fijar los objetivos del sistema de reciclaje. Además se hizo contacto con varias empresas nacionales que trabajan con plásticos para ver la aceptación que este material podría tener en la fabricación de sus productos.

El reciclaje es abordado desde la descripción general de los cuatro grandes tipos de procesos existentes. La solución propuesta resulta en la adaptación de un sistema creado en EE.UU.; esto porque las características de la corriente de desechos para el que fue diseñado se asemejan a las nuestras.

La última parte evalúa económicamente el proyecto, demostrando la conveniencia de invertir en un sistema como este. Los resultados son muy satisfactorios, pues se demuestra no sólo que el sistema puede funcionar sino que además bien administrado puede rendir frutos favorables.

1. Antecedentes

El interés generado por este tema en años recientes, ha provocado la aparición de estudios, proyectos y trabajo que abordan los diferentes problemas de los desechos sólidos desde varios puntos de vista. Generalmente estos abordan el problema desde el punto de vista social, tocando quizás el punto más importante: El cambio de conciencia y consiguientemente el cambio de hábitos y costumbres en los ciudadanos.

Desde el punto de vista ingenieril, que por su carácter debe contener la parte técnica de la solución, existen diversos intentos de abordar el problema. Referente al plástico, y con similitudes acerca de la forma de abordar la solución se encontraron los siguientes:

1. Cabrera – Mira **“Estudio de factibilidad técnica de una planta de reciclaje de plásticos a nivel industrial”**. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniería Química. Universidad Albert Einstein. San Salvador, El Salvador. 1995
2. Gómez Valenzuela, P. **“Estudio de factibilidad técnica y económica para el reciclo de plástico en el área metropolitana de San Salvador”**. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniería Química. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador. 1990.

Es muy importante mencionar que ambos han llevado el proyecto hasta la evaluación económica, resultando de su análisis la existencia de fuertes posibilidades de crear una industria que se dedique a la recuperación de materiales.

La aparición de empresas como El Panda comprueba estas conclusiones, y la creación de inclusión de estos procesos en empresas ya establecidas como Matricería Industrial Roxy y Salvaplastic reflejan que la inclusión del reciclaje de material como parte de sus actividades económicas debe reportar una recompensa económica.

2. Justificación

El Salvador posee uno de los niveles de degradación ambiental más altos del continente americano. El servicio de recolección municipal de San Salvador no es capaz de recolectar el 100% de las 573.84 TM de desechos sólidos producidas diariamente.

La agencia de protección ambiental estadounidense (EPA por sus siglas en inglés) estima que un cuarto de la basura será plástico para el final del siglo¹. Nuestro país camina hacia la industrialización, por lo que se espera que los patrones de consumo sean parecidos a los de países como EE.UU. Eso significa que en el futuro, junto al aumento de la población crecerá la crisis ambiental por el manejo de los residuos sólidos.

El ser humano es parte de la naturaleza y debe moverse dentro del ambiente que lo rodea. Es trabajo del ingeniero buscar los medios para que esta relación no se convierta en una depredación, sino en una disposición adecuada de todos aquellos recursos que se poseen.

Los materiales plásticos constituyen el 10% en peso de los desechos sólidos; y aunque se desconoce aún el valor económico de estos, se puede formar una idea si se tiene en cuenta la cantidad diaria recolectada y se compara con los valores de la tabla 2.1; correspondientes a la inversión anual en plástico importado como materia prima. Esto sin tener en cuenta aquellos productos que se importan como bienes terminados.

Tabla 2.1. Importaciones de Plástico en formas Primarias. El Salvador

Año	Miles de kg	Miles de colones
1995	45,015	460,518
1996	46,911	400,216
1997 (Enero-Noviembre)	49,268	433,326

Fuente: Revista Trimestral Octubre - Diciembre 1997. Banco Central de Reserva

Es por estas razones que se examina el reciclaje como una opción para la recuperación de estos desechos, lo cual ayudaría a disminuir la contaminación y ahorraría recursos económicos.

¹ <http://www.sfrecycle.org/inf/plastics.html>

4. Marco Teórico

4.1 Polímeros: Plásticos

4.1.1 Definición

Los polímeros se forman por la reacción química de moléculas simples llamadas *monómeros*, que se unen entre sí para formar moléculas de gran tamaño con estructuras regulares.

Los polímeros pueden separarse en dos tipos:

- ♦ Polímeros naturales: Polisacáridos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos.
- ♦ Polímeros sintéticos: Elastómeros, Fibras, Termoplásticos y Termofijos. Son estos últimos los que constituyen los plásticos propiamente dichos.

Las “resinas” son la base de los plásticos, y estrictamente se refieren a materiales polimerizados sin considerar la inclusión de aditivos. Es por ello que, a pesar de que comúnmente se le hace referencia como sinónimo de “resina” y “polímero”, el término “plástico” indica, pues, una resina que incluye aditivos que tienen el propósito de darle al material propiedades específicas para fabricar un producto.

4.1.2 Síntesis química de las resinas

Como ya ha sido mencionado, las resinas poliméricas se forman cuando, por medio de una reacción química, las moléculas del monómero se unen a otras para formar las moléculas largas, y cuyo peso molecular es igual a un múltiplo de la del monómero. Hay diferentes resinas que se fabrican de diferentes bases de petróleo, tal como puede verse en la tabla 4.1. De esta tabla se puede notar, por ejemplo, que el etileno es el monómero utilizado para el polietileno y que el propileno es el correspondiente al polipropileno.

Tabla 4.1 Bases químicas para la producción de plásticos de alto volumen

Químico	Posible producto polimérico
Acetileno	PVC, PUR
Benceno	PS, PUR, ABS
Butadieno	PUR, ABS
Etileno	HDPE, LDPE, PVC, PS, ABS, PET, PUR, Poliésteres
Metano	PET, PUR
Naftaleno	PUR
Propileno	PP, PUR, Poliester
Tolueno	PUR, Poliester
Xileno	PS, PET, ABS, Poliester, PUR

Casi todas las polimerizaciones son exotérmicas, y el calor de la reacción debe ser removido para que la reacción continúe.

Un homopolímero es un polímero que resulta de la reacción de un monómero, significando que consiste de unidades sencillas repetidas. Ejemplo de homopolímeros son el polietileno y el polipropileno.

Un copolímero se forma por la polimerización de dos monómeros distintos, incorporados en la misma cadena polimérica. Por ejemplo, el etileno y el propileno son monómeros utilizados para formar el copolímero Polipropileno.

4.1.3 Clasificación

Los plásticos se clasifican -de acuerdo a las propiedades físicas y químicas de las resinas que los constituyen- en los dos grupos principales anteriormente mencionados: *Termoplásticos y Termofijos*.

Los *Termoplásticos* tienen una estructura molecular lineal que durante el moldeo en caliente no sufren ninguna modificación química.

La acción del calor causa que estos se fundan, solidificándose rápidamente por enfriamiento en el aire o al contacto con las paredes del molde. Dentro de ciertos límites, el ciclo de fusión-solidificación puede repetirse y permite el reciclaje del material; sin embargo, debe tenerse en cuenta que el calentamiento repetido puede dar como resultado la degradación del material.

Los plásticos *Termofijos* pueden ser fundidos una sola vez. Este grupo se caracteriza por tener una estructura molecular reticulada o entrelazada, se funden inicialmente por la acción del calor, pero en seguida, si se continúa la aplicación de calor, experimentan un cambio químico irreversible, el cual provoca que se tornen infusibles (es decir, no se plastifican) e insolubles. Este endurecimiento es causado por la presencia de catalizadores o de agentes reticulantes. Estas características son la causa de la gran dificultad para su recicló.

A continuación se presenta una tabla con las resinas más utilizadas para termoplásticos, su simbología internacional y la denominación que las describe.

Tabla 4.2. Resinas Termoplásticas

Resinas Termoplásticas (Resinas base)	Símbolo ISO 1043	Denominación
Acrílicas	PMMA	Polimetil - Metacrilato
Celulósicas	CA CAB CP	Acetato de celulosa Acetobutirato de celulosa Propionato de celulosa
Estirénicas	PS SB ABS SAN	Poliestireno Poliestireno alto impacto Acrilonitrilo-butadieno-estireno Acrilonitrilo-estireno
Vinílicas	PVC PVAC	Cloruro de polivinilio Poliacetato de vinilo
Poliolefinicas	PE PP	Polietileno Polipropileno
Poliacetálicas	POM	Poliacetal (polio-simetileno)
Poliamidas	PA66 PA6 PA 610 PA 11 PA 12	Poliamida 66 Poliamida 6 Poliamida 610 Poliamida 11 Poliamida 12
Policarbonatos	PC	Policarbonato
Poliésteres Termoplásticos	PBTP	Polibutilén - tereftalato
	PETP	Polietilén - tereftalato
Polifenilénicas	PPO	Polióxido de fenileno
Poliuretanos (con estructura lineal)	PUR	Poliuretano termoplástico
Resinas Fluoro-carbónicas	FEP ETFC PCTFE	Fluoro etileno-propileno tetrafluoroetileno-etileno trifluoroetileno-policloro

La tabla 4.3 que se presenta a continuación, incluye las resinas básicas más conocidas y empleadas en la preparación de los compuestos para moldeo de termofijos; abastecidos por el mercado bajo la forma de polvo o gránulos.

Tabla 4.3. Resinas Termofijas

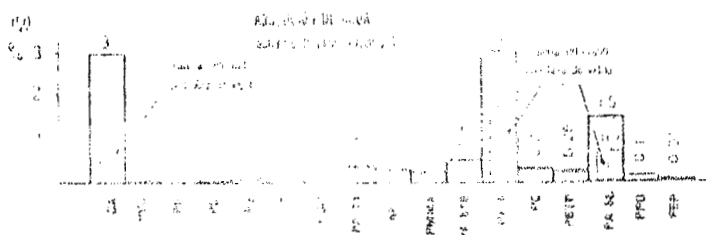
Resinas Termofijas (resinas base)	Símbolo ISO 1043	Denominación
Fenólicas	PF	resina fenol-formaldehído
Melamínicas	MF	resina melamina-formaldehído
	MPF	resina melamina-fenol-formaldehído
Ureicas	UF	resina urea-formaldehído
Alquídicas	-	resina alquídica
Alílicas	PDAP	resina alílica (polidial-ilftalato)
Epóxicas	EP	resina epóxica
Poliésteres insaturados	UP	resina poliéster (insaturada)
Poliuretanos	PUR	resina poliuretánica
(con estructura reticulada)		(rígida o flexible)
Silicónicas	SI	resina silicónica
(con estructura reticulada)		(rígida o flexible)

4.1.4 Comportamiento mecánico de los materiales plásticos

Las variables que más influyen en el comportamiento mecánico y la estabilidad dimensional de los plásticos son:

- Variación de la temperatura y la absorción de agua.
- Duración de tiempo de aplicación de la carga.
- Esfuerzos dinámicos de larga duración.
- Envejecimiento (degradación) causados por la intemperie.
- Defectos en la estructura de la pieza moldeada (tensiones internas, etc.)

La absorción de agua provoca en algunos materiales plásticos variaciones dimensionales, lo cual debe tenerse en cuenta al utilizarlos para ciertas aplicaciones. La figura 4.1 muestra el aumento de peso porcentual de algunos plásticos debido a este fenómeno.



Los **termoplásticos** sometidos a tracción no siguen fielmente la ley de Hooke, según la cual dentro de ciertos límites, las deformaciones son proporcionales a la carga. A temperaturas normales (23°C) bajo carga constante, se produce el fenómeno de deformación plástica. En la figura 4.2 se puede encontrar las curvas de esfuerzo vs. elongación de diferentes termoplásticos.

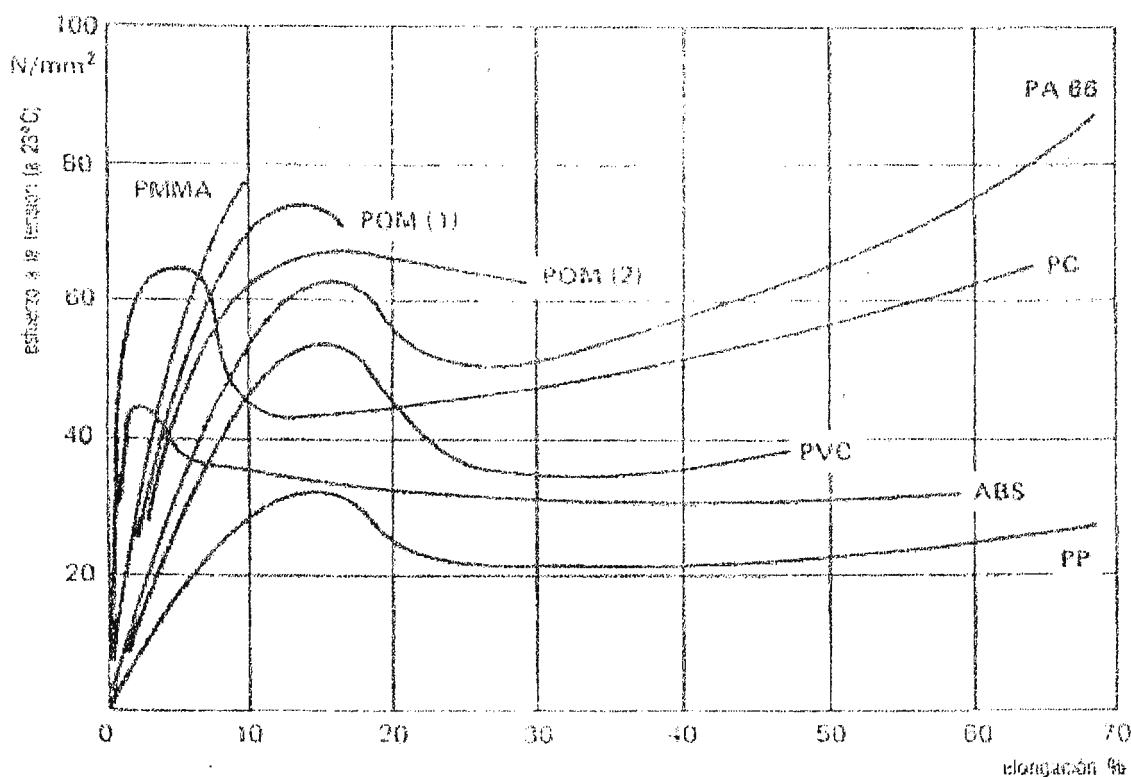


Figura 4.2 Curvas esfuerzo vs. Elongación de diversos termoplásticos

La figura 4.3 muestra el comportamiento de los valores de resistencia a la tensión, a medida que la temperatura aumenta y es muy importante pues muestra que todos los termoplásticos son sensibles a la variación de la temperatura. La figura 4.4 muestra el módulo de elasticidad en función de la temperatura.

Con base en lo hablado, existen dos fenómenos típicos en los materiales termoplásticos:

- ♦ **Deformación plástica**, que se puede definir como el aumento de la deformación en función del tiempo de aplicación de la carga.

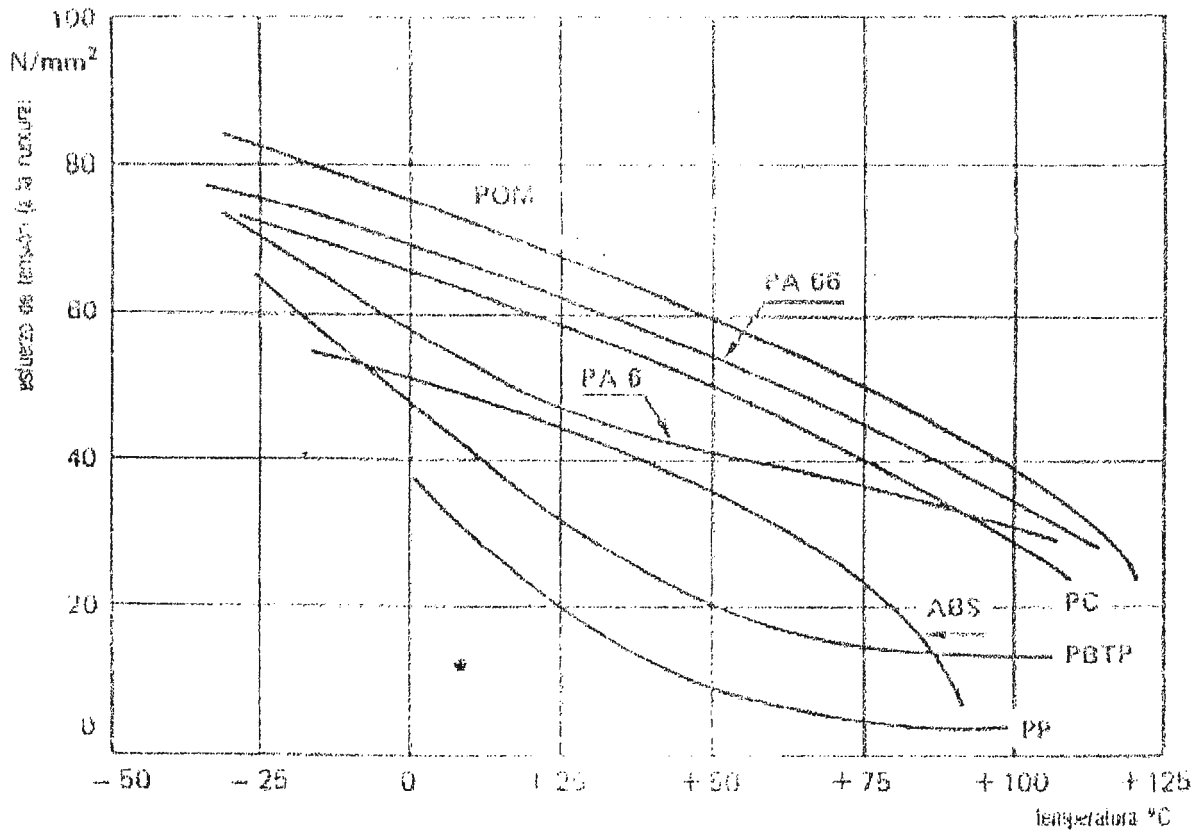


Figura 4.3 Curvas de resistencia a la tensión vrs temperatura de diversos termoplásticos

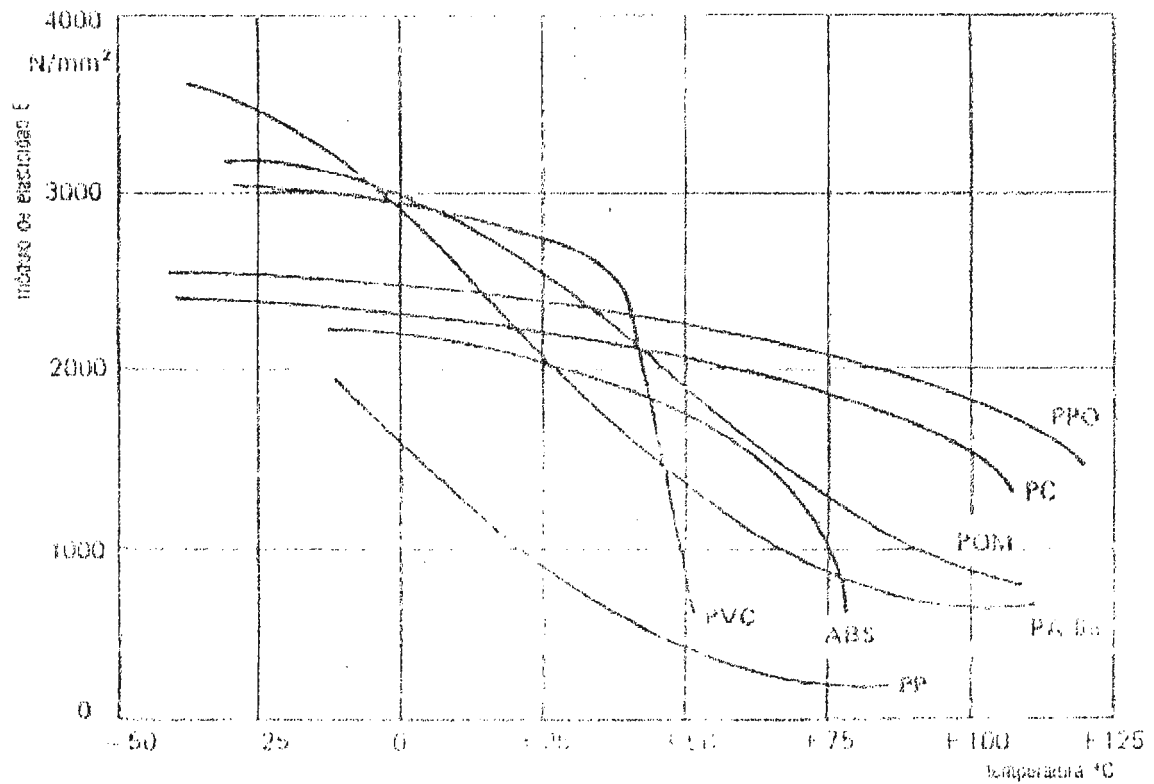


Figura 4.4 Módulo de elasticidad en función de la temperatura de diversos termoplásticos

Ablandamiento, que es la disminución de la resistencia mecánica en función del tiempo de aplicación de la carga.

Ambos fenómenos son causados por el comportamiento visco-elástico de los plásticos. Pueden ocurrir a temperaturas tan bajas como 20°C, pero con mayor incidencia a temperaturas más altas o bajo condiciones ambientales diversas (humedad, agentes químicos, etc.).

Los **termofijos** son poco sensibles a las variaciones de temperatura. Se trata de materiales rígidos, bastante frágiles, que sometidos a tracción se rompen sin presentar debilitamiento. Tienen una alta resistencia a la compresión con deformaciones sin importancia en relación al tiempo.

Los **termofijos**, debido a su estructura molecular reticulada, presentan características mecánicas y térmicas diversas con respecto a los termoplásticos. Son materiales que después del endurecimiento, permanecen rígidos al crecer la temperatura y, por lo tanto, pueden ser utilizados a temperaturas de trabajo más altas.

Tienen un módulo de elasticidad más alto y menor ablandamiento, por lo cual resisten mejor que los termoplásticos a las cargas permanentes sin deformación notable en función del tiempo.

4.1.5 Fabricación de objetos plásticos

Estructura química y Propiedades físicas

Las propiedades de un material plástico dependen en primer lugar de las características físico - químicas de la resina base y de los aditivos usados. Así, la diversa estructura molecular no sólo influye en el comportamiento en el proceso de fusión sino que también determina las propiedades físicas y mecánicas.

En general los **termoplásticos**, vistos en la tabla 4.2, pueden ser subdivididos en dos subgrupos con referencia a su acomodo molecular:

- Polímeros con estructura amorfa

- Polímeros con estructura parcialmente cristalina

En los polímeros de estructura amorfa la fusión no se realiza a una temperatura determinada. Por lo tanto no existe un "punto de fusión" preciso. En su lugar, el material pasa gradualmente a medida que la temperatura aumenta del estado sólido a un estado viscoso hasta convertirse finalmente en un fluido. Obviamente, en este intervalo de fusión los materiales amorfos pueden ser trabajados o transformados.

Los polímeros con estructura parcialmente cristalina, constituidos por partes amorfas y partes cristalinas, presentan el característico "punto de fusión" que corresponde a la transición del estado sólido al estado fluido. El intervalo útil para la transformación está por lo tanto limitado a pocos grados, ya que un poco abajo del punto de fusión, el material está todavía sólido y no se puede moldear ni extruir. Por otra parte no es prudente superar mucho la temperatura de fusión porque puede intervenir el fenómeno de degradación térmica. En la figura 4.5 y tabla 4.4 se muestran valores promedio de temperatura de fusión para materiales termoplásticos con estructura amorfa y cristalina.

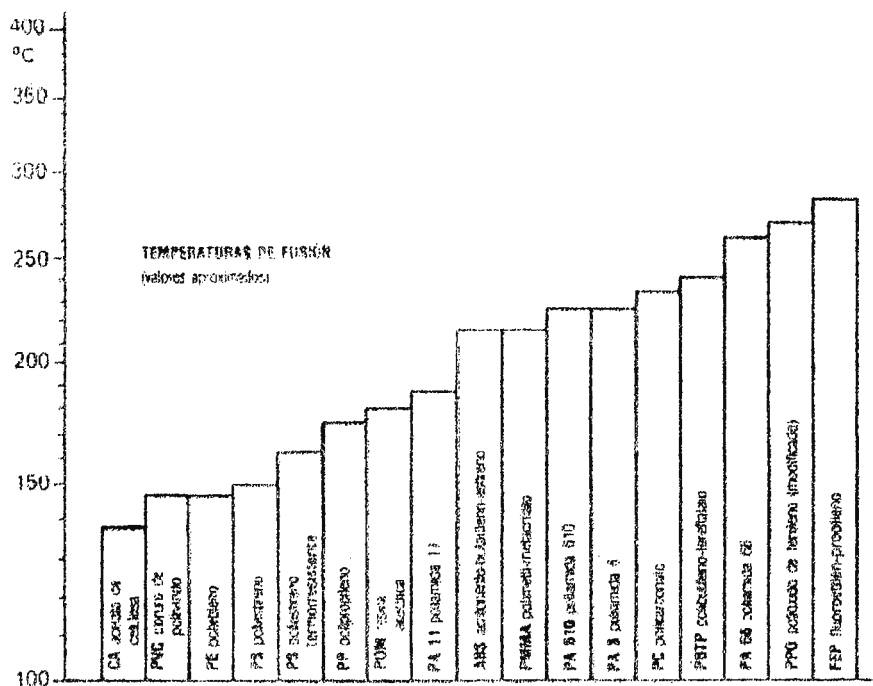


Figura 4.5 Temperaturas de fusión de algunos materiales termoplásticos

Tabla 4.4 Materiales Termoplásticos con estructura amorfa y cristalina

Termoplásticos con estructura amorfa		
	símbolo ISO	Intervalo de fusión °C
ABS copolímero	ABS	170-200
Poliestireno	PS	130-160
Poliestireno resistente al impacto	SB	130-160
Acrilonitrilo - estireno	SAN	140-170
Acetato de celulosa	CA	130-170
Acetato butirato de celulosa	CAB	130-170
Propionato de celulosa	CP	130-170
Policarbonato	PC	220-260
Polimetil metacrilato	PMMA	150-180
Óxido de polifenileno (modificado)	PPO	240-270
Cloruro de polivinilo (rígido)	PVC	130-160
Termoplásticos semicristalinos		
Polietileno (baja densidad)	PE	~110
Polietileno (alta densidad)	PE	~130
Polipropileno	PP	~165
Poliacetal (homopolímero)	POM	~175
Poliacetal (copolímero)	POM	~165
Polibutileno - tereftalato	PBTP	~225
Polietileno - tereftalato	PETP	~255

Todos los valores corresponden a polímero sin refuerzos fibrosos ni cargas de otro tipo.

Sin embargo, la temperatura de trabajo para cualquier material es bastante más baja que la temperatura de ablandamiento o de fusión. Las temperaturas de trabajo o servicio son usualmente la mitad de la temperatura de fusión correspondiente.

Otra característica ligada a la naturaleza química de los termoplásticos es su tendencia a absorber agua, ya sea del ambiente o por inmersión directa. En la figura 4.1 se indican los valores de absorción de agua (aumento porcentual de peso) que varía notablemente de una resina a otra. Se trata de un índice que puede proporcionar información sobre la estabilidad dimensional y sobre la propiedad dieléctrica de los diversos polímeros.

Los materiales **termofijos** tienen, a diferencia de los termoplásticos, características químico - físicas totalmente diversas.

La resina base, que constituye la esencia del compuesto, cuando es llevada al punto de fusión no puede permanecer en estado fluido por mucho tiempo. De hecho se inicia rápidamente el proceso irreversible de endurecimiento (o cura) bajo la acción del calor, de la presión y de las sustancias catalizadoras o agentes de endurecimiento. Las resinas básicas

tienen en general estructura amorfa y aspecto vítreo. Son bastante frágiles. En la tabla 1.2 del anexo 1 se muestran los intervalos de fusión para plásticos termofijos

Procesos de Manufactura

Existen ocho tipos de moldeo de plásticos: Extrusión, Pultrusión, Moldeo por soplado, Moldeo por inyección, Termoformado, Moldeo por compresión, Moldeo de transferencia y Moldeo rotacional.

Se presenta a continuación una breve explicación de los primeros cuatro pues son los métodos más comunes de fabricación.

Extrusión

La extrusión fuerza un plástico o material fundido en un troquel de forma continua. Como se puede ver en la figura 4.6 el material de alimentación generalmente está en forma de bolitas, polvo, hojuelas o material molido. La mayoría de los extrusores incorporan un tornillo ubicado en un cilindro con una entrada en un extremo y el troquel ajustado en el otro. Típicamente se alimenta el extrusor y este lleva el material a través de un ambiente compacto y caliente, donde el esfuerzo cortante del tornillo funde el plástico y lo mezcla a temperatura uniforme mientras la bombea uniformemente hacia el troquel.

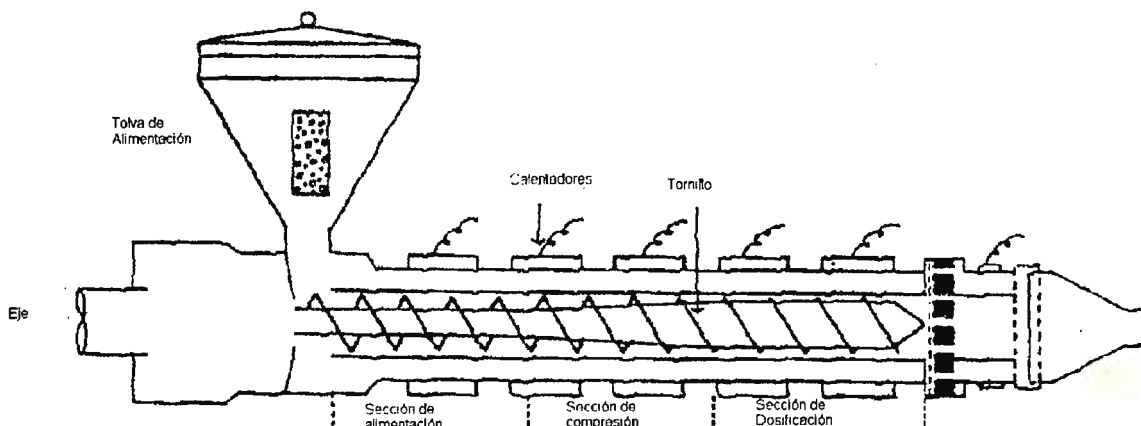


Figura 4.6 Extrusor simple

Pultrusión

Llamado también extrusión de perfiles es la fabricación directa de un producto a partir del troquel. Los productos son de una longitud continua con una sección transversal común. Por ejemplo: Tubería de PVC, mangueras, etc.

Moldeo por Inyección

Este método produce piezas sólidas en grandes cantidades con alta velocidad de producción. El material fundido es inyectado en el molde de un barril de extrusión donde es alojado bajo presión (fig. 4.10). Cuando la pieza se ha solidificado lo suficiente, el molde se abre y la pieza es expulsada.

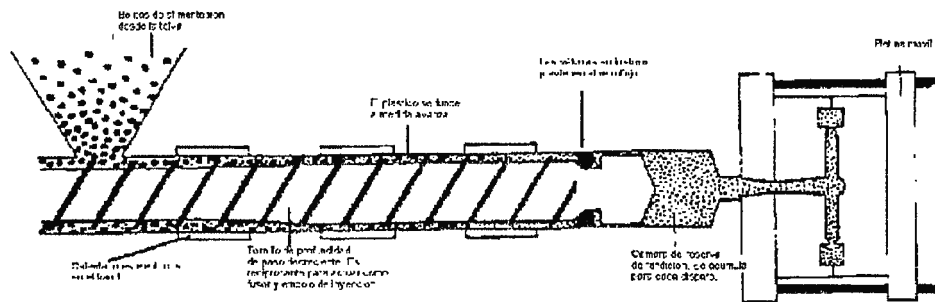


Figura 4.6 Moldeo por inyección

Soplado

El moldeo por soplado produce objetos huecos y se realiza de tres formas: por extrusión, por inyección y por inyección dilatada. En la primera, el plástico fundido es extruido como un tubo en el aire (fig. 4.7 y 4.8). Este tubo, llamado parison es atrapado por las dos mitades del troquel de la botella. Un pin de soplado es insertado en el molde y la presión del aire empuja el fluido contra las paredes y lo enfría. El molde se abre y la botella es soltada y cortada. Este método se utiliza para botellas de 0.25 L o más.

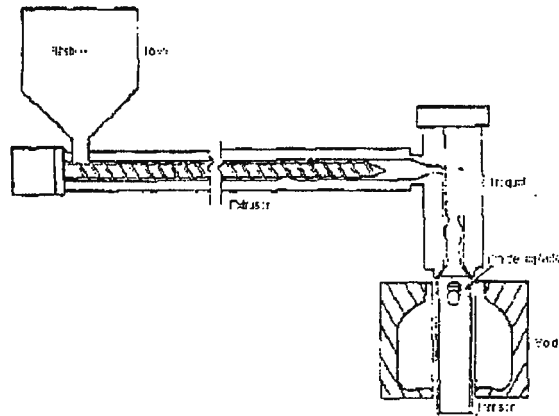


Figura 4.7 Moldeo por soplado y extrusión

En el soplado con inyección (fig. 4.8), el plástico es inyectado en una cavidad parison alrededor de un núcleo. El parison en forma de tubo es movido en el núcleo hacia la cavidad de moldeo donde es soplada y enfriada. Este método se utiliza generalmente para botellas de 0.5 L o menos. Es muy bueno para botellas con diseños difíciles.

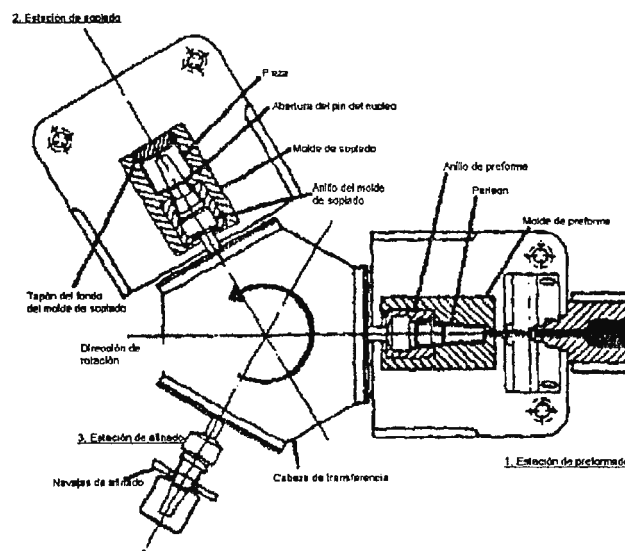


Figura 4.8 Equipo de moldeo por soplado e inyección

En la inyección dilatada una fundición preformada es colocada en el molde de soplado (fig. 4.9). Una varilla central se extiende, la cual ensancha la preforma con orientación axial. Luego

aire soplado expande la preforma en el molde, formando una botella con orientación radial. Este método por ejemplo, para botellas PET de bebidas.

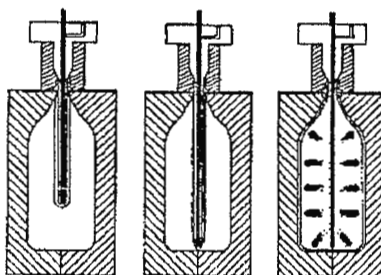


Figura 4.9 Moldeo por soplado y expansión (Inyección dilatada)

4.2 Situación Actual de los desechos sólidos plásticos en San Salvador

4.2.1 Generación y disposición

Para formar una idea de la situación actual de los desechos son necesarios tres datos: Cantidad recolectada, porcentaje que constituye plástico y origen. Estos datos se obtuvieron de la Gerencia de Saneamiento Ambiental², unidad de la alcaldía de San Salvador encargada del manejo de los desechos sólidos.

En 1998 se generaron en promedio 573.84 TM de basura diaria, de las cuales se recolectaron el 78.16%, es decir, 448.52 TM. El resto se asume que queda tirada al aire libre ya sea en las calles o en botaderos improvisados en colonias y barrios. De ésta cantidad, en noviembre de 1997³ se estimó que el 10% en peso lo constituyen materiales plásticos, el porcentaje de participación por volumen no es conocido. No existe una clasificación de los tipos de plástico que forman este porcentaje. Sin embargo, en informes consignados en La Prensa Gráfica⁴ se asevera que en su mayor parte son polietileno y polipropileno. La

² Véase anexo 1: Datos obtenidos de Gerencia de Saneamiento Ambiental

³ Fecha de último estudio realizado.

⁴ Revista Enfoques. 30/08/98

clasificación por origen se inició en 1999 y los resultados promedios de los tres primeros meses se muestran a continuación.

Tabla 4.5 Clasificación por origen de los desechos sólidos de San Salvador

Origen	%
Domiciliar	87.68
Mercados	12.11
Industriales	0.21

Actualmente de parte de la municipalidad no se le da ningún tratamiento a los desechos, pero se espera que el nuevo relleno sanitario⁵ solucione muchos de los problemas que se tenían: Lixiviados, metano, vectores infecciosos, etc. Aún considerando estas soluciones, no se habla aún de recuperación o incentivos a empresas cuyo objetivo sea tratar (reutilizar o reciclar) los desechos sólidos.

4.2.2 Marco Legal

La ley que debe utilizarse para este tipo de operaciones es la ley del nuevo ambiente. Esta ley de reciente aprobación tiene por objetivo proteger, conservar y recuperar el medio ambiente. Para lograr esto se valdrá de varios medios: El establecimiento de políticas que incentiven a la actividad económica que integre la dimensión ecológica, la regulación específica de los actos de las personas y su coerción por medio de incentivos y castigos que tratarán de fomentar una cultura ambientalista en conjunto con la educación.

La ley sólo da lineamientos generales, principios para desarrollar en el futuro la actividad económica y social del país.

La disposición de los desechos sólidos carece entonces de un reglamento específico; existe un reglamento de saneamiento ambiental pero este sólo dicta los lineamientos generales que debe seguir la Gerencia de Saneamiento Ambiental. Según se informó, la Asamblea Legislativa trabaja en la actualidad en la creación de un reglamento para el manejo de los desechos sólidos.

Los artículos que se pueden citar con relación directa a las actividades de reciclaje son los siguientes:

Capítulo I - Título IV - Dimensión Ambiental

Capítulo Único

Investigación Científica y Tecnológica

Art. 40.- El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, las Universidades, el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal del Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio de Educación y demás organismos que promuevan y desarrollen la investigación científica y tecnológica, incluirán en sus planes, programas y proyectos de ciencia y tecnología la dimensión ambiental.

Capítulo III - Prevención y Control de la contaminación

Contaminación y disposición final de desechos sólidos

Art. 52.- El Ministerio promoverá, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Gobiernos Municipales y otras organizaciones de la sociedad y el sector empresarial el reglamento y programas de reducción en la fuente, reciclaje, reutilización y adecuada disposición final de los desechos sólidos. Para lo anterior se formulará y aprobará un programa nacional para el manejo integral de los desechos sólidos, el cual incorporará los criterios de selección de los sitios para su disposición final.

4.2.3 Comercialización de Plástico Reciclado

Lo más importante a tener en cuenta en la comercialización del plástico reciclado es su calidad. Sobre todo en cuanto a la limpieza y semejanza con la materia prima virgen, de ésta forma se puede competir y ganar aceptación entre los fabricantes de productos plásticos.

En El Salvador existe un incipiente mercado de plástico reciclado, formado por tres compañías⁶:

⁵ Ver en anexo 1 página 11 del Diario de Hoy de fecha 18.03.99

⁶ Según Gerencia de Saneamiento Ambiental. A4SS

- ♦ Matricería Industrial Roxy: Recibe desechos de material plástico limpio, no necesariamente homogéneo.
- ♦ SALVAPLASTIC: Sólo recibe Polietileno de alta y baja densidad en cantidad mínima de 500 kg, totalmente limpio y homogéneo.
- ♦ El Panda: Recolecta y recibe todo tipo de desperdicio plástico, limpio o sucio, para darle tratamiento y comercializarlo.

Según datos de la Gerencia de Saneamiento Ambiental, para diciembre de 1998, el plástico reciclado tenía un valor promedio de \$0.70 por libra.

Se entabló comunicación con las siguientes empresas nacionales fabricantes de objetos plásticos⁷: Golden Alpha, CORLASA, Matricería Industrial Roxy, SALVAPLASTIC y Manufacturas Plásticas. De éstas se obtuvo respuesta de las dos primeras.

Golden Alpha utiliza únicamente PET e importan su materia prima de Corea. Las características más importantes son la viscosidad y el nivel de acetaldehído, que es un factor que regula factores. Sus procesos de manufactura incluyen el moldeo por soplado y por inyección. El material de desperdicio es utilizado para nuevos productos. Aceptaron la posibilidad de utilizar material reciclado pagando hasta un 15% del costo de la materia prima virgen, por razones de costo. Sus condiciones son que el objeto a fabricar no sea para contener productos de consumo humano.

CORLASA utiliza PET, HDPE, LDPE y PP; importan su materia prima de EE.UU. y México. La característica más importante excepto en PET, es el punto de fusión; en el caso del PET se compran preformas. El material de desperdicio al fabricar cajas de gaseosas es reutilizado para nuevas y manifestaron estar dispuestos a utilizar material reciclado en sus productos pagando hasta un 20% del costo de la materia prima virgen, por razones de costo y

⁷ Véase anexo 4.

protección medioambiental. Las condiciones de utilización son homogeneidad, limpieza, forma de presentación (pellets o bolitas, molido o extruido).

4.3 Reciclaje

4.3.1 Plástico reciclado: Características y aplicaciones más comunes

Como primer paso, conviene definir el plástico reciclado⁸:

“Es ese plástico compuesto de material post-consumidor o solamente material recuperado, o ambos, los cuales son susceptibles o no de ser sometidos a un proceso adicional tal como reciclado, reprocesamiento o plástico reconstituido. Nótese que las averías de procesos industriales, incluyendo aquellas que se denominan comúnmente como recortes o remolidos de la producción, no son considerados material reciclado”.

Como objetivo de un método de reciclaje, se pretenderá siempre alcanzar las mismas propiedades que el plástico virgen. Esto no es posible en la práctica debido a factores como los aditivos de cada plástico (colorantes, aglutinantes, etc.), la contaminación a la que fueron expuestos los materiales, metales o materias extrañas incrustadas durante su vida útil o en la recolección, una mala separación de los tipos de plástico, etc.

Las características más importantes para los fabricantes de objetos plásticos siempre son definidas por el tipo de trabajo que realizará la pieza que se moldea.

Las aplicaciones de plástico reciclado son tan variadas como las del plástico virgen, siempre dependiendo de las características que posean.

Ejemplos de estas aplicaciones son:

- ♦ Accesorios automotrices: Carcasas de baterías, cables, marcos para placas.
- ♦ Bolsas y empaques
- ♦ Contenedores y cajas: Depósitos para basura, pantries, barriles.
- ♦ Materiales para la construcción: Aditivos para concreto, bloques, concreto sintético.
- ♦ Alfombras

- ♦ Accesorios para granjas: Pisos, depósitos para huevos, cubiertas de pared.
- ♦ Láminas y hojas de plástico
- ♦ Herramientas hospitalarias: Almohadas, urinales, contenedores de basura.
- ♦ Partes para plomería

4.3.2 Procesos de Reciclaje

De forma general, se pueden concebir dos formas de reciclado:

- Proceso de reciclado total, cuando afecta a todos los componentes de los residuos sólidos
- Proceso de reciclado parcial, cuando afecta a una parte de los componentes de los residuos sólidos.

Los desechos aptos para el reciclaje pueden provenir de varias fuentes que básicamente son:

- Productores de polímeros primarios.
- Fabricantes de productos plásticos.
- Consumidores.

En los países en vías de desarrollo la mayor parte proviene del escarbado en los desechos sólidos municipales.

Algunas de las técnicas empezaron a desarrollarse en los años 70's, cuando algunos países empezaron a incinerar sus residuos plásticos. Desde entonces, ha habido muchos avances en la manera de reciclar plásticos, dando como resultado, cuatro tipos de reciclaje de plásticos: primario, secundario, terciario y cuaternario. Cuál de estos tipos es usado depende de varios factores, tales como limpieza y homogeneidad del material, y el valor del material de desecho y de la aplicación final.

En todos los casos, el proceso de reciclado constará de las fases siguientes:

1. Preparación previa. Tratamiento previo de los materiales dependiendo de su procedencia.

⁸Según ASTM (Sociedad Americana para Ensayos de Materiales)

2. Fase de Alimentación. Forma de alimentar la planta de tratamiento: tolvas, montacargas, etc.
3. Fase de separación mecánica. Trituración y/o clasificación.
4. Operaciones básicas de reciclado. Todas las etapas que comprende las modificaciones físicas o químicas del material.
5. Almacenamiento de los productos reciclados.

Reciclaje Primario

El reciclaje primario consiste en la conversión del desecho plástico en artículos con propiedades físicas y químicas idénticas a las del material original. El reciclaje primario se hace con termoplásticos como PET (polietilentereftalato), HDPE (polietileno de alta densidad), LDPE (polietileno de baja densidad), PP (polipropileno), PS (poliestireno) y PVC (cloruro de polivinilo). Las propiedades de los termoplásticos son la base de este reciclaje primario debido a la habilidad de los termoplásticos de refundirse a bajas temperaturas sin ningún cambio en su estructura ya que "tienen moléculas que se encuentran en un alineamiento casi paralelo".

Proceso de reciclaje primario. Se realiza utilizando desechos de plásticos de un solo tipo y no contaminados, para manufacturar productos plásticos. Solo los desechos de los termoplásticos pueden ser directamente reprocesados. Se pueden utilizar estos residuos solos o agregarle resina virgen, para someterlo de nuevo al proceso. El proceso de reciclaje primario es fundamentalmente el mismo para los distintos plásticos. Consiste en la separación, limpieza, peletizado, moldeado, moldeado por inyección, moldeado por compresión y termoformación.

Separación. De acuerdo con los expertos, la separación es tan difícil que algunos sistemas automatizados, además del manual, han sido desarrollados. Uno de estos sistemas automatizados son las máquinas foto-ópticas las cuales reconocen formas y transparencia. Hay otros métodos de separación automatizada basados en las diferencias en gravedad específica, difracción de rayos x y disolución en solventes.

Los métodos de separación pueden ser clasificados en separación macro, micro y molecular. La macroseparación se hace sobre el producto completo usando el reconocimiento óptico del color o la forma. La separación manual se incluye dentro de esta categoría, esta clasificación se ve auxiliada por un código de números. La micro separación puede hacerse por una propiedad física específica como el tamaño, peso, densidad, etc. Por otra parte, la separación molecular, involucra procesar el plástico por disolución del mismo y luego separar los plásticos basados en la temperatura.

Limpieza. Los plásticos separados están generalmente contaminados con comida, papel, piedras, polvo, pegamento. De ahí que, tienen que ser primero limpiados al granularseles y luego lavar este granulado en un baño de detergente. Otra opción de limpiado es la de granular los plásticos repetidamente e irlo desechando sobre pantallas movibles. Además, se recomienda usar hidrociclones cuando el desecho plástico está muy contaminado basados en que el plástico contaminado es removido y al ser ligero, flota en la superficie donde es expulsado. Los contaminantes caen al fondo y se descargan. Después del proceso de limpieza, los plásticos se llaman "hojuelas limpias" o "granulado limpio".

Pelletizado. El granulado limpio y seco puede ser ya vendido o puede convertirse en "pellet". Para esto, el granulado debe fundirse y pasarse a través de un tubo para tomar la forma de espagueti al enfriarse en un baño de agua. Una vez frío, es cortado en pedacitos llamados "pellet".

Reciclaje secundario

El reciclaje secundario convierte al plástico en artículos con propiedades que son inferiores a las del polímero original. Ejemplos de plásticos recuperados por esta forma son los termoestables o plásticos contaminados. El proceso de mezclado de plásticos es representativo del reciclaje secundario. Este elimina la necesidad de separar y limpiar los plásticos. La mezcla de plásticos, incluyendo tapas de aluminio, etiquetas de papel, polvo, etc., se muelen y funden juntas dentro de un extrusor; los plásticos pasan por un tubo con

una gran abertura hacia un baño de agua, y luego son cortados a varias longitudes dependiendo de las especificaciones del cliente. Los plásticos termoestables son partes que no se funden y que tienden a acumularse en el centro de la mezcla y los plásticos más viscosos tienden a salir, dándole al producto final una apariencia uniforme.

Reciclaje Terciario

El reciclaje terciario degrada al polímero a compuestos químicos básicos y combustible. Este tipo de reciclaje es fundamentalmente diferente de los dos primeros mencionados anteriormente porque involucra un cambio químico no sólo un cambio físico. En este reciclaje terciario las largas cadenas del polímero se rompen en pequeños hidrocarburos (monómeros) o monóxido de carbono y hidrógeno. Hoy en día, el reciclaje terciario cuenta con dos métodos principales: pirólisis y gasificación. Pero se están desarrollando otros métodos como son metanólisis y glicólisis.

Pirólisis. El estudio de los métodos pirolíticos para recuperación de residuos sólidos se empezó en los años 70's en los Estados Unidos, Japón y Europa. Se define pirólisis como un proceso de reforma en el cual la gasificación de los compuestos fácilmente degradables se hace por un calentamiento directo o indirecto. Esta es una técnica muy conocida en el procesamiento del petróleo, en que al calentar los hidrocarburos de cadena larga en ausencia de oxígeno, estas largas cadenas se rompen en pequeñas moléculas. Este mismo mecanismo puede aplicarse al cambio de plásticos a petroquímicos. Hay muchas variantes de la pirólisis: pirólisis de cauce fijo, de cauce fluido, de cauce dirigido y de cauce agitado. Entre estos, el cauce fluido ha recibido especial atención porque puede convertir una gran variedad de materiales, incluyendo plástico, aceites, aguas cloacales, en petroquímicos crudos. Los sistemas de cauce fluido, usan un gas de polímero o un gas inerte para fluidizar el cauce de arena, a temperaturas entre los 400 y 800 °C, para producir productos de petróleo líquidos. El cauce fluidizado de arena provee un buen mezclado y transferencia de calor. Las ventajas de la pirólisis son: a) no involucra un paso de separación, b) recupera los plásticos en sus

materias primas, de manera que, se pueden rehacer polímeros puros con mejores propiedades y menos contaminación.

Gasificación. La gasificación tiene el mismo principio que la pirólisis: el calentamiento convierte las grandes cadenas de carbono en pequeñas cadenas, pero se lleva cabo en condiciones más drástica que la pirólisis (temperaturas arriba de los 900 °C y presiones arriba de los 60 bares. Este método tiene muchas variantes, entre éstas, una que ha sido aplicada está produciendo 600 kg de gas de síntesis, 220 kg de escoria, 23 kg de metales y 18 kg de sales por tonelada métrica de desecho, el cual, primero es compactado, desgasificado y pirolizado a 600°C, y alimentado al gasificador a 2000°C, el gas de síntesis obtenido de la gasificación puede ser usado para producir electricidad, metanol o amoníaco.

Metanólisis y glicólisis. Metanólisis y glicólisis para el reciclado de PET han sido desarrolladas por DuPont, Hoechst Celanese, Eastmant Chemical y Shell Chemical. Debemos entender que la metanólisis es la ruptura de las cadenas causada por metanol y glicólisis la ruptura de un enlace glicosídico causada por alguna sustancia. La alcoholólisis ha sido usada también por Sherwin Williams para convertir residuos de PET en poliésteres solubles. Esta alcoholólisis es asistida por un catalizador tal como $\text{Ba}(\text{OH})_2$.

Reciclaje cuaternario

Consiste en el calentamiento del plástico con el objeto de usar la energía térmica liberada de este proceso para llevar a cabo otros procesos, es decir, el plástico es usado como un combustible con objeto de reciclar energía. La incineración puede incluirse en esta clasificación siempre que la recuperación de calor sea acompañada de un generador de vapor o, como Arthur J. Warner dice en su libro *Solid Management of Plastics*, por "el uso directo de gases de humo de alta temperatura en un proceso que requiera una fuente de calor externa". Estos gases de humo son para recalentar, secar o templar hornos. Existen otras ventajas de la incineración tales como a) mucho menos espacio ocupado que en los rellenos sanitarios, b) la recuperación de metales, c) el manejo de diferentes cantidades de desechos. Sin embargo,

algunas de sus desventajas son la generación de contaminantes gaseosos, aunque ésta es mínima, y la gran inversión monetaria que representa.

4.3.3 Experiencia en países desarrollados: Estados Unidos

Tomaremos como ejemplo a Estados Unidos, cuyos esfuerzos en la industria del reciclaje comenzaron en la década del '60, aunque en aquellos años la tecnología para el reciclaje era muy costosa.

El objetivo principal de los sistemas de reciclaje ha sido siempre reducir los niveles de desechos sólidos municipales. En el caso del plástico, sin embargo, fue muy difícil extender la recolección de desechos más allá de las botellas de leche y bebidas gaseosas, por razones técnicas, económicas y sociales:

- ✓ La gran variedad de plásticos.
- ✓ La dificultad en la separación.
- ✓ El alto volumen/baja densidad de los plásticos en la corriente de desechos.
- ✓ Una historia de reciclado muy corta (desde mediados de los '80 aprox.)

Los primeros 3 puntos han sido superados hasta ahora mezclando los plásticos que se recuperan, y aun cuando es posible comercializar el material resultante es mucho mejor pagado el material homogéneo. Los esfuerzos entonces se realizan ahora en mejores sistemas de identificación y separación, enfocados bajo uno de los siguientes puntos de vista:

- ♦ Separación luego de la compactación o molido.
- ♦ Identificación de los envases y separación automatizada.
- ♦ Separación manual por el consumidor o por una empresa.
- ♦ Recolección enfocada en un plástico específico.
- ♦ Estandarización por parte del gobierno del plástico utilizado para ciertas aplicaciones.

De éstos, 3 requieren mejoras sustanciales en la tecnología o intervención gubernamental. La tecnología está siendo desarrollada; pero la intervención gubernamental no goza de mucho apoyo.

Actualmente se practica la separación manual por parte del consumidor o por una empresa, o la recolección enfocada a un tipo de plástico.

De los estudios realizados en muchos municipios se han encontrado hay mucha diferencia en el consumo, tanto de tipos como cantidades; por esto se considera siempre necesario realizar un estudio que caracterice los tipos de plásticos que se encuentran en la corriente de desechos.

Aún cuando no es apoyada la intervención gubernamental en los mercados, el gobierno posee la facultad de dictar leyes que favorezcan las actividades de reciclaje. Por ejemplo:

- ♦ El estado de Milwaukee aprobó en 1990 una ley que prohíbe tirar artículos hechos de material reciclable en los rellenos sanitarios.
- ♦ Los estados de California y Connecticut poseen leyes que obligan a los periódicos a utilizar papel con un porcentaje de papel reciclado en su contenido. Y preparan actualmente leyes parecidas para los plásticos.
- ♦ 37 estados han aprobado leyes que obligan a los productores de objetos plásticos a codificarlos de acuerdo al tipo de plástico utilizado. Este código fue creado voluntariamente por la sociedad de la Industria del Plástico (SPI por sus siglas en Inglés), y ahora es utilizado en muchos otros países como el nuestro.

Este código se muestra a continuación.



1) Polietileno tereftalato (PET), 2) Polietileno de alta densidad, 3) PVC, 4) Polietileno de baja densidad, 5) Polipropileno, 6) Poliestireno, 7) Otros tipos. Esto es porque en 1989 se encontró que la mayor parte de los plásticos utilizados caían dentro de las 6 primeras categorías.

5. Solución Propuesta

5.1 Estudio Técnico

De las etapas de un proceso de reciclaje mencionadas, tradicionalmente la más difícil y costosa es la recolección de los desechos, porque envuelve todos los pasos necesarios para la transferencia de los desechos desde el punto de vista de almacenamiento hasta el lugar de tratamiento. Es por eso que en EE.UU. las formas de selección y separación más comunes son:

- (a) Separación manual por parte del consumidor.
- (b) Se realiza en una empresa.
- (c) Recolección de un tipo específico de plástico.

En cualquiera de estos casos, se han obtenido unos porcentajes de recolección que varían desde el 2% hasta el 15%⁹; y actualmente se tiene como meta alcanzar de 25% a 50% en los próximos 5 a 10 años.

5.1.1 Determinación de capacidad instalada

Los porcentajes de recolección antes mencionados han generado desafíos tecnológicos con el fin de poder dar tratamiento a mayor cantidad de desechos. La tasa de crecimiento de la cantidad de desechos está directamente relacionada con el índice de crecimiento poblacional, en algunos cálculos se asume que la tasa es la misma.

El sistema que se presenta a continuación no ha sido diseñado para atender una cantidad específica de material, sino que se han considerado equipos para atender la producción diaria de desechos. Es parte del análisis económico determinar la eficiencia con que deben trabajar a fin de rendir frutos económicos.

Es importante mencionar, sin embargo, que la experiencia de EE.UU. al respecto demuestra que procesar hasta un 15% de la recolección diaria de plástico presenta problemas de recolección y de venta.

Se considerará una jornada laboral de 8 horas diarias, durante los 7 días de la semana.

5.1.2 Sistema de Tratamiento

Existen diversos sistemas de tratamiento de plásticos, aunque en su mayoría están protegidos por leyes de propiedad intelectual. Esto debido a que han sido creados por grandes empresas como DuPont, 3M, B.F. Goodrich, etc. O también se trata de maquinaria especialmente diseñada por compañías que pretenden su comercialización como actividad económica.

Se encontraron, sin embargo, las especificaciones generales de un sistema de dominio público y que puede ser presentadas para su adecuación. Este sistema fue creado por el Centro para la Investigación del Reciclaje de Plásticos de la Universidad de Rutgers (CPRR por sus siglas en inglés), como un encargo gubernamental para que pudiera ser demostrado y transferido al público para aumentar el reciclaje en el estado de Nueva Jersey.

El objetivo de este sistema no es separar el plástico por características intensivas del material (color, aditivos, resina base, etc.), sino proveer plástico cortado y limpio, separado de sus contaminantes. Esto quiere decir que el plástico debe entrar al sistema ya separado de la corriente general de desechos con alguno de los métodos señalados anteriormente -por separación manual o automática- y cuya conveniencia implica una investigación que está fuera de los alcances de este trabajo.

La corriente de desechos de diseño para este sistema estaba compuesta tal como se ve en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Composición promedio de material plástico recibido en el CPRR (1988-1989)

Componente	% en peso
PET (verde y claro)	73.6
HDPE	20.0
Papel (viñetas)	2.9
Adhesivo	1.3
Aluminio	1.0
PP	1.2

Aunque existe una diferencia en la composición con el caso de San Salvador –donde el PE y el PP son los componentes en mayor proporción-, los materiales de contenido son los mismos, y esto permite utilizar este sistema haciendo modificaciones para adecuarlo a nuestro caso.

Este sistema se explica por etapas a continuación (véase el proceso esquematizado en la figura 5.1):

- A. Separación de Polietileno y Polipropileno de la corriente de desechos.** Como se dijo anteriormente, este es el paso que tradicionalmente ha sido el más costoso, pero no será considerado pues haría falta otro estudio fuera de los alcances de este trabajo para determinar cuál es el más conveniente para nuestro país.
- B. Compactado.** Este paso pretende disminuir el volumen de los objetos, de forma que la operación de corte se facilite. El compactado se realizará por medio de una prensa hidráulica de 10 Ton. Su capacidad debe ser al menos igual y de preferencia superior a la de la cortadora.
- C. Granulación o cortado.** Se cortan los objetos en hojuelas con un diámetro aproximado 9 mm (3/8 plg). A continuación se presentan las características técnicas más importantes.

Tabla 5.2 Especificaciones de cortadora de plástico

ESPECIFICACIONES	
Diámetro del rotor	250 mm
Número de cuchillas	70
Velocidad del rotor	120 rpm
Tamaño del tamiz	3/8 plg

El diámetro de las cuchillas se ha establecido basado en dimensiones comunes de mercado. Las cuchillas tienen un espesor de 5 mm, de manera que ocupan un espacio de 350 mm. Si restamos esto de la longitud efectiva del eje (1 m), y se divide por la cantidad de cuchillas más 1, tendremos que el espacio entre cuchillas será de 9.15 mm, el espacio adecuado para el corte de las hojuelas.

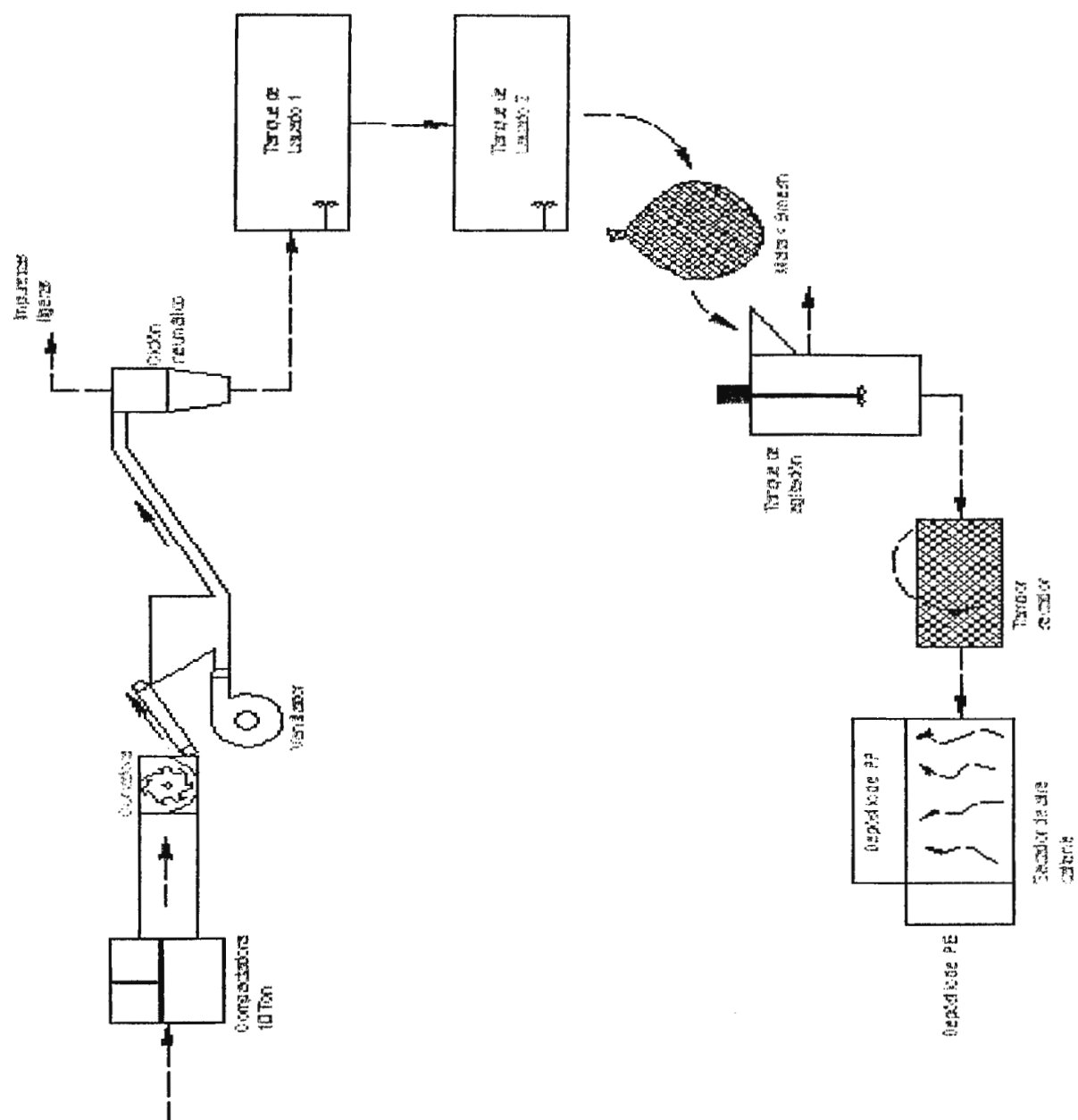


Figura 5.1 Descripción general del sistema

Capacidad de corte

Se determinará la capacidad de corte para tener una idea de la capacidad de la máquina, utilizando como ejemplo botellas de soda de 2 L, debido a que son cuerpos con geometría y peso uniforme. Se sabe que la alimentación real será diferente y con objetos de geometría variada, pero es necesario asumir una constante para realizar los cálculos, y en este caso serán las características de la botella de soda.

Las dimensiones de las cuchillas se encuentran en la figura 5.2.

Tabla 5.3 Dimensiones promedio de una botella de soda

Dimensión	Valor
Longitud	310 mm
Diámetro	110 mm
Ancho de botella aplastada	170 mm

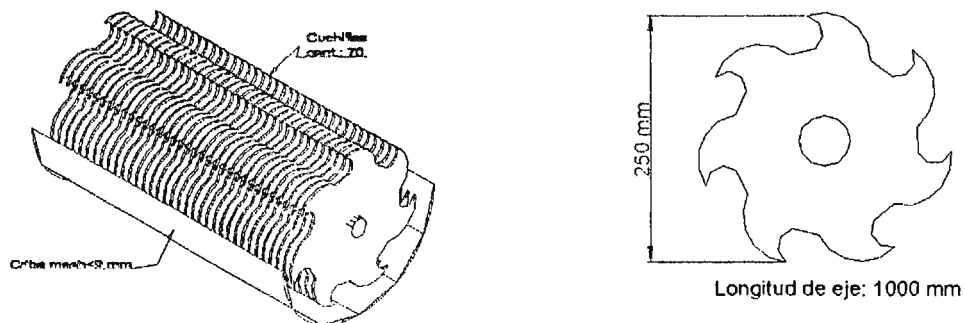


Figura 5.2. Descripción tridimensional de cortadora y cuchilla

Las cuchillas giran a 120 rpm, es decir que recorren una distancia tangencial de:

$$L = \frac{\pi D 120}{60} = \frac{\pi (250 \text{ mm}) (120 \text{ rev/min})}{60 \text{ s/min}} = 1570.796 \text{ mm/s} = 1.570 \text{ m/s}$$

tomando en cuenta la longitud de la botella tenemos:

$$\frac{\text{botella}}{\text{s}} = \frac{1.570 \text{ mm/s}}{310 \text{ mm/botella}} = 5.067 \text{ botella/seg}$$

Si ahora se tiene en cuenta el ancho de una botella aplastada, vemos cuántas botellas caben en paralelo:

$$\text{botellas} = \frac{1000\text{mm}}{170\text{mm}} = 5.8823$$

Si se une esto al dato anterior, obtenemos la cantidad de botellas por segundo:

$$\text{botellas/s} = 5.8823 \text{ bot/s} \bullet 5.067 = 29.8056 \text{ bot/s}$$

El peso promedio de una botella es de 51 g; por tanto la capacidad de la cortadora es

$$M = 29.8056 \text{ bot/s} \bullet 51 \text{ g/bot} = 1,520.09594 \text{ g/s} \equiv 91.205 \text{ kg/min}$$

$$M_{\text{hora}} = 5,472.31 \text{ kg/h}$$

$$M_{\text{gh}} = 43.778 \text{ TM}$$

Como se puede observar, la capacidad es superior a la alimentación diaria y por tanto se puede utilizar sin problema.

Separación de contaminantes ligeros. Por medio de un ciclón de aire se realizará una separación de contaminantes como tierra, papel, materia orgánica pegada, etc. Este tiene una eficiencia global del 77%, a una velocidad de 1000 cfs, por lo que se utilizará un ventilador de turbina para que provea dicho caudal.

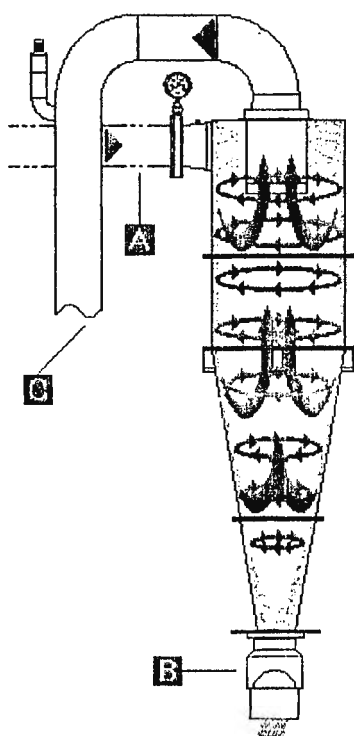


Figura 5.3 Síntesis de funcionamiento

- Entrada del fluido y los sólidos en suspensión. La presión de entrada es convertida en energía rotacional.
- Las fuerzas centrífuga y de gravedad combinadas causan una separación del medio fluido y los sólidos debido a su diferencia de densidad. Estos sólidos caen al vértice del ciclón, donde se pueden colectar.
- Virtualmente todo el aire que ha entrado junto con los sólidos de peso y tamaño más pequeño que aquellos que se quieren en la corriente, se mueven hacia arriba para llegar a la tubería de rebalse y recolectados para su disposición final.

Las dimensiones descritas en la figura 5.4 del dispositivo son una propuesta teórica, y su desempeño ha sido analizado con la ayuda del programa "Análisis y diseño de ciclones", creado por el Ing. Neil Stone de la compañía Esco Engineering de Canadá¹⁰. Los resultados de dicho programa se pueden encontrar en el anexo 3.

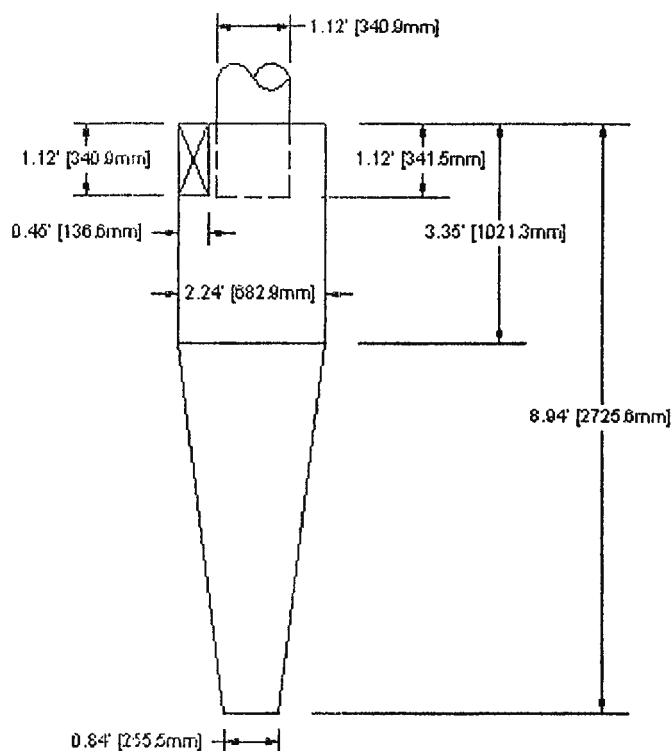


Figura 5.4. Dimensiones de ciclón neumático

D. Limpieza en tanques abiertos con agitadores de paletas. Se mezclan las astillas en un baño de solución jabonosa caliente a 60°C; se provee agitación durante el tiempo suficiente para lograr la limpieza requerida, incluyendo remoción de etiquetas, adhesivos y la desintegración de papel. Estos tanques serán horizontales y con una capacidad de 2 m³.

En análisis del CPRR, se encontró que el agua de lavado no es muy diferente al de una cafetería grande, y que generalmente no requiere pretratamiento. Sus

¹⁰ Esta hoja de cálculo se encuentra a la disposición en forma gratuita en la dirección de internet <http://l0bout.com>, palabra clave: cyclone separators

contenidos son en general lodos orgánicos (generalmente papel), suciedad y agua jabonosa.

E. Separación del baño. Por medio de pantallas o mallas se escurre el agua. El papel y la suciedad han quedado en el baño; excepto aquellas porciones que aún están pegadas al plástico. El agua del baño se puede filtrar y reusarse, añadiendo detergente a la solución tanto sea requerido. El plástico es trasladado en las mallas hacia un tanque de agitación.

F. Tanque de agitación. Este tanque será alimentado por una tolva y servirá para quitar residuos de los tanques de lavado anteriores, especialmente jabón. El tanque será vertical y tendrá una capacidad de 2.5 m^3 para evitar problemas de espacio al alojar 1 TM de plástico.

Según la experiencia¹¹, los parámetros importantes de estos equipos dependen de las características de sedimentación de las partículas. Si la velocidad de sedimentación es menor de 0.02 m/seg será suficiente una agitación ligera por medio de un impulsor axial o radial de turbina. Para una velocidad de sedimentación hasta 0.05 m/seg se recomienda un impulsor axial bajo condiciones de agitación vigorosa. Para una velocidad de sedimentación de 0.05 a 0.1 m/seg se recomienda la agitación intensa por medio de un impulsor de turbina axial. La suspensión de partículas de sedimentación rápida requieren una agitación aún más intensa, pero las partículas con velocidades hasta 20 m/seg se han podido poner en suspensión con turbinas de tipo axial hasta 60 seg, que es un tiempo de residencia adecuado para las suspensiones fáciles. La eficiencia de contacto se acercará al 100% en estas condiciones, pero a la salida del agua sucia lleva el 50% del líquido. Para encontrar la velocidad de sedimentación, se utilizar la figura 5.5¹² y las

¹¹ G.D. Ulrich, Procesos de Ingeniería Química

¹² G.D. Ulrich, Procesos de Ingeniería Química

condiciones de operación de la tabla 5.3. El resultado se encuentra marcando los valores en las escalas y conectando estos puntos con las líneas de referencia.

Tabla 5.3 Condiciones de operación en tanque de agitación

CARACTERISTICA	VALOR
Viscosidad del fluido	1.0 cP
Densidad del fluido	1.0 kg/m ³
Diámetro de partícula	<9 mm
% en volumen de partículas sólidas	45.2
Relación de densidades, líquidos/sólidos	1.07

De estas características, la viscosidad y densidad del agua son datos conocidos. El diámetro de partícula es una elección de diseño para el sistema. El porcentaje en volumen de partículas sólidas y la relación de densidades resulta de las siguientes operaciones:

$$\% \text{ en volumen de sólidos} = \frac{\text{Volumen ITM de plástico}}{\text{Volumen de recipiente}} = \frac{1.075 \text{ m}^3}{2.5 \text{ m}^3} = 43\%$$

$$\alpha (\text{relación de densidades}) = \frac{1.0}{0.93} = 1.0752$$

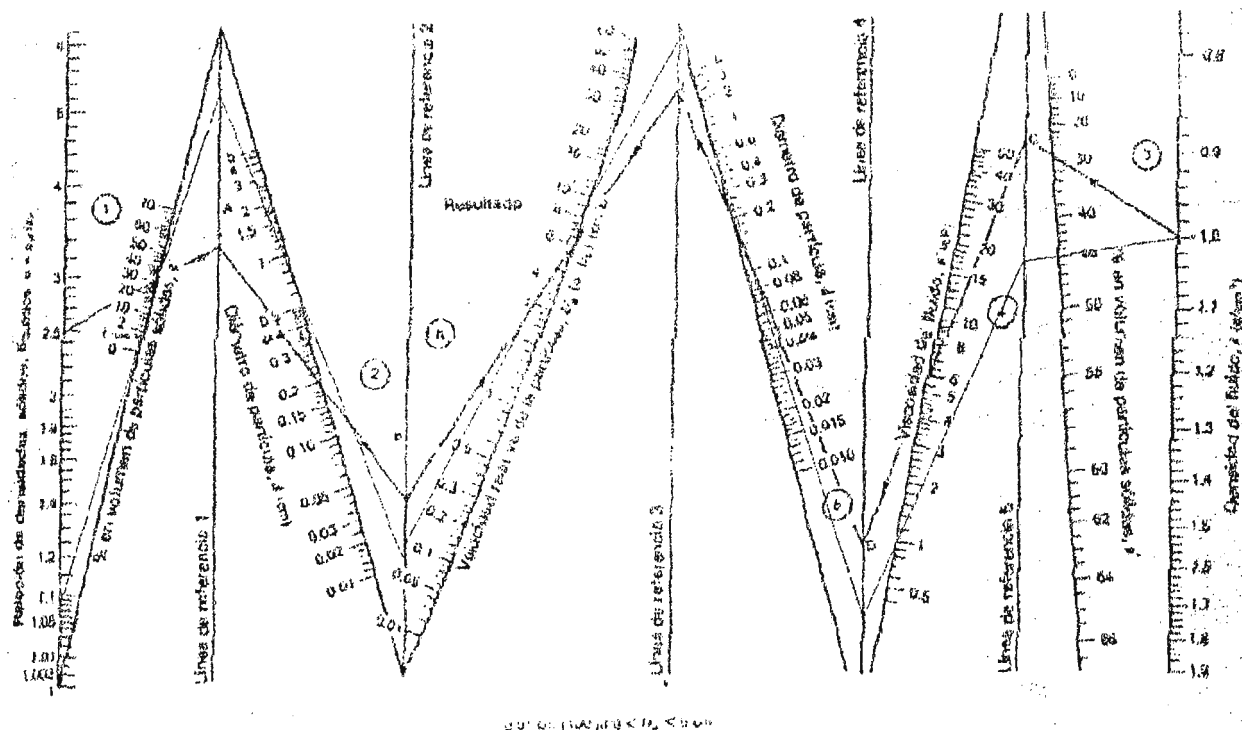


Figura 5.5 Velocidades de sedimentación para partículas sólidas dispersas en un líquido

G. Tambor secador. En esta etapa del proceso la corriente esta formada por PP y PE. Estos se deshumidifican hasta 3-7% usando un tambor cubierto de mallas con un mesh < 9mm, utilizando la fuerza centrífuga cuando este gira una velocidad de 500 rpm. Las dimensiones de este tambor se encuentran a continuación en la figura 5.6.

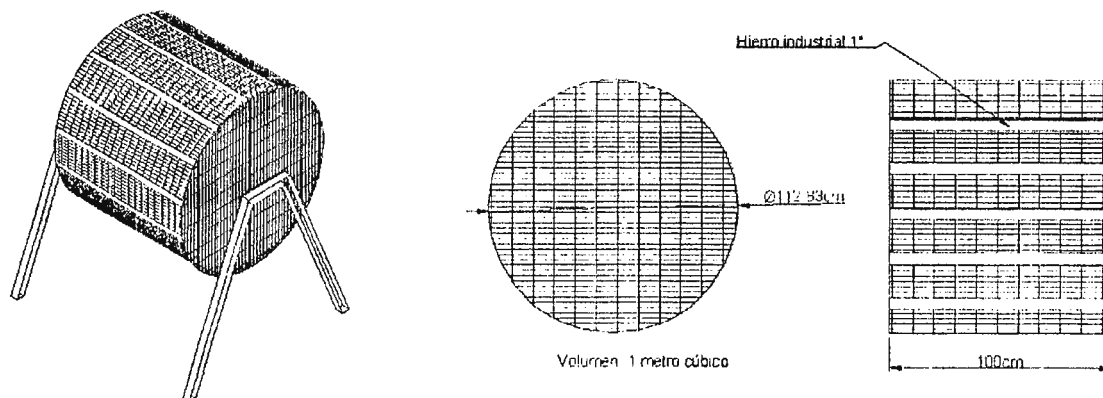


Figura 5.6 Tambor Secador

I. Secador de aire caliente. Luego de pasar por el tambor secador, la corriente pasa por un secador continuo de aire caliente, que trabajaría en un rango de temperatura $50^{\circ}\text{C} < T < 70^{\circ}\text{C}$.

Este secador serviría al mismo tiempo para realizar la última separación entre materiales. Se ha comprobado que la corriente de aire es capaz de arrastrar los trozos de PP. Aunque no se logra una separación perfecta, se sabe que la mayoría de compradores están satisfechos con una mezcla de PE que contenga hasta un máximo de 8% de PP. Se puede utilizar esta mezcla en moldeo por inyección, ya que las temperaturas de fusión no están muy alejadas.

6. ESTUDIO ECONÓMICO

6.1 Determinación del monto de capital de inversión

El capital es la inversión tangible y esta formado por costos de compra de equipo y costos de instalación.

6.1.1 Costos de equipo

Calcular los costos del equipo presenta una diferencia en cuanto al precio de bienes de consumo y aparatos, pues ha sido diseñado con características específicas para funcionar en este sistema.

El sistema tratado en este trabajo ha sido definido con sus características básicas, por lo que su precio puede ser determinado a través de información que se encuentra en literatura especializada, utilizando esta información para realizar los cálculos.

En este caso se han utilizado gráficas de precios promedio de equipos e índices económicos que corrigen el precio encontrado en las gráficas. Se han tomado valores de precios antiguos y se ha aplicado un índice correctivo que toma en cuenta las tendencias inflacionarias en la economía. La ecuación utilizada es la siguiente:

$$C_a = C_{82} \left(\frac{I_a}{I_{82}} \right)$$

Donde

C_a = Costo actual del equipo

C_{82} = Costo del equipo en 1982

I_a = Índice económico actual

I_{82} = Índice económico durante 1982

Por ejemplo, el precio de compra de equipo de cierta capacidad en 1982 es C_{82} , y el índice económico es I_{82} , sólo falta conocer el valor de este índice en la actualidad para evaluar la relación de escalación del precio. El índice de costo de 1982 se encuentra en las gráficas utilizadas (anexo 4); el índice actual se extrae de la prestigiosa revista "Chemical

Engineering”, que brinda estos factores económicos en forma quincenal; y pueden ser encontrados en edición electrónica de la revista¹³.

Tomemos como ejemplo el costo de la cortadora. Sabemos que la capacidad teórica será de 43.74 TM/8h aproximadamente. La gráfica 4-2 (anexo 4), tiene como referencia el flujo másico por segundo, el cual será de 1.52 kg/s. En la gráfica ubicamos el valor de flujo másico en el eje horizontal trazando una línea vertical que intercepte la curva correspondiente a cortadoras rotatorias, luego se traza una línea horizontal hacia la izquierda y se obtiene el precio.

6.1.2 Costos de Instalación

Teniendo los costos de compra del equipo, es necesario considerar también otras actividades previas a la operación, tales como transporte, cimentación, conexiones eléctricas, tuberías, oficinas y su equipo, mobiliario, etc.

Cuando se toman estos factores en cuenta, se observa que el costo de un proyecto es mayor que el simple costo de los equipos que forman el sistema.

En la planificación de proyectos, se utiliza como método para calcular el costo total la adición del costo de los equipos y multiplicar la suma por un factor de acuerdo al tipo de planta. Este factor oscila entre 3 y 5. Por ejemplo, una fábrica de papel que contiene maquinaria de precisión, la mayor parte del costo está en el equipo y la instalación es relativamente menos cara, por lo que el factor es pequeño. En una refinería de petróleo, los recipientes de proceso son más simples, pero se deben instalar muchas tuberías, instrumentos y equipos de control, con lo cual se hace más grande el factor. Para tomar en cuenta esta variabilidad, se sugieren factores de 3.9 para una planta que procese principalmente sólidos (por ejemplo una cementera), 4.1 para una que en su proceso maneje flujo de sólidos y líquidos (por ejemplo una planta de fertilizantes) y 4.8 para una planta que

¹³ <http://che.com>

7. EVALUACIÓN ECONOMICA

Determinar la inversión inicial es muy importante para la realización del proyecto, pero para saber si el sistema es viable económicamente debe ser evaluado con métodos que determinen el valor de la inversión. El parámetro a evaluar será el valor del capital de inversión será su valor en el tiempo, dado que para un inversionista es importante saber si su inversión rendirá ganancias en un tiempo prudencial.

Las técnicas a utilizar son la de *Valor Actual Neto* y *Tasa Interna de retorno*, siendo la primera una evaluación de inversión alternativa y la segunda la determinación del rendimiento de la inversión. En el cálculo del VAN se utilizará una tasa del 12%, que es vigente en el sistema financiero nacional para depósitos superiores al millón de colones. Como se vio antes ya calculamos la inversión tangible. Para realizar la evaluación es necesario conocer además los costos de producción, también llamados inversión intangible. A continuación se explican los criterios de determinación de los costos. Un cálculo incluyendo el VAN y la TIR se puede ver detallado en la tabla 7.2.

7.1 Costos de Producción

Personal

En la siguiente tabla se define el personal necesario y el salario correspondiente para el funcionamiento de la empresa.

Los gastos asociados por prestaciones, seguro social, AFP, etc. son los siguientes:

ISSS y AFP = 7.5% salario anual = ₡ 69,300

Aguinaldo = 15 días de trabajo = ₡ 38,500

Vacaciones = 10 días de trabajo + 30%(38,500) = ₡37,216.7

Total de Planilla anual = ₡ 1,069,016.7

Tabla 7.1 Personal

PUESTO	CANTIDAD	SALARIO UNIT. ¢	TOTAL
Gerente	1	7,000	7,000
Supervisor	1	4,000	4,000
Contador	1	4,000	4,000
Secretaria	1	2,500	2,500
Receptor Materia Prima	1	2,250	2,250
Recepción Materia Prima	5	2,000	10,000
Despachador	1	2,250	2,250
Despacho de ventas	5	2,000	10,000
Mecánico	1	3,500	3,500
Ayudante de mecánico	1	2,000	2,000
Electricista	1	3,500	3,500
Ayudante de electricista	1	2,000	2,000
<i>Línea de producción</i>			
Alimentación	3	2,000	6,000
Compactado	1	2,000	2,000
Cortado	1	2,000	2,000
Ciclón neumático	2	2,000	4,000
Tanques de lavado	2	2,000	4,000
Secador de tambor	2	2,000	4,000
Secador de convección	3	2,000	6,000
Total Mensual			77,000
Total Anual			924,000

Materia Prima

Según datos de la Gerencia de Saneamiento Ambiental, el plástico post-consumidor recolectado de los botaderos es vendido en un promedio de ¢0.70 por libra. Este dato será utilizado para calcular el costo anual.

Servicios

Se estima que se gastaría lo siguiente:

Teléfono	¢2,000
Agua	¢7,000
Electricidad	¢50,000
TOTAL MENSUAL	¢59,000
TOTAL ANUAL	¢708,000

Mantenimiento

Una reserva de ¢45,000 para mantenimiento se ha previsto.

Depreciación

La depreciación utilizada es lineal, distribuida en 4 años.

7.2 Ingresos por ventas

Durante 1998, se importaron al país 67.43 millones de kilos de polímeros en forma primaria por un valor de 494.16 millones de colones. Esto da un valor de 7,329 ¢/TM.

Siguiendo las pautas del mercado internacional de plástico reciclado, se venderá a un precio de 1940 ¢/TM (0.1 US\$/lb), no importando su tipo. Como se puede ver en el anexo 5, los precios de los materiales reciclados son los siguientes:

HDPE	0.18 - 0.23 US\$
LDPE	0.06 - 0.09 US\$
PP	0.07 - 0.12 US\$

7.3 VAN y TIR

En la tabla 7.2 se presenta un cálculo tomando en cuenta todos los parámetros anteriores. Los valores de VAN y TIR se han determinado utilizando funciones de hoja de cálculo.

Tabla 7.2 Determinación de VAN y TIR

Producción del Sistema		Observación			
Restricción del sistema	Cortadora	Es el que limita la capacidad del sistema			
Capacidad	43.78 TM				
Tasa de crecimiento población	1.57 % anual	Según datos de 1998			
Tasa de recolección (15%)	6.73 TM				
Tiempo de secado	10 minutos				
Tratado por hora	5.47 TM				
Máximo tratado por jornada de 8 h	43.78 TM				
Precio de venta	1940.40 colones/TM				
Producción de basura diaria					
Producción total en SS	573.84 TM				
Precio plástico virgen importado	7328.92 colones/TM	1998. Según Revista Trimestral Oct-Dic del BCR			
Año	2000	2001	2002	2003	2004
Producción diaria total SS (TM)	583	592	601	611	620
Producción de Plástico diaria (10%)	58	59	60	61	62
Recolección Máxima de Plástico diaria (80%)	47	47	48	49	50
VAN y TIR de acuerdo a eficiencia del sistema					
Eficiencia del proceso de producción	80%				
Tratamiento Máximo de Plástico diario	37	38	38	39	40
Tratamiento Máximo de Plástico anual	13,615	13,829	14,046	14,267	14,491
Ingreso por venta (colones)		¢ 26,834,025	¢ 27,255,320	¢ 27,683,228	¢ 28,117,855
Costos anuales de materia prima		-¢ 21,296,846	-¢ 21,631,206	-¢ 21,970,816	-¢ 22,315,758
Costos intangibles		-¢ 1,919,348	-¢ 1,919,348	-¢ 1,919,348	-¢ 1,919,348
Ganancia anual		¢ 3,617,832	¢ 3,704,766	¢ 3,793,064	¢ 3,882,749

Depreciación	¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805
Margen operativo	¢ 4,266,637	¢ 4,353,571	¢ 4,441,869	¢ 4,531,554
Impuestos de operación 25%	-¢ 1,066,659	-¢ 1,088,393	-¢ 1,110,467	-¢ 1,132,888
Utilidad neta	¢ 3,199,978	¢ 3,265,178	¢ 3,331,402	¢ 3,398,665
Depreciación	¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805
Utilidad neta (+) Depreciación	¢ 3,848,783	¢ 3,913,983	¢ 3,980,207	¢ 4,047,470
Capital de Inversión	-¢ 3,604,472			
Flujo de efectivo	-¢ 3,604,472	¢ 4,915,442	¢ 5,002,376	¢ 5,090,674

VAN ¢ 10,435,564

TIR 133%

Eficiencia del proceso de producción	70%				
Tratamiento Máximo de Plástico diario	33	33	34	34	35
Tratamiento Máximo de Plástico anual	11,913	12,100	12,290	12,483	12,679
Ingreso por venta (colones)	¢ 23,479,772	¢ 23,848,405	¢ 24,222,825	¢ 24,603,123	
Costos anuales de materia prima	-¢ 18,634,740	-¢ 18,927,305	-¢ 19,224,464	-¢ 19,526,288	
Costos intangibles	-¢ 1,919,348	-¢ 1,919,348	-¢ 1,919,348	-¢ 1,919,348	
Ganancia anual	¢ 2,925,684	¢ 3,001,751	¢ 3,079,013	¢ 3,157,487	
Depreciación	¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805	
Margen operativo	¢ 2,276,879	¢ 2,352,946	¢ 2,430,208	¢ 2,508,682	
Impuestos de operación 25%	-¢ 569,220	-¢ 588,237	-¢ 607,552	-¢ 627,170	
Utilidad neta	¢ 1,707,660	¢ 1,764,710	¢ 1,822,656	¢ 1,881,511	
Depreciación	¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805	
Utilidad neta (+) Depreciación	¢ 2,356,465	¢ 2,413,515	¢ 2,471,461	¢ 2,530,316	
Capital de Inversión	-¢ 3,604,472				
Flujo de efectivo	-¢ 3,604,472	¢ 2,925,684	¢ 3,001,751	¢ 3,079,013	¢ 3,157,487

VAN ¢ 4,999,057

TIR 74%

Eficiencia del proceso de producción	50%				
Tratamiento Máximo de Plástico diario	23	24	24	24	25
Tratamiento Máximo de Plástico anual	8,510	8,643	8,779	8,917	9,057
Ingreso por venta (colones)	¢ 16,771,266	¢ 17,034,575	¢ 17,302,018	¢ 17,573,659	
Costos anuales de materia prima	-¢ 13,310,528	-¢ 13,519,504	-¢ 13,731,760	-¢ 13,947,349	
Costos intangibles	-¢ 1,919,348	-¢ 1,919,348	-¢ 1,919,348	-¢ 1,919,348	
Ganancia anual	¢ 1,541,389	¢ 1,595,723	¢ 1,650,910	¢ 1,706,963	
Depreciación	¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805	
Margen operativo	¢ 892,584	¢ 946,918	¢ 1,002,105	¢ 1,058,158	
Impuestos de operación 25%	-¢ 223,146	-¢ 236,730	-¢ 250,526	-¢ 264,539	
Utilidad neta	¢ 669,438	¢ 710,189	¢ 751,578	¢ 793,618	
Depreciación	¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805	
Utilidad neta (+) Depreciación	¢ 1,318,243	¢ 1,358,993	¢ 1,400,383	¢ 1,442,423	
Capital de Inversión	-¢ 3,604,472				
Flujo de efectivo	-¢ 3,604,472	¢ 1,541,389	¢ 1,595,723	¢ 1,650,910	¢ 1,706,963

VAN ¢ 1,164,071

TIR 28%

Eficiencia del proceso de producción	39,7%				
Tratamiento Máximo de Plástico diario	19	19	19	19	20
Tratamiento Máximo de Plástico anual	6,757	6,863	6,970	7,080	7,191
Ingreso por venta (colones)		¢ 13,316,385	¢ 13,525,452	¢ 13,737,802	¢ 13,953,485
Costos anuales de materia prima		-¢ 10,568,560	-¢ 10,734,486	-¢ 10,903,017	-¢ 11,074,195
Costos intangibles		-¢ 1,919,348	-¢ 1,919,348	-¢ 1,919,348	-¢ 1,919,348
Ganancia anual		¢ 828,478	¢ 871,618	¢ 915,437	¢ 959,943
Depreciación		¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805
Margen operativo		¢ 179,673	¢ 222,813	¢ 266,632	¢ 311,138
Impuestos de operación 25%		-¢ 44,918	-¢ 55,703	-¢ 66,658	-¢ 77,784
Utilidad neta		¢ 134,754	¢ 167,110	¢ 199,974	¢ 233,353
Depreciación		¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805	¢ 648,805
Utilidad neta (+) Depreciación		¢ 783,559	¢ 815,915	¢ 848,779	¢ 882,158
Capital de Inversión	-¢ 3,604,472				
Flujo de efectivo	-¢ 3,604,472	¢ 828,478	¢ 871,618	¢ 915,437	¢ 959,943
VAN	-¢ 810,947				
TIR	-0%				

Se evalúa basados en eficiencia de tratamiento, tomando inicialmente el valor de 80%, en el que los valores de VAN y TIR son muy favorables para la inversión. Por todo lo expuesto al respecto de las experiencias de otros países se sabe que estas tasas de recolección y tratamiento no son comunes. Al tomar valores inferiores, se encuentra que el sistema debe manejar altos porcentajes de la producción diaria para operar con ganancias. Como puede observarse al llegar al 50% el VAN no es favorable y se tiene una TIR aceptable. Para el 40% de tratamiento se desvanece la factibilidad del proyecto.

Los valores de VAN y TIR para la inversión son muy favorables con alta eficiencia, como se puede ver, y es conveniente realizar la inversión si se tiene esto en cuenta. Con una eficiencia menor al 50%, el proyecto no es conveniente.

8. CONCLUSIONES

- A. Implantar un sistema para tratamiento de plástico de desecho es viable técnica y económicamente para la ciudad de San Salvador. No obstante, debe tenerse en cuenta que el sistema debe operar con alta eficiencia de recolección. Sin embargo, para tomar una decisión también es necesario considerar los costos que significa para nuestro país importar todos los años grandes cantidades de materia virgen y los costos indirectos que sufre nuestra sociedad al permitir la acumulación de desechos que son de relativa fácil recuperación.
- B. Los sistemas de reciclaje deben ser confeccionados "a la medida". No existe un patrón estándar para la composición de los desechos en las diferentes ciudades del mundo.
- C. Existen variados tipos de reciclaje, pero debe utilizarse cada uno de acuerdo al tipo de material que se este tratando.
- D. Las empresas nacionales están dispuestas a utilizar plástico reciclado como materia prima, tal como lo demuestran las declaraciones de las personas entrevistadas en Golden Alpha y CORLASA.

9. RECOMENDACIONES

- A. A corto plazo, la elaboración de una Ley específica que regule la generación de los desechos.
- B. La elaboración de ordenanzas municipales que contemplen el funcionamiento de empresas de reciclaje de plástico.
- C. La creación de líneas de crédito especiales para la industria del reciclaje.
- D. Un mayor acercamiento tecnológico de parte de nuestras universidades, con aquellas de países avanzados que poseen mayor tecnología y experiencia.

10. BIBLIOGRAFIA

LIBROS

1. Hegberg y otros. **"Tecnología para el Reciclaje de Plásticos Mezclados"** Corporación Noyes (1992)
2. Ulrich, G.D. **"Procesos de Ingeniería Química"** Editorial McGraw-Hill (1986)
3. Lund, Herbert F. **Manual McGraw-Hill de Reciclaje Vol. I.** Editorial McGraw-Hill (1998)
4. BODINI Gianni, CACCHI Pessani Franco. **Moldes y Máquinas de Inyección para la transformación de Plásticos.** Editorial McGraw-Hill de México (1992).

REVISTAS

1. Banco Central de Reserva. **Revista Trimestral - Octubre/Diciembre 1998** Publicado por la Gerencia de Estudios y Política Económica. San Salvador, El Salvador.
2. PennWell. **Prevención de la Contaminación** Volumen 6 , número 3. Junio/Julio de 1998
3. Greenpeace Centroamérica. **Manual Ciudadano sobre Desechos Sólidos.** Publicado por Greenpeace Centroamérica. 1998.

INTERNET

1. <http://www.plasticsresource.com>
2. <http://www.linatex.com>
3. <http://iridium.nttc.edu/env/doe/e/petty.html>
4. [http://www.plasticsnews.com/subscriber/price 5.html](http://www.plasticsnews.com/subscriber/price5.html)
5. <http://About.com>
6. <http://www.che.com>

11. GLOSARIO

Aditivo: Una sustancia añadida a una resina base para alterar las propiedades físicas o químicas de la misma.

Copolímero: Típicamente un polímero compuesto por dos distintos monómeros.

Corriente de Desechos: La cantidad total de material de desecho generada por una comunidad, región, planta, residencia privada, etc.

Desechos Industriales: Desperdicio generado por procesos de manufactura, tales como cortes o sobrantes. También productos reusables que ya no son necesarios tales como contenedores, señales, tarimas y envoltorios.

Desechos orgánicos: Materiales de origen animal y vegetal que sufren biodegradación o putrefacción bacteriana por efecto de la humedad, oxigenación, luz, etc. Pueden incluir desechos de alimentos, de mercados, de industrias alimenticias, etc.

Desechos sólidos: Cualquier materia sólida que es descargada, depositada, enterrada, diluida o vertida al medio ambiente, en cantidades tales que puede producir alteraciones a la calidad ambiental y la salud humana. Por su calidad pueden ser inocuos, peligrosos, patógenos, tóxicos o radioactivos. Por su origen pueden ser domiciliarios, industriales, agroindustriales, comerciales u hospitalarios. Por su tipo pueden ser orgánicos, plásticos, papel, vidrio, metales, etc. Pueden ser biodegradables o no.

Desechos Sólidos municipales: Desperdicios provenientes de hogares, negocios e industria dentro de una ciudad.

Desperdicio Pre-Consumidor: Averías y desechos creados durante procesos de manufactura, tal como el plástico que es cortado después de la extrusión.

Desperdicio Post-Consumidor: Materiales usados, tales como botellas vacías de detergente y latas de aluminio, que van en la basura si no son reciclados.

Esfuerzo de compresión: La máxima carga que puede soportar por una probeta en una prueba de compresión dividido por el área transversal de la probeta

Homopolímero: Un polímero resultante de la polimerización de un sólo monómero, un polímero que consiste de un sólo tipo de monómero.

Materiales Mezclados: Reciclables mezclados, tales como botellas plásticas con vidrio y contenedores metálicos. Los materiales mezclados requieren clasificación después de la recolección.

Materiales vírgenes: Cualquier material básico para procesamiento industrial que no ha sido utilizado previamente, tales como resinas de petróleo para fabricación de plástico, construcciones de hierro o acero, pulpa de madera o papel.

Monómero: Un compuesto que contiene típicamente carbón y tiene bajo peso molecular (comparado con el peso molecular de los plásticos), que puede reaccionar para formar un polímero por la combinación de sí mismo con otros compuestos similares.

Parison: Un tubo hueco u otras preformas de termoplástico, que es inflado dentro de un molde en un proceso de moldeo por soplado. En nuestro país también conocido como “macarrón”.

Relleno sanitario: Un área donde los desperdicios son botados, luego enterrados por una capa de tierra. Los rellenos están usualmente equipados con un capa impermeable para reducir la contaminación del agua y la tierra con lixiviados.

ANEXO 1
DATOS OBTENIDOS DE
GERENCIA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL

Cuestionario para Alcaldía de San Salvador - Gerencia de Saneamiento Ambiental

Persona Entrevistada: Srita. Claudia Beatriz Ramírez Lazo

Cargo: Asistente de la Gerencia

1. ¿Qué cantidad de desechos sólidos se generan actualmente en San Salvador?

530 TM diarias

2. ¿Qué porcentaje de ésta es posible manejar con el actual sistema de recolección?

78.16%

3. ¿Cuál es la capacidad de los camiones?

7 TM cada uno. Existe una flota de 96 unidades, pero sólo funcionan 44.

4. Clasificación de los desechos recolectados:

Categoría	Cantidad kg	% peso	% volumen
Materia Orgánica			
Papel	VER EN PÁGINAS	SIGUIENTES	
Plástico			
Vidrio			
Metales			
Otros			
TOTAL			

5. Clasificación del origen de los desechos de la ciudad

Domiciliar	% VER EN PÁGINAS SIGUIENTES
Industrial	%
Comercial	%
Desperdicios callejeros	%

6. ¿Existe algún plan de la alcaldía para incentivar empresas que trabajen con desechos sólidos (plásticos)?

No, lo que se ha hecho hasta ahora es lanzar campañas en conjunto con las empresas

7. ¿Se ha contemplado la creación de reglamentos específicos para la separación de basura en los hogares?

No, lo único que existe es el reglamento de saneamiento ambiental, que regula la operación de la unidad. Actualmente la asamblea legislativa elabora un reglamento para el manejo de desechos sólidos.

8. Observaciones adicionales

Existen tres empresas que reciclan plástico: SALVAPLASTIC, Roxy y El Panda. Salvaplastic sólo recibe polietileno de 500 kg en adelante, limpio y homogéneo. Roxy recibe material limpio. El Panda recolecta cualquier tipo de desecho.

4-15

Problemática actual

5. SITUACION ACTUAL DEL TRATAMIENTO MEDIO

5-1

Datos de su composición si los hay, desechos orgánicos, papeles, plástico, vidrio, metales, maderas, trapos y otros.

DATOS DE NOV/97

Plástico: 10%

Textiles y cuero 2%

Vidrio 6%

Metales 2%

Cartón y papel 16%

Otros 5%

Orgánico 59%

5-2

Materiales objetos de reciclaje: Botellas, latas, papeles, otros.

Los que se mencionan a demás de vidrios, plásticos y metales como el cobre.

5-3

Mercado de reciclaje: La escala de los mercados, su estabilidad, existencia de los destinatarios de los materiales recuperados, sus precios y calidad.

PRECIOS:

Aluminio	¢1.50 lb.
Bronce	¢2.00 lb.
Cobre	¢3.00 lb.
Lata	¢2.00 lb.
Radiador de bronce	¢2.00 lkb.
Papel periódico	¢1.75 unidad
Cartón	¢348.00 tonelada
Plástico	¢0.70 lb.

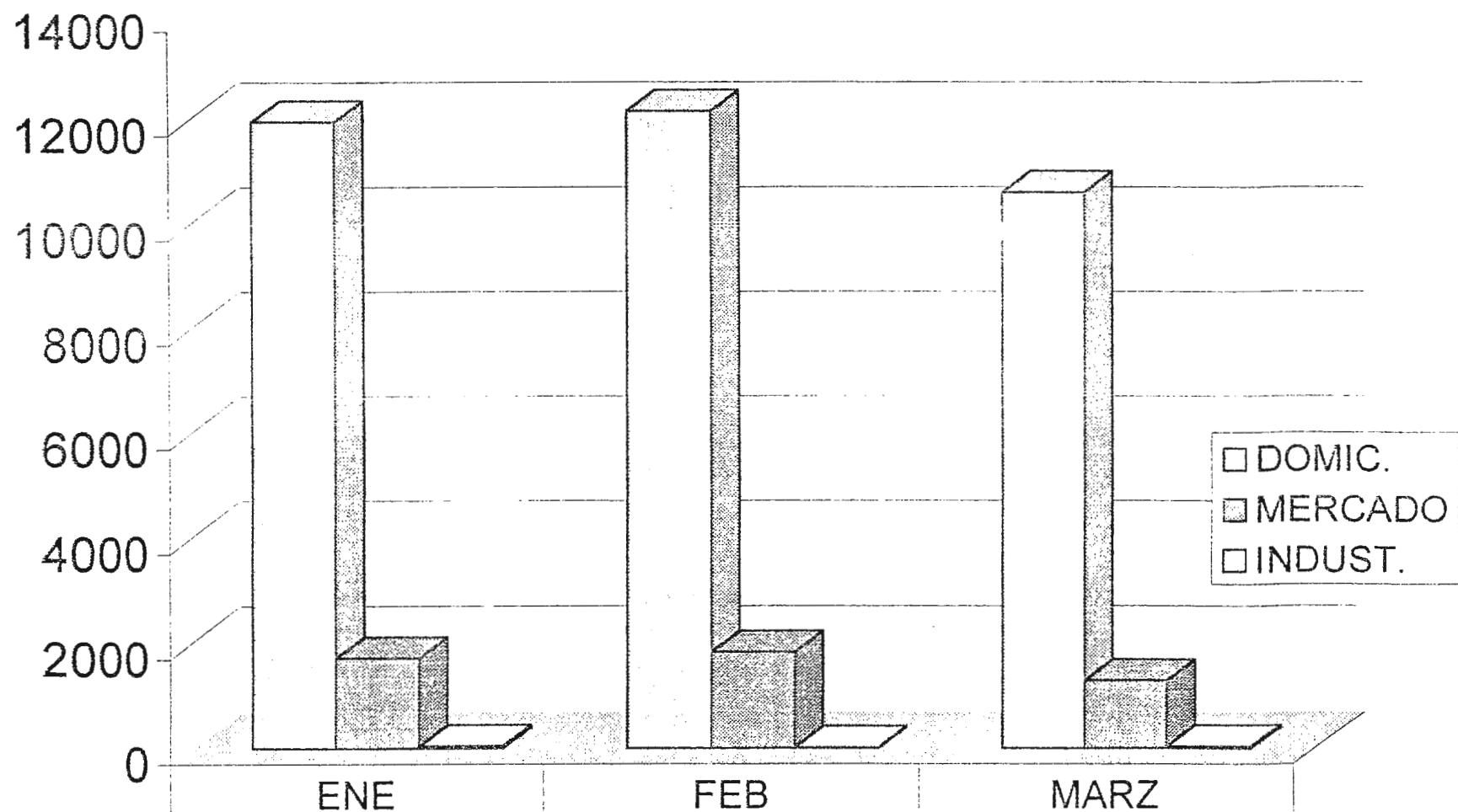
MUNICIPIO DEL AREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR Y ALEDAÑOS	POBLACION PROYECTADA Tasa= 3%	PRODUCCION POR HABITANTE AL DIA	CANTIDAD DE BASURA	CANTIDAD DE BASURA RECOLECTADA	% RECOLECTADA	% NO RECOLECTADA	SE DEJA DE RECOLECTAR
	1998	KGS./HAB./DIA	TON/DIA	TON/DIA			TON/DIA
	A	B	C= AxB	D	E= D/C x100	F= 100-E	G= C-D
1 San Salvador	495,944	1.16	573.84	448.52	78.16%	21.84%	125.32
2 Soyapango	311,793	0.64	198.58	113.83	57.32%	42.68%	84.75
3 Mejicanos	172,964	0.64	110.16	66.50	60.37%	39.63%	43.66
4 Nueva San Salvador	135,761	0.64	86.47	73.14	84.58%	15.42%	13.33
5 Ciudad Delgado	131,182	0.64	83.55	29.03	34.74%	65.26%	54.52
6 Apopa	130,365	0.64	83.03	43.38	52.24%	47.76%	39.65
7 Ilopango	108,221	0.64	68.93	40.66	58.98%	41.02%	28.27
8 Cuscatancingo	68,640	0.64	43.72	24.82	56.78%	43.22%	18.89
9 San Marcos	71,539	0.64	45.56	29.50	64.75%	35.25%	16.06
10 San Martin	67,499	0.64	42.99	40.00	93.04%	6.96%	2.99
11 Antiguo Cuscatlán	33,656	0.64	21.44	20.50	95.63%	4.37%	0.94
12 Nejapa	28,527	0.64	18.17	17.90	98.52%	1.48%	0.27
13 Ayutuxtepeque	28,430	0.64	18.11	18.01	99.46%	0.54%	0.10

T O T A L E S	1,784,521		1394.55	965.78			428.77
NIVEL DE EFICIENCIA					69.25%	30.75%	

*Aledaños

D=Datos obtenidos en el campo y la capacidad actual de equipos

DETALLE DE TIPO DE BASURA RECOLECTADA EN AMSS EN 1999



□ DOMIC.

11964.6

12162.5

10608.6

■ MERCADO

1716.9

1827.6

1284.7

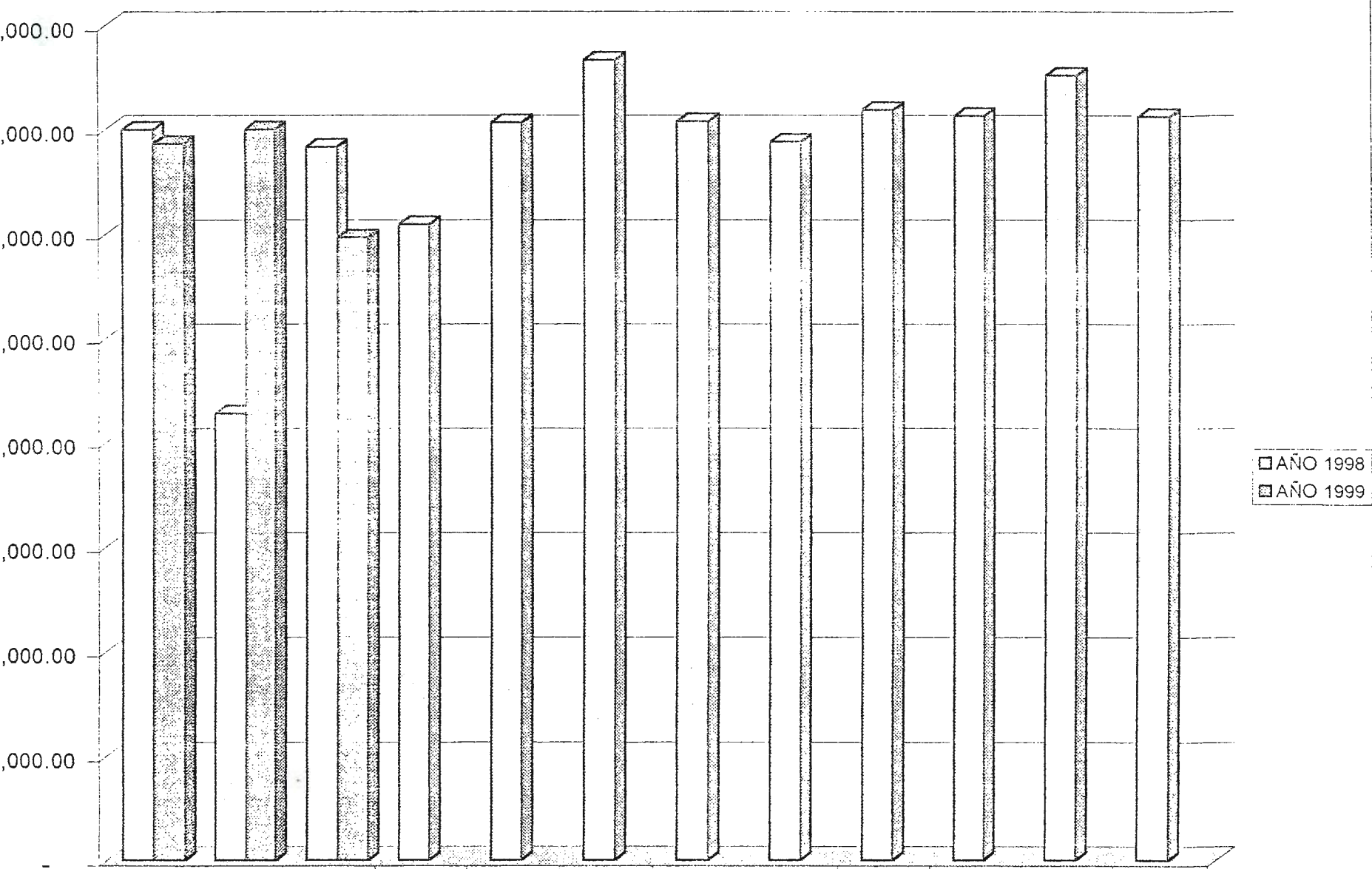
□ INDUST.

39.7

9.3

31.8

1999

[illegible]

ANEXO 2
INFORMACION BRINDADA POR COMPAÑÍAS
FABRICANTES DE OBJETOS PLÁSTICOS

Guazapa, 27 de Abril de 1999

Ing. Roberto Melhado G.
Golden Alpha, S.A. de C.V.

Fax: 294-8118

Ref.: Reciclaje de Plástico

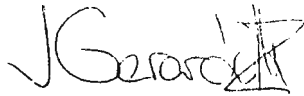
Estimado ingeniero:

Cordiales saludos. Agradezco su pronta respuesta y disposición a brindar información.

En el anexo puede usted encontrar un cuestionario que contiene las necesidades de información. Me parece que será mejor si usted lo responde y lo reenvía a nuestro fax (324-0087), sé que usted es una persona muy ocupada y llenar este pequeño cuestionario le entorpecería menos su trabajo que una visita.

De nuevo agradezco su ayuda.

Atentamente,



Julio Gerardo Martínez M.
Asistente de Proyectos
Planta Guazapa

Guazapa, 27 de Abril de 1999

Ing. Enzo Bizzarro
CORLASA
Grupo Agrisal

Fax: 227-3539

Ref.: Reciclaje de Plástico

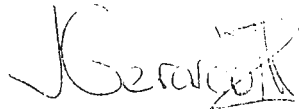
Estimado ingeniero:

Cordiales saludos. Agradezco su pronta respuesta y disposición a brindar información.

En el anexo puede usted encontrar un cuestionario que contiene las necesidades de información. Me parece que será mejor si usted lo responde y lo reenvía a nuestro fax (324-0087), sé que usted es una persona muy ocupada y llenar este pequeño cuestionario le entorpecería menos su trabajo que una visita.

De nuevo agradezco su ayuda.

Atentamente,



Julio Gerardo Martínez M.
Asistente de Proyectos
Planta Guazapa

Cuestionario para Empresas Relacionadas con la Fabricación de Objetos Plásticos

Compañía: _____

Persona entrevistada: _____

Cargo: _____

1. ¿Qué productos elabora su empresa?

2. ¿Qué tipo de plásticos utiliza?

PET () HDPE () V () LDPE () PP () PS ()

Otros: _____

3. ¿Qué capacidad posee su empresa?

4. ¿De dónde importa usted su materia prima?

5. ¿Cuáles son las características más importantes de su materia prima? ¿Tiene algún rango de tolerancia?

6. ¿Qué tipo de procesos utiliza en la fabricación de sus productos?

Extrusión () Pultrusión () Moldeo por soplado () Termoformado ()

Moldeo por inyección () Moldeo por compresión () Moldeo por transferencia ()

Moldeo rotacional ()

7. ¿Cuál es el destino de su material de desperdicio?

8. ¿Reciclan ustedes su desperdicio de procesos? Por favor describa el proceso brevemente.

9. ¿Estarían dispuestos a utilizar plástico reciclado? ¿Bajo qué condiciones?

Sí _____ No _____ ¿Por qué? _____

Condiciones: _____

10. Porcentaje del costo de la materia virgen que estarían dispuestos a pagar por materia prima reciclada. _____ %

11. Observaciones adicionales

Guazapa, 27 de Abril de 1999

Ing. Roberto Melhado G.
Golden Alpha, S.A. de C.V.

Fax: 294-8118

Ref.: Reciclaje de Plástico

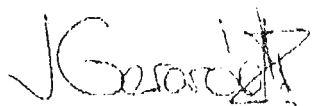
Estimado ingeniero:

Cordiales saludos. Agradezco su pronta respuesta y disposición a brindar información.

En el anexo puede usted encontrar un cuestionario que contiene las necesidades de información. Me parece que será mejor si usted lo responde y lo reenvía a nuestro fax (324-0087). Sé que usted es una persona muy ocupada, pero este pequeño cuestionario le entorpecería menos su trabajo que una visita.

De nuevo agradezco su ayuda.

Atentamente,



Julio Gerardo Martínez M.
Asistente de Proyectos
Planta Guazapa

FAX 324 0087
Con gusto y
de inmediato
Roberto Melhado
Guazapa 27 Ab 99
5:30 p.m.

MM	28	ABR. 1999	TA
PRO			CLI
LB	PROYECTO	GLR	BD

Cuestionario para Empresas Relacionadas con la Fabricación de Objetos Plásticos

Compañía: Golden Alpha

Persona entrevistada: José Roberto Melhado Guillen

Cargo: Gerente de Ventas (Ingeniero Químico)

1. ¿Qué productos elabora su empresa?

ENVASES PET, PREFORMAS PET

ADemás EL GRUPO Golden Alpha ensambla y vende INYECTORAS
SOPLADORAS MANUALES Y AUTOMATIZADAS, APAROS Y EQUIPOS
REFRIGERANTES

2. ¿Qué tipo de plásticos utiliza?

PET (X) HDPE () V () LDPE () PP () PS ()

Otros:

3. ¿Qué capacidad posee su empresa?

PARA CUBRIR BUENA PARTE DEL MERCADO CENTROAMERICANO

4. ¿De dónde importa usted su materia prima?

COLOMBIA

5. ¿Cuáles son las características más importantes de su materia prima? ¿tiene algún rango de tolerancia?

LA VISCOSIDAD INTRÍNSICA Y EL NIVEL DE ACIDALIDAD (Regla de los viscosímetros)

6. ¿Qué tipo de procesos utiliza en la fabricación de sus productos?

Extrusión () Pultrusión () Moldeo por soplado (X) Termoformado ()

Moldeo por inyección (X) Moldeo por compresión () Moldeo por transferencia ()

Moldeo rotacional ()

7. ¿Cuál es el destino de su material de desperdicio?

RECICLAJE INTERNO

8. ¿Reciclan ustedes su desperdicio de procesos? Por favor describa el proceso brevemente.

RESINA PET - INYECTA A MOLDE -> PREFORMAS

PREFORMAS + CALOR + SOPLO + MOLDE -> ENVASES

9. ¿Estarian dispuestos a utilizar plástico reciclado bajo que condiciones?

Si X No ¿Por qué? ES UN BUEN RECURSO

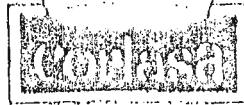
Condiciones: QUE SU USO FINAL NO SEA PARA CONSUMO HUMANO INGERIBLE
U ALIMENTICIO

10. Porcentaje del costo de la materia virgen que estarían dispuestos a pagar por materia prima reciclada. 15 %

11. Observaciones adicionales

EN APLICACIONES TALES COMO LIMPIADORES, DESINFECTANTES,
PRODUCTOS QUÍMICOS, ADHESIVOS,
PERO NUNCA EN AGUA, CERVEZAS, REFRESCOS, MEDICINAS, ALIMENTOS
HOSPITALARIOS, ETC.

POR RECICLADO PARA NUESTRA PLANTA ES DESPERDICIO DE
MATERIAS SIN SER CONTINUADO DE PRODUCTO INTERNOAMENTE
—SOLO FUE TRANSFORMADO POR PRESION Y TEMPERATURA
SU PRODUCTO.



CORCHO Y LATA, S.A.

FAX TRANSMISSION

FECHA : 28 de abril de 1999

PARA : Sr. Julio Gerardo Martínez **DE** : Enzo Bizzarro
CIA. : Grupo Agrleal

No. DE FAX : 324-0087 **Total de Páginas:** 2 pag.

Asunto : Respuesta a cuestionario

=====

Estimado Sr. Martínez:

Por medio del presente fax le estoy enviando la respuesta al cuestionario que Usted nos ha enviado. Espero que la información enviada sea de ayuda.

Atentamente,

Enzo Bizzarro
Gcia. Aeropet

Cuestionario para Empresas Relacionadas con la Fabricación de Objetos Plásticos

Compañía: Cerezo y Latorre S.A.Persona entrevistada: Enzo BizarroCargo: Gerente Producción DEBOPUS

1. ¿Qué productos elabora su empresa?

Tapas Cerezo, Envasa de Metal (línea central y
normal), Refrescos, bebidas, Envasa de PET y
Cajas de Plástico y Cajas de aluminio

2. ¿Qué tipo de plásticos utiliza?

PET (☒) HDPE (☒) V (☐) LDPE (☒) PP (☒) PS (☐)

Otros:

3. ¿Qué capacidad posee su empresa?

?

4. ¿De dónde importa usted su materia prima?

EE UU y México

5. ¿Cuáles son las características más importantes de su materia prima? ¿Tiene algún rango de tolerancia?

HDPE, LDPE: MulticoatPET: 23 camadas perfectas, espesor y acabado, % humedad

6. ¿Qué tipo de procesos utiliza en la fabricación de sus productos?

Extrusión (☐) Pultrusión (☐) Moldeo por soplado (☒) Termoformado (☐)Moldes por inyección (☒) Moldeo por compresión (☐) Moldeo por transferencia (☐)Moldeo rotacional (☐)

7. ¿Cuál es el destino de su material de desperdicio?

Reciclaje

8. ¿Reciclan ustedes su desperdicio de procesos? Por favor describa el proceso brevemente.

Unicamente se da los residuos plásticos,
el cual se lleva a un molino y luego se utiliza
en cantidad pequeña para fabricar nuevos productos

9. ¿Estarían dispuestos a utilizar plástico reciclado? ¿Bajo qué condiciones?

Si ☒ No ☐ ¿Por qué? Siempre y cuando sea de buena calidadCondiciones: Debe haber un molino, un molino de plástico y un molino
de aluminio10. Porcentaje del costo de la materia virgen que estarían dispuestos a pagar por materia prima reciclada. 30 %

11. Observaciones adicionales

- La utilización de reciclado depende de la calidad
y del tipo de producto que se va a utilizar

ANEXO 3
RESULTADOS DE PROGRAMA DE EVALUACIÓN POR
COMPUTADORA DE SEPARADOR CICLONICOS

by	CYCLONE DESIGN AND ANALYSIS						
	Esco Engineering						
	179 Lansdowne Avenue,						
	Kingsville, Ontario N9Y 3J2 Canada						
	ph	519 733 3122	Revisions				
	fax	519 733 6094	26.nov.98	Corrected error in cell D14 on efficiency sheets			
Contact:	Neil Stone, Chief Engineer		18.ene.99	Added diagram			
	e-mail jnstone@mnsi.net		03.abr.99	Corrected cell O7, Efficiency 1 - thanks to Laercio Frare for pointing out this error			
	Website www.mnsi.net/~pas/esco.htm						

Copyright 1987 by John Neil Stone. All rights reserved.
May be redistributed free of charge, but may not be sold without the author's explicit permission.
Provided "as is" without warranty of any kind.

HOW TO USE THIS SPREADSHEET

NOTE: This spreadsheet is for the use of knowledgeable professionals, capable of evaluating the accuracy of the results. The author is not responsible for the use to which these results are put.

- The 'Cyclone size' sheet calculates dimensions for various standard cyclones.
Enter the flow rate, design inlet velocity and gas density in the colored squares
and the sheet will give dimensions for five standard cyclones - two high efficiency, and
three low efficiency. The table also gives the predicted pressure drop, but be aware that this is a
very uncertain calculation (see original references). See 'Diagram' sheet for nomenclature.
- Two methods are provided for calculating cyclone efficiency. You can calculate both, and
compare the results on the chart. Both sheets are set up with the same layout, so data can be copied
between sheets easily.
- The efficiency calculation requires particle size data, cyclone dimensions, and physical property
data for the gas and the solids. The calculation assumes that the size distribution of the particles
is log normally distributed. The sheet is set up so that you can enter either the mean and standard
deviation of the log normal distribution, or the particle size data, from which these data are then calculated.
- Procedure for efficiency calculations:
 - Enter the cyclone dimensions in cells D4 to D11. If you have calculated these using this
spreadsheet, the values in cells I3 to 20 for the selected cyclone design can be directly copied
into D4 to D11. NOTE: Paste special the values - do not just copy the cells
 - Enter the gas property data in cells D18 to D21.
 - Enter the particulate data in cells D26 to D29. If you enter the mean and standard deviation, and
select 'N' for cell D28, then the overall efficiency is immediately given in cell H15, and the inlet and
outlet size distributions are given in cells O21 to O41 and R21 to R41.
 - If you want to use the size distribution method, enter 'Y' in cell D28, and then the range limits starting in
cell N50 and the corresponding % in range starting in O50. If you want to use more than nine ranges, you
can extend these columns to as many rows as you want - just remember to copy the formulae
in columns M and P through T into any rows that you add.
After entering the size distribution data, You have to run the regression tool. Choose the 'Tools' menu
then 'Data Analysis' then 'Regression'. For the 'X' value pick all the values in column Q, starting in Q50;
for the 'Y' values, pick all the values in column T, starting in T50. For the 'Output range' enter V48. You will
get a message saying results will overwrite cells - pick OK.
Once the regression is done, the results are available, as described in c) above
- The chart sheet graphs the penetration (col P = 1 - fractional efficiency) against particle size for the two efficiency
calculation methods. CAUTION: The two efficiency sheets are not linked, so make sure they are both calculating
from the same data if you want to compare the two efficiency calculations!
- The spreadsheet is protected in order to prevent accidental overwriting of the formulae.
However, there is no password needed to unprotect it, so you can freely adapt it to suit your purposes.

Cyclone size

CALCULATE DIMENSIONS FOR CYCLONE				NOTES		Sheet 1 is for sizing			
						Sheets 2/3 are for efficiency (alternates)			
						Sheet 4 are charts of results of sheets 2/3			
Flow rate	Q	cfm	1000						
Design inlet vel	vi	fps	20						
Gas density	rg	pcf	0.073						
Inlet area		sf	0.50						
Dimensions				Type					
				Stairmand	Swift	Lapple	Swift	Peterson/Whitby	
				HE	HE	LE	LE	LE	
Dia	D	ft	2.24	2.33	2.00	2.00	2.03		
Inlet ht	a	in	13.42	12.28	12.00	12.00	14.21	Copy one col of outline data (copy values only) to efficiency sheet.	
Inlet width	b	in	5.37	5.86	6.00	6.00	5.07		
Outlet length	S	ft	1.12	1.16	1.25	1.20	1.18		
Outlet dia	De	in	13.42	11.17	12.00	12.00	12.18		
Cylinder ht	h	ft	3.35	3.26	4.00	3.50	2.71		
Overall ht	H	ft	8.94	9.07	8.00	7.50	6.44		
Dust outlet dia	B	in	10.06	11.17	6.00	9.60	12.18		
# vel hds	Nh		5.14	4.87	4.49	4.69	4.77		
Press drop, no NV		" wc	0.45	0.43	0.39	0.41	0.42		
Press drop, with NV		" wc	0.21	0.20	0.18	0.19	0.20		
Cyclone data from "New design approach boosts cyclone efficiency", W.H.Koch and W.Licht, Chem Eng Nov 7 1977, 80									
Pressure drop vel head correlation from "A better way to calculate cyclone pressure drop" J.Casal and J.M. Martinez-Benet, Chem Eng, Jan 24, 1983, 99									

CALCULATE EFFICIENCY FOR CYCLONE (method 1)								
Geometry				Limits/warnings				
Dia	D	ft	2.24					
Inlet ht	a	in	13.42					
Inlet width	b	in	5.37					
Outlet length	S	ft	1.12					
Outlet dia	De	in	13.42					
Cylinder ht	h	ft	3.35					
Overall ht	H	ft	8.94					
Dust outlet dia	B	in	10.06					
Natural length	L	ft	5.54					
# vel hds	Nh		5.14					
Press drop, no NV	" wc		1.25					
Press drop, with NV	" wc		0.59		Overall efficiency	77.1		
Gas data								
Flow rate	Q	acfm	1000	16.666667	cfs			
Density	rg	pcf	0.073	0.073	air @ 1 atm, spec'd temp			
Viscosity	u	cP	0.010	6.72E-06	lb/f-s			
Temperature	T	°F	80					
Salt. temp fact	fT		1					
Salt dens. fact	fp		1					
Particle data				Value used				
Log mean dia	dp	um	9	0.1158687				
Log SD	sd	um	5	4.5841769				
Use distribution? (Y/N)		y			If yes, run regression - adjust input range			
Specific gravity			0.93	58.032	pcf			
References								
Efficiency from "New design approach boosts cyclone efficiency",								
W.H.Koch and W.Licht, Chem Eng Nov 7 1977, 80								
Pressure drop vel head correlation from "A better way to calculate cyclone pressure								
drop" J.Casal and J.M. Martinez-Benet, Chem Eng, Jan 24, 1983, 99								
Statistical correlation constants								
2.515517								
0.802853								
0.010328								
1.432788								
0.189269								
0.001308								

ANEXO 4
GRAFICAS DE PRECIOS DEL EQUIPO

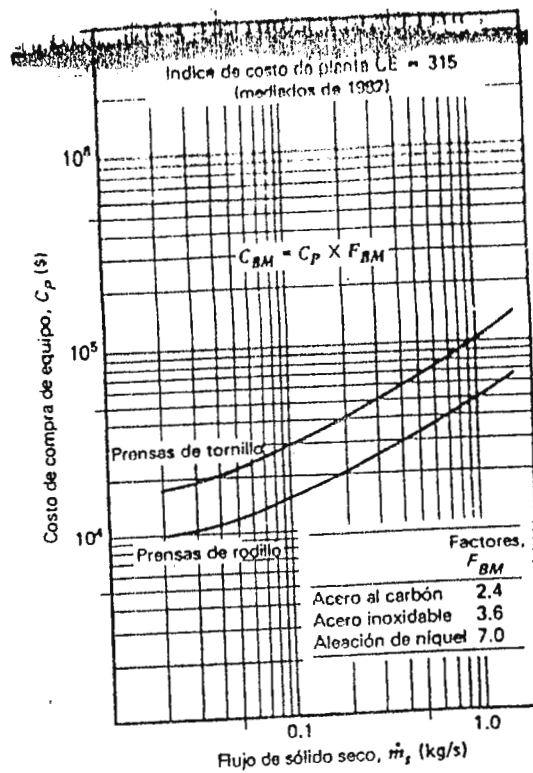


Figura 3-1 Gráfica de costos de compactadora

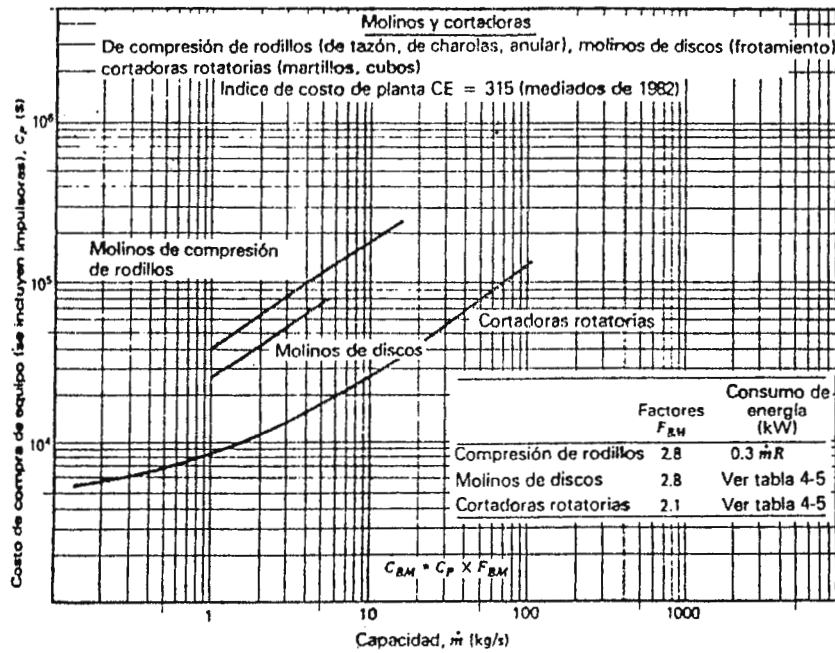


Figura 3-2 Gráfica de costos de cortadora

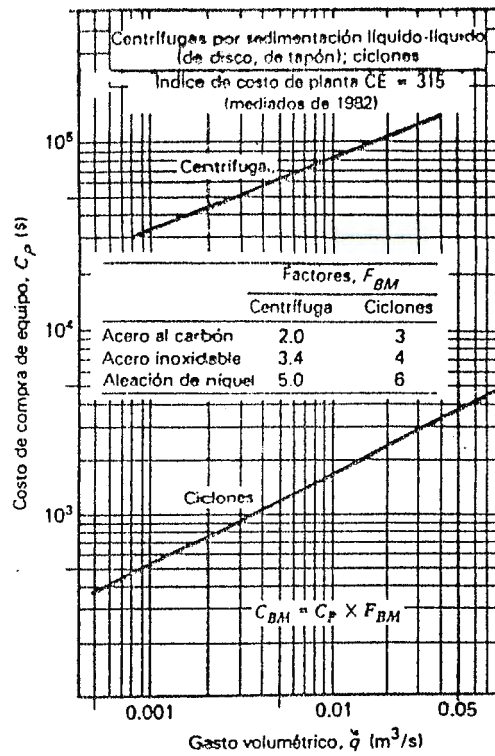


Figura 3-3 Gráfica de costos de Ciclón neumático

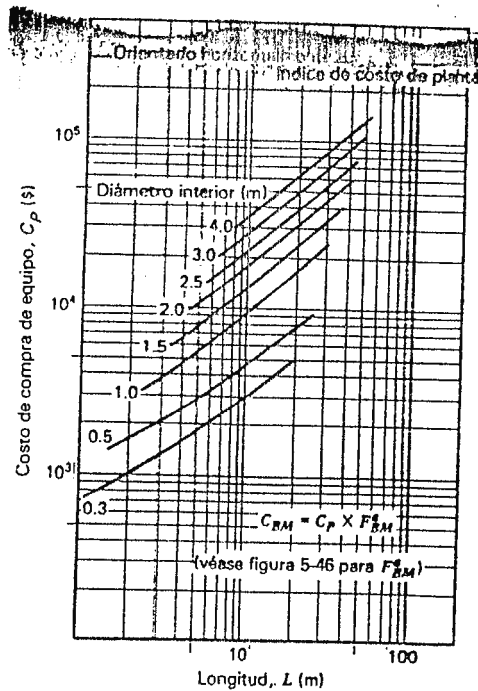


Figura 3-4 Gráfica de costos de tanques de lavado

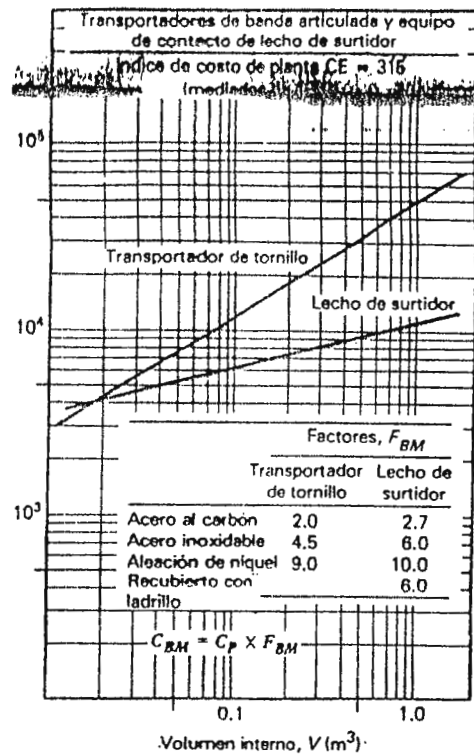


Figura 3-5 Gráfica de costos de tanque de agitación

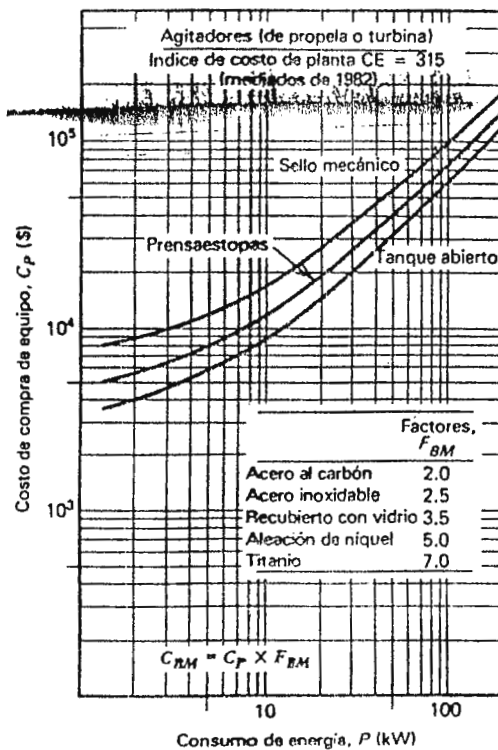


Figura 3-6 Gráfica de costos de agitador

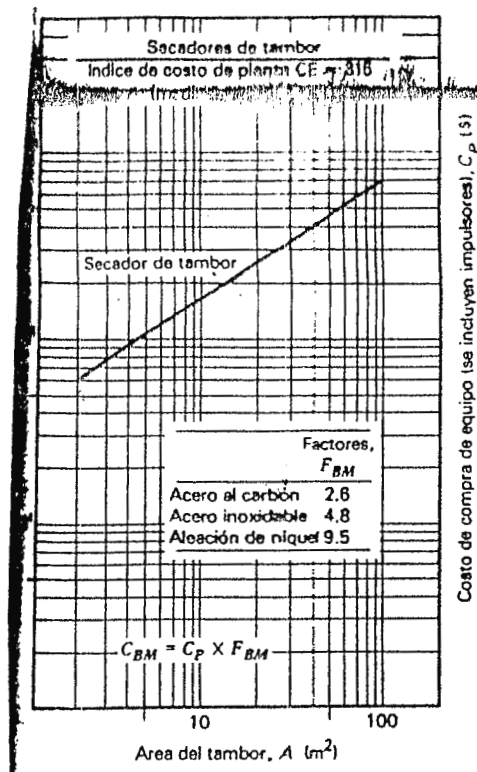


Figura 3-7 Gráfica de costos de Tambor secador

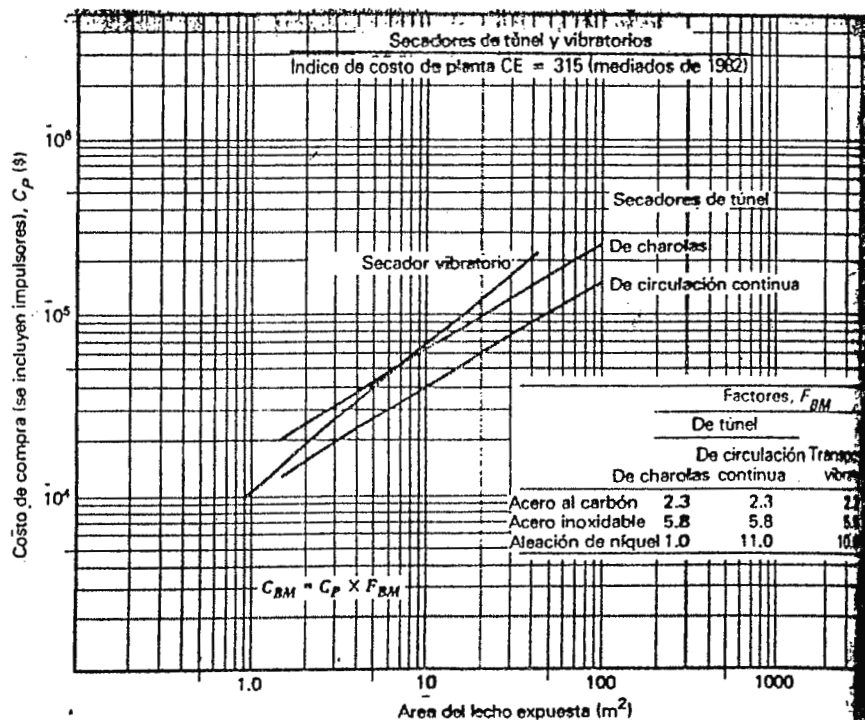


Figura 3-8 Gráfica de costos de secador aire caliente

ANEXO 5
PRECIOS EN EL MERCADO DE
PLÁSTICOS RECICLADOS



EJ Network, Inc.

PLASTICS NEWS
ON THE WEB

- ▶ Contents
- ▶ Today's News
- ▶ Recent News
- ▶ Supplier Search
- ▶ Resin Pricing
- ▶ Classifieds
- ▶ Story Archives
- ▶ Rankings & Lists
- ▶ Features
- ▶ Databook
- ▶ Marketplace
- ▶ Opinion
- ▶ Stock Index
- ▶ Web Watch
- ▶ Industry Links
- ▶ Contact Us

Resin Pricing

RECYCLED PLASTICS

Last updated: July 29, 1999

Resin/Grade	Clean regrind or flake	Pellets
ABS		
Mixed colors, industrial	24 - 29	36 - 41
POLYCARBONATE		
Clear, industrial	70 - 75	--
Mixed colors, industrial	30 - 35	45 - 50
POLYETHYLENE		
HDPE bottles:		
Natural, post-consumer	19 - 25	28 - 36
Mixed colors, post-consumer	18 - 23	25 - 29
Mixed colors, industrial	16 - 21	23 - 28
HMW-HDPE film, post-consumer	--	18 - 23
LLDPE stretch film	--	20 - 25
LDPE film:		
Clear, post-consumer	--	18 - 23
Colored, post-consumer	6 - 9	16 - 21
PET BOTTLES		
Clear, post-consumer	26 - 34	36 - 44
Green, post-consumer	20 - 28	28 - 36
POLYPROPYLENE		
Industrial	7 - 12	14 - 19
POLYSTYRENE		
Industrial	25 - 30	35 - 40
High-heat crystal, post-consumer	15 - 20	26 - 31
PVC		
Clear, industrial	13 - 21	--

Prices are in U.S. cents per pound for prime resin, unfilled, natural color, FOB supplier, unless otherwise indicated.

UP indicates a market-price **increase** in our chart in the past week.

DN indicates a market-price **decrease** in our chart in the past week.

P indicates a price increase for that material is **pending**.
C indicates a **correction** in the published price.

Prices are generated from interviews with North American buyers and suppliers. The information provided is based on sources believed to be reliable but its accuracy or timeliness is not guaranteed and no warranties of any kind are provided. *Plastics News* does not intend to specify the price of the materials listed. For price quotes on specific materials, contact the supplier.

Be sure to check this site's Today's Headlines page for the latest resin pricing news!

For pricing information on recycled resins, call *Plastics News* reporter Sarah Smith at (330) 865-6157, or fax her at (330) 836-2322.

[[Top of Page](#) | [Contact Us](#) | [Today's News](#)]

*Entire contents copyright 1999 by Crain Communications Inc.
All rights reserved.
[Terms & Conditions](#)*

For information about this web site contact webmaster@plasticsnews.com
908-879-9565 ext 23