

107
29.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

EL RECICLADO DEL PET BOTELLA, A TRAVÉS DEL REDISEÑO
DE UN MOLINO CONVENCIONAL.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

ALEJANDRO ROMERO RODRIGUEZ

ASESOR: M.I. FELIPE DÍAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ.

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1998.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

267998



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen Garcia Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

El reciclado del PET. Botella, a través del Rediseño de un Molino Convencional.

que presenta el pasante: Alejandro Romero Rodríguez
con número de cuenta: 9115624-4 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 15 de Octubre de 199 8

PRESIDENTE Ing. Enrique Cortés González [Firma]

VOCAL Ing. Jesús García Lira [Firma]

SECRETARIO M. en I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez [Firma]

PRIMER SUPLENTE Ing. Gerardo Mava Gómez [Firma] 16/10/95.

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Sergio M. Durán Guerrero. [Firma]

A mi padre:

José Trinidad Romero Sánchez.

Por ser un amigo, antes de ser padre,
y enseñarme que todas las metas que
uno se propone se logran a base de -
esfuerzo y dedicación, por impulsarme
día a día con tu cariño y consejos.

Con amor y agradecimiento, siendo mi
triunfo el tuyo.

A mi madre:

Ma. de los Angeles Rodríguez de Romero.

Por todo el amor y cuidados que me das
a diario, por toda la paciencia que me -
has tenido y el apoyo que me brindas a-
cada instante. Gracias por ser una madre
ejemplar y por dar me el mejor de los re-
galos, que es la vida.

Con amor y respeto, gracias por darme -
una profesión.

A mi hermano:

José Alberto Romero Rodríguez.

Por tu amistad y apoyo incondicional,
gracias por ser un gran amigo, no
olvides que puedes contar conmigo -
por siempre.

A mis abuelos:

Olga Sánchez Trejo

† José Trinidad Romero Tovar

Por todos los cuidados y cariño que siempre me han dado, y todo lo que me han enseñado a lo largo de los años.

Gracias por todo.

A mis abuelos:

† Nicolasa Díaz Madrid

Santiago Rodríguez Rodríguez

Por todas las atenciones y consejos que siempre me han brindado en la vida, esperando nunca defraudarlos.

Gracias por todos sus cuidados.

A Irika Ma. Sánchez Mayorga.
Por toda la ayuda y apoyo que me
has brindado siempre, por el amor
y cariño que me han ayudado a --
salir adelante.

Gracias por estar a mi lado.

A la mi inolvidable Universidad.
Que me dio la oportunidad de ser
un profesionista.

A mis Maestros.
Con gratitud y respeto por haberme
formado como profesionista.

A mis familiares y amigos.

A Dios.
Por otorgarme una familia ejemplar,
y darme la oportunidad de seguirme
superando.

INDICE GENERAL.

INTRODUCCIÓN.	1
---------------	---

CAPITULO 1. LOS PLÁSTICOS.

1.1. HISTORIA.	3
1.2. TERMOPLÁSTICOS.	5
1.3. TERMOFIJOS	7
1.4. DESCRIPCIÓN GENERAL POR PLÁSTICO.	9

CAPITULO 2. PROCESOS DE LOS PLÁSTICOS.

2.1. PROCESOS PRIMARIOS.	23
2.2. PROCESOS SECUNDARIOS.	30

CAPITULO 3. EL PET.

3.1. HISTORIA.	35
3.2. ANÁLISIS POR TIPO DE PLÁSTICO.	35
3.3. GENERALIDADES.	38
3.4. MOLDEO POR INYECCIÓN Y SOPLADO PARA UNA BOTELLA DE PET	40

CAPITULO 4. PRODUCCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS.

4.1. EL PROBLEMA ECOLÓGICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.	42
4.2. PRODUCCIÓN DE DESECHOS PLÁSTICOS EN EL MUNDO.	45
4.3. FACTORES PARA REGENERACIÓN DE BASURA.	47

4.4. PRODUCCIÓN DE BASURA EN EL VALLE DE MÉXICO.	47
4.5. MÉTODOS PARA EL TRATAMIENTO DE LA BASURA.	48

CAPITULO 5.
RECICLAJE.

5.1. MATERIALES RECICLABLES.	57
5.2. SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y SELECCIÓN.	66
5.3. TIPOS DE DESPERDICIOS PLÁSTICOS.	69
5.4. CLASIFICACIÓN DE LOS DESPERDICIOS PLÁSTICOS.	71
5.5. PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS POR TIPOS.	72
5.6. RAZONES PARA RECICLAR.	76
5.7. RECICLADO INDUSTRIAL.	77

CAPITULO 6.
CONTROL DE CALIDAD PARA LOS MATERIALES RECICLABLES.

6.1. IMPORTANCIA DEL CONTROL DE CALIDAD.	79
6.2. PROBLEMAS DEL CONTROL DE CALIDAD.	80
6.3. INSTALACIONES PARA LA RECUPERACIÓN DE MATERIALES.	81
6.4. COMPROBACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD.	85

CAPITULO 7.
LA MOLIENDA COMO PROCESO DE RECICLADO DEL PLÁSTICO.

7.1. TIPOS DE MOLIENDA.	87
7.2. MOLIENDA CONVENCIONAL.	88
7.3. EN FRÍO Y CRIOGÉNICA.	89

CAPITULO 8.
DISEÑO DE DETALE.

8.1. ESTRUCTURA.	91
8.2. MOTOR.	92

8.3. FLECHA.	92
8.4. ROTOR.	97
8.5. POLEAS.	98
8.6. CUCHILLAS.	100
8.7. CRIBA.	101
8.8. DIBUJOS DE CONJUNTO.	101

CONCLUSIONES.	118
BIBLIOGRAFIA.	120

INTRODUCCIÓN.

En la sociedad contemporánea de consumo, el plástico es ineludible referencia, debido a las dimensiones de su producción, el don de ubicuidad en cualquier actividad y las secuelas ambientales del todavía limitado reciclaje.

El mercado nacional de PET grado botella crece aceleradamente, sobre todo por la introducción masiva de envases para bebidas carbonatadas. En nuestro país el consumo de tales dimensiones de plásticos, PET incluido, supone igualmente enormes cantidades de plástico vertidas en calidad de desecho. Transparente como el cristal, ligero, resistente a impactos y ciento por ciento reciclable es el PET.

Si bien la industria del PET registra ya una dinámica de recolección y reciclaje en hojuelas de pellet, sobre todo en las principales ciudades, la existencia de una cultura de recolección y reciclado en el país provoca que la mayor parte del plástico utilizado sea vertido en tiraderos municipales, en donde regularmente es incinerado. En los basureros, la incineración de plástico desprende un alto poder calorífico, consume aire en la combustión y desprende compuestos volátiles. La combustión incompleta produce hollín. Otros plásticos permanecen en las cenizas en perjuicio del suelo.

El PET es un producto ambientalmente notable. La producción del envase con este plástico ofrece ahorros de energía frente al vidrio no retornable y el aluminio, ventaja que aumenta en función del tamaño del recipiente. Una de las complicaciones para la industria de reciclaje de PET reside en que es mezclado por el usuario con el resto de la basura, y para lograr un subproducto de calidad es necesario observar propiedades similares de densidad, solubilidad y temperatura de fusión, además de su limpieza.

La hojuela PET reciclado tiene diversas aplicaciones. Una es la textil, al emplearla en la fabricación de poliéster fibra corta, posteriormente utilizada en la elaboración de telas no tejidas, poliéster cardado o guata. También puede servir como aditivo y combinado con material virgen se puede reutilizar para su mismo

uso. El producto final obtenido en el molino sería pellet grado fibra, con características para ser empaquetado y transportado.

Lo anteriormente descrito da un panorama muy amplio de la necesidad de reutilizar este producto, por sus características y el gran uso que tiene este en nuestro país y el mundo entero. Además de que los plásticos están teniendo un gran auge en todo mundo, en nuestro país se empiezan a abrir nuevas propuestas en lo que a materiales se refiere y los plásticos es uno de ellos.

El presente trabajo tiene como objetivo el dar a conocer un proceso eficiente para el reciclado del PET botella, para su posterior reutilización como un producto con características similares a las de un PET sin reciclar.

Con la información contenida en este trabajo se pretende dar un panorama más amplio en cuanto a materiales plásticos se refiere, desde sus inicios, su manufactura, sus principales usos, hasta los problemas que acarrear sus desperdicios y el reciclaje como alternativa de reutilización y por último el diseño de un molino a base de cuchillas (convencional) más eficiente. Con este trabajo se muestra la gran importancia que tiene el reciclaje en nuestros días y su necesidad de utilización.

CAPITULO 1.

LOS PLÁSTICOS.

1.1.- Historia.

El hombre comenzó a aprovechar racionalmente los elementos de la naturaleza en el Paleolítico, al usar piedras y otros materiales naturales, con formas determinadas, como utensilios de la caza, de defensa y para otros menesteres. Desde entonces, y hasta la mitad del siglo pasado, el empleo y la manufactura de los materiales ha sufrido muchos cambios. Sin embargo, ni los hombres de la edad de piedra ni los del siglo pasado tuvieron en mente la creación de materiales artificiales.

Por muchos años la mayoría de las necesidades humanas fueron cubiertas con materiales de origen natural, como celulosa, almidones y resinas, pieles, algodón, lana, seda, hule, aceite, pinturas, cera, semillas, fibras, etc. Más cercano a nuestra época en la segunda mitad del siglo XIX, nació la industria basada en la química orgánica. Ésta no sólo se limitó a transformar las sustancias por simple calentamiento o por reacciones químicas simples como oxidación o la reducción, sino que desarrolló toda una serie de procesos radicalmente nuevos para obtener materiales sintéticos a partir del carbón mineral, el petróleo o los productos agrícolas.

El desarrollo histórico de los plásticos comenzó cuando se descubrió que las resinas naturales podían emplearse para elaborar objetos de uso práctico. Estas resinas como el betún, la gutapercha, la goma laca y el ámbar, son extraídas de ciertos árboles, y se tiene referencias de que ya se utilizaban en Egipto, Babilonia, la India, Grecia y China. En América se conocía otro material utilizado por sus habitantes antes de la llegada de Colón, conocido como hule o caucho.

La industria de los plásticos tiene su origen con los trabajos de Bracnot, en Francia en 1833 y Schoenbein, profesor de la Universidad de Basilea, Suiza en 1845, con los descubrimientos de la preparación del nitrato de celulosa. Al realizar unos experimentos en la cocina de su casa, rompió accidentalmente un frasco en el que destilaba ácido nítrico. Limpio las sustancias derramadas con un

delantal de algodón y al poner a secar la prenda sobre la estufa ésta se inflamó y desapareció de manera misteriosa. Al analizar con atención el fenómeno Schobein descubrió el algodón-pólvora, la base de la pólvora sin humo.

La celulosa es un polímero. Posee una extensa cadena molecular y es capaz de presentar propiedades de plasticidad. Las grandes cadenas moleculares de la celulosa son sinterizadas por las plantas a partir de pequeñas moléculas de glucosa, o sea azúcar. Una molécula típica de celulosa está formada por la unión extremo a extremo de más de un centenar de moléculas de glucosa. Pero los encadenamientos entre grupos de átomos que forman la molécula de celulosa son muy fuertes, de forma que la molécula de por sí tiende a ser inflexible.

Así, hace 153 años, ningún plástico comercial existía aún en los países de mayor desarrollo; el nitrato de celulosa fue creado para sustituir el marfil, que tenía un alto costo y se usaba para hacer bolas de billar.

Los compuestos orgánicos naturales que han proporcionado al hombre vestido y alimentación poseen una característica muy particular; todos ellos están formados por moléculas gigantes a las que actualmente se les denomina polímeros. La creación de materiales sintéticos empezó a principios del siglo XX, cuando Leo Baekeland produjo en 1907 el primer polímero sintético; la hoy famosa baquelita.

Al comenzar nuestro siglo, un químico belga, el Dr. Leo Baekeland, comenzó una investigación sobre las sustancias bituminosas que se forman durante la reacción química entre el fenol (derivado del alquitrán de hulla) y el formol.

El químico Herman Staudinger, premio Nobel en 1953 con sus trabajos revolucionarios iniciados en 1920, demostró que muchos productos naturales y todos los plásticos, contienen macromoléculas. Este descubrimiento hizo que se considerara como el " Padre de los Plásticos ".

Otro momento exitoso dentro de la historia de los plásticos fue en 1952, cuando K. Ziegler, premio Nobel en 1964 junto con G Natta, descubren que el etileno en fase gaseosa resultaba muy lento para reaccionar. Ambos logran su polimerización de manera más rápida por contacto con determinadas sustancias catalizadoras a presión normal y temperatura baja. Por su parte, G. Natta descubrió en 1954 que

estos catalizadores y otros similares daban lugar a las macromoléculas de los plásticos con un alto ordenamiento.

En los años siguientes, el desarrollo se enfocó a la investigación química sistemática, con atención especial a la modificación de plásticos ya conocidos mediante espumación, cambios de estructura química, copolimerización, mezcla con otros polímeros y con elementos de carga de refuerzo.

Otra contribución muy importante para el consumo masivo de plásticos se dará en menos de 10 años con los acumuladores recargables a base de electrodos de poliacetileno y/o polifenileno con electrolito orgánico. Esta nueva tecnología modificará, sin lugar a dudas, la industria que por más de un siglo ha utilizado acumuladores a base de plomo y ácido.

Los acumuladores a base de polímeros ocupan sólo un tercio del volumen y pesan la décima parte que los acumuladores convencionales. Además, no requieren mantenimiento, ofrecen una gran versatilidad de diseño y tienen la misma eficiencia.

La producción de materiales transformados a partir de la celulosa abrió las puertas de una nueva rama de la tecnología. La obtención, el procesamiento, la aplicación y generación de mercados de estos materiales orgánicos ha requerido de la colaboración de especialistas en muchas áreas, que han determinado su manufactura. Esta tecnología ha generado efectos tan peculiares que no existe lugar de la civilización en la que los plásticos no hayan dejado huella.

Las tendencias actuales van enfocadas al desarrollo de catalizadores para mejorar las propiedades de los materiales y la investigación de las mezclas y aleaciones de polímeros con el fin de combinar las propiedades de los ya existentes.

1.2.- Termoplásticos.

" Polímeros que pueden ser recalentados y refundidos muchas veces, puesto que no forman productos secundarios durante el procesamiento "

En forma general, un termoplástico es un material sólido que posee gran elasticidad a temperatura ambiente y que se convierte en un líquido viscoso a temperaturas superiores; el cambio puede ser reversible. Debido a su alto peso molecular, los polímeros nunca se convierten en fluidos ligeros.

Los polímeros termoplásticos también se degradan progresivamente, este efecto de largo plazo se llama envejecimiento térmico e involucra un deterioro químico lento. Algunos de los polímeros termoplásticos son más susceptibles al envejecimiento térmico que otros, y para un mismo material la velocidad de deterioro depende de la temperatura.

Propiedades mecánicas.

Los termoplásticos típicos a temperatura ambiente poseen las siguientes características:

- 1.- Menor rigidez, el módulo de elasticidad es dos veces menor comparado con el de los metales y los cerámicos.
- 2.- La resistencia a la tensión es más baja, cerca del 10 % con respecto a la de los metales.
- 3.- Dureza muy baja.
- 4.- Ductilidad más alta en promedio, con un tremendo rango de valores, desde una elongación del 1% para el poliestireno, hasta el 500% o más para el polipropileno.

Propiedades Físicas.

En general, los polímeros termoplásticos poseen:

- 1.- Densidades más bajas que los metales y los materiales cerámicos, las gravedades específicas típicas para los polímeros son alrededor de 1.2 para los cerámicos alrededor de 2.5, y para los metales alrededor de 7.0.
- 2.- Coeficientes de expansión térmica mucho más altos, aproximadamente 5 veces el valor de los metales y 10 veces el de los cerámicos.

3.- Temperaturas de fusión muy bajas.

4.- Calores específicos que son de dos a cuatro veces los de los metales y los cerámicos.

5.- Conductividades térmicas que son alrededor de tres órdenes de magnitud más bajos que los de los metales.

6.- Propiedades de aislamiento eléctrico.

En la figura 1.1 se muestran algunos productos termoplásticos.

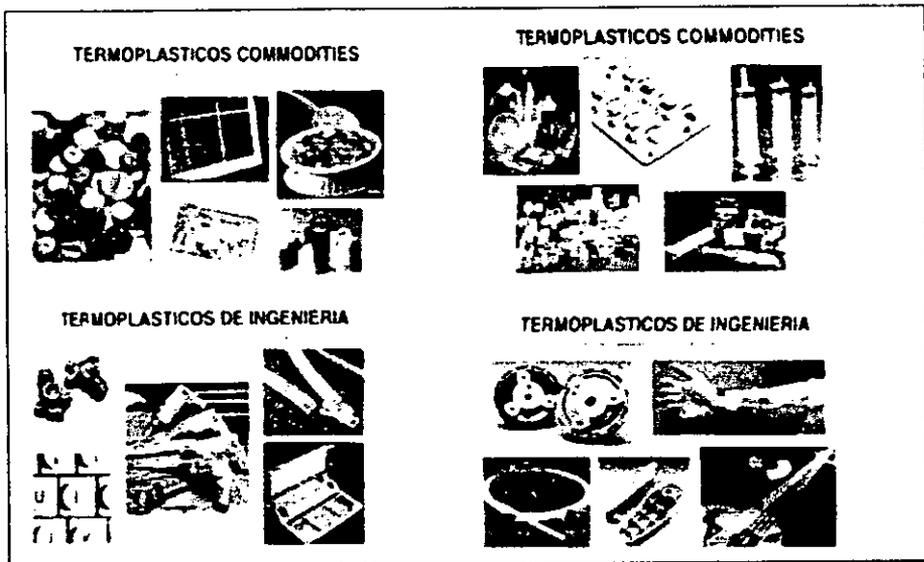


FIGURA 1.1 PRODUCTOS TERMOPLÁSTICOS.

1.3.- Termofijos.

" Polimeros que se polimerizan a temperaturas elevadas, liberando un producto secundario que por ello restringe su reciclabilidad ".

La definición más simple de un plástico termofijo es que son materiales rígidos que tienen una estructura molecular compleja tipo red, generada por una reacción no reversible entre dos o más componentes, lo cual tiene lugar durante el proceso de moldeo.

En general, los termofijos son:

- 1.- Más rígidos, con módulos de elasticidad dos o tres veces más grandes que los aceros.
- 2.- Frágiles, prácticamente no poseen ductilidad.
- 3.- Menos solubles en los solventes comunes.
- 4.- Capaces de funcionar a temperaturas más altas.
- 5.- No pueden ser refundidos, en lugar de esto se degradan o se queman.

Las diferencias en las propiedades de los plásticos termofijos se atribuyen a las cadenas transversales que forman enlaces covalentes tridimensionales térmicamente estables. El encadenamiento transversal se logra de tres formas:

- 1.- Sistemas activados por temperatura.
- 2.- Sistemas activados catalíticamente.
- 3.- Sistemas activados por mezcla.

Las reacciones químicas asociadas con el encadenamiento transversal se llama curado o fraguado.

En la figura 1.2 se muestran algunos productos termofijos.

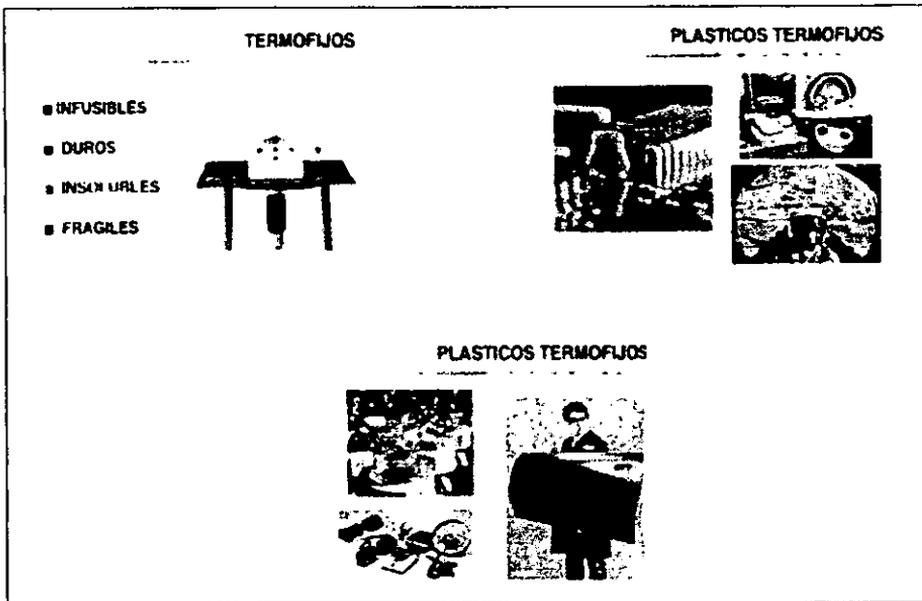


FIGURA 1.2 PRODUCTOS TERMOFIJOS.

1.4.- Descripción general por plástico.

POLIOLEFINAS. Este grupo está formado por los plásticos más importantes a nivel comercial y su forma química consiste de átomos de carbono e hidrógeno exclusivamente, sin presencia de estructuras anulares.

Poliétileno. (PE).- El polietileno $-(CH_2CH_2)-$ es el polímero de mayor importancia comercial y esto se puede atribuirse a :

- Su bajo costo, por lo barato de la materia prima y el alto nivel de producción.
- Su baja polaridad, que le hace tener excelentes propiedades eléctricas.
- La facilidad de su procesamiento por técnicas muy variadas.
- Sus aceptables propiedades mecánicas.
- Su baja absorción de humedad.

Su temperatura de fusión, se encuentra entre 110 y 135 °C . Los Polietilenos se clasifican según su densidad, propiedad que es un buen indicador del nivel de cristalinidad, el cual a su vez afecta en forma directa muchas propiedades, tales como tenacidad, permeabilidad a gases y resistencia a grasas.

Polietileno de Baja Densidad. (LDPE).- Este término incluye a los polietilenos ramificados con densidades de (0.91 a 0.93g/cm³), grados de cristalinidad de (50 a 70%) y temperaturas de fusión entre 100 y 110°C.

Son ramificados porque se fabrican en condiciones muy drásticas: presiones de 1,500 a 3,000 atm., temperaturas de 200 a 250 °C y peróxidos como iniciadores. Los peróxidos generan radicales libres que por su enorme reactividad producen las ramificaciones.

Propiedades generales:

Alta rigidez, estabilidad a la temperatura y estabilidad de forma; buena dureza superficial; destacadas propiedades dielectricas.

Ejemplos de aplicación:

Utensilios domésticos (fuentes, cubos, tinas); juguetes; recipientes de transporte; botellas, aparatos médicos, artículos técnicos, cajas, etc.

Polietileno de Alta Densidad (HDPE).- El polietileno de alta densidad (0.94 a 0.97 g/cm³) es un material de muy alta cristalinidad (85 a 95 %) y temperatura de fusión 135 °C. Su resistencia a la oxidación, durante el procesamiento, y a la acción de los rayos solares, durante el uso, pueden incrementarse fácilmente empleando antioxidantes, absorbedores de luz ultravioleta y otros aditivos.

Una de las grandes cualidades del polietileno de alta densidad es su tenacidad, que se mantiene hasta temperaturas muy bajas.

Propiedades generales:

Alta flexibilidad, buena resistencia térmica: baja dureza superficial, muy buenas propiedades dielectricas.

Ejemplos de aplicación:

Recipientes domésticos (fuentes, cubos y similares), juguetes, flores artificiales, recipientes de embalaje, frascos flexibles, aparatos médicos, piezas de alta frecuencia, etc.

Polietileno Lineal de Baja Densidad (LLDPE).- Este material se fabrica copolimerizando etileno con otras aletinas. Tiene ramificaciones, por lo que es de baja densidad, pero las ramificaciones o grupos laterales son de tamaño uniforme y tiene grados de cristalinidad mayores que el polietileno normal de baja densidad.

Propiedades generales:

Mayor resistencia al impacto, mayor resistencia al desgarro, mayor resistencia tensil, mejor rango de sellado, mejores propiedades a bajas temperaturas, reducción de calibres, reducción de costos de producción.

Ejemplos de aplicación:

Bolsas para hielos, etc.

Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular (UHMWPE).- La polimerización permite moléculas lineales asociadas con una alta densidad y una elevada cristalinidad, aunque la densidad reportada corresponde al rango usual de alta densidad (0.94 a 0.98 g/cm^3). El comportamiento térmico del material es más elastomérico, es decir, que el plástico se conserva rígido aún cuando se someta a un calentamiento continuo. y esto es debido a los puntos de entrecruzamiento que imposibilita el deslizamiento de las macromoléculas.

Propiedades generales:

Se clasifica como un plástico de ingeniería, resistencia química elevada, gran resistencia al envejecimiento, a la abrasión, al impacto y a la fatiga. buen desempeño a muy bajas temperaturas, bajo coeficiente de fricción, autolubricado, amortiguador de ruido y vibraciones.

Ejemplos de aplicación:

Tabla para corte en cocina, elementos mecánicos, perfiles y partes terminadas para sistemas de llenado y transportadores.

Polipropileno (PP).- El polipropileno es uno de los plásticos conocidos como comodities por su alto volumen de consumo, es en muchos aspectos muy parecido al polietileno de alta densidad.

Su elevado punto de fusión de 175 °C proporciona mejor resistencia térmica, presenta una densidad menor del rango de 0.89 a 0.91 g/cm³. En general el polipropileno presenta excelente resistencia química. Puede ser ligeramente atacado por algunos hidrocarburos no polares, también es sensible a la degradación por oxidación con calor o radiación UV, pero puede protegerse con aditivos adecuados.

El polipropileno es un material rígido debido a su alta cristalinidad y, aunque su temperatura de transición vítrea está entre -10 y -18 °C, su temperatura de fragilidad es 0°C.

Propiedades generales:

Elevada estabilidad de formar calor, resistencia a la tracción y al choque, rigidez, buena dureza superficial; sin tendencia a la corrosión por tensiones, esterilizable hasta 120°C , prácticamente sin absorción de agua.

Ejemplos de aplicación:

Recipientes y objetos de uso (cubos, fuentes, bidones, frascos), juguetes, artículos para mecánica fina y aparatos eléctricos, cascos protectores, tacones para zapatos de señora, etc.

Copolímero de Etileno y Acetato de Vinilo (EVA).- Es un termoplástico que se obtiene de copolimerización del etileno con acetato de vinilo. Las propiedades y usos de estos materiales dependen del porcentaje de acetato de vinilo (VA). En general, cuanto mayor sea el contenido del VA , más transparente, suave y flexible será el copolímero.

Los copolímeros con bajo contenido de VA (1 a 6 %) son especialmente apropiados para hacer películas, por su flexibilidad, buena resistencia al impacto y al desgarre, así como su alto brillo.

Propiedades generales:

Temperatura de uso -60 a +60 °C, gran capacidad de absorción de cargas, resistencia a la luz ultravioleta, limitada resistencia al calor y a solventes.

Ejemplos de aplicación:

Visores, aletas y otros artículos para natación, artículos recreativos, visores para contacto facial de videojuegos, etc.

VINILICOS.- Aunque este grupo está formado por un número importante de polímeros que presentan cierta similitud en su estructura química, el más importante es el policloruro de vinilo.

Policloruro de Vinilo (PVC).- El PVC tiene la estructura $-(\text{CH}_2\text{-CHCl})_n-$ y es un material esencialmente amorfo, con porciones sindiotácticas que no constituyen más de 20% del total y generalmente con grados de cristalinidad mucho menores.

Es uno de los polímeros denominados comodities y se considera como el más versátil debido a su posibilidad de formulación con distintos tipos de aditivos que pueden alterar sus propiedades considerablemente dando lugar a una amplia variedad de aplicaciones rígido, flexible, plastisol, organosol y espumas, que se pueden procesar por todos los métodos convencionales para plásticos.

Propiedades generales:

Elevada estabilidad de forma hasta 105 °C, buena resistencia, dureza y tenacidad, resistente frente a herrumbre y corrosión, buenas propiedades dieléctricas, difícilmente combustible.

Ejemplos de aplicación:

Accesorios de desagüe y tubos de presión, cuerpos de relleno para torres de lavado, cajas de conmutación eléctrica, cajas de derivación, válvulas y elementos para montaje de instalaciones químicas, piezas galvanotécnicas.

Policloruro de Vinilo Rígido (PVC-R).- Es el resultado de la formulación de la resina obtenida por el proceso de masa con diversos aditivos como modificadores de impacto para disminuir su fragilidad natural, cargas para

incrementar sus propiedades mecánicas, además de estabilizadores y pigmentos que normalmente se utilizan en cualquiera de los compuestos.

Propiedades generales:

Tiene buenas propiedades físicas, térmicas, reológicas, químicas, eléctricas

Ejemplos de aplicación:

Tubería, película, lámina, perfiles , etc.

Policloruro de Vinilo Flexible (PVC-F).- El compuesto de PVC Flexible se logra mezclando la resina de PVC con plastificantes que consisten en cierto tipo de aceites que confieren flexibilidad al producto, al igual que otros aditivos que se eligen dependiendo de la aplicación final.

Propiedades generales:

Muy buena resistencia al impacto, alta flexibilidad y elongación, temperatura de uso continuo -10 a 60 °C, elevada dilatación térmica, mayor permeabilidad al vapor de agua y gases que PVC- R.

Ejemplos de aplicación:

Juntas, elementos de amortiguación en la construcción de radios y teléfonos, pies para aparatos, juguetes, piezas para instalación, mandos de vehículos, botas, zapatos, sandalias, suelas.

ESTIRENICOS.- En este grupo se clasifican una gran variedad de homopolímeros y copolímeros de similar estructura química cuya peculiaridad es la presencia del anillo aromático bencénico, proveniente del monómero de estireno que es la base de ellos.

Poliestireno (PS).- Hay varios polímeros, copolímeros y terpolímeros basados en el monómero de estireno (C_8H_8), de los cuales el poliestireno (PS) se usa en mayor volumen. Es un homopolímero lineal con estructura amorfa, notable por su fragilidad. El PS es transparente, fácilmente coloreable y moldeable, pero se degrada a temperaturas elevadas y se disuelve en varios solventes.

Propiedades generales:

Alta rigidez, buenas propiedades dialécticas, resistencia al choque, duro y tenaz.

Ejemplos de aplicación:

Cajas de teléfono, radio y televisión, puertas y piezas de neveras, cajas de instalaciones, interruptores, cubiertos, vasos, juguetes, embalajes.

Poliestireno cristal.- Se trata del homopolímero que se obtiene directamente de la polimerización del estireno. Es de estructura amorfa. Es considerado también como uno de los plásticos de más fácil procesamiento. No requiere secado y presenta mínimas contracciones de moldeo.

Sus aplicaciones se dirigen a campos donde no se requiere de estabilidad a la intemperie ya que la luz ultravioleta causa amarillamiento y pérdida de propiedades mecánicas.

Propiedades generales:

Elevada transparencia, alto brillo, fácil procesamiento, no requiere secado, gran variedad de grados.

Ejemplo de aplicación:

Imitaciones de cristal cortado, como lo pueden ser vasos, copas, fruteros, estuche y cuerpo de audio cassetes, etc.

Poliestireno alto Impacto.- Esta modificación se efectúa por el método de copolimerización al azar, provocando una reducción de la transparencia dependiendo de la cantidad de polibutadieno que se utilice, que puede ser desde 2% hasta 9%, que a su vez genera otra subclasificación:

Poliestireno Medio Impacto (2% a 5%)

Poliestireno Alto impacto (5% a 9%)

Propiedades generales:

Resistencia a la tensión alta, buena elongación comparada con el PS Cristal.

Ejemplos de aplicación:

Carcasas de T.V. pequeñas, etc.

Poliestireno Expansible (EPS).- Cuando ó durante la polimerización del monómero de estireno se incorpora un agente expansor como el n-pentano se logra obtener un producto que puede ser espumado cuando se somete a un procesamiento que involucra el uso de vapor saturado.

Propiedades generales:

Excelentes propiedades de aislamiento térmico y acústico

Ejemplos de aplicación:

Se utiliza en construcciones, edificios, aislante en depósitos frigoríficos, vasos desechables del tipo térmico, etc.

Estireno Acrilonitrilo (SAN) .- Copolímero de estireno-acrilonitrilo en los que el contenido de estireno varía entre 65 y 80 %. El SAN se usa cuando se requieren partes rígidas, con buena estabilidad dimensional y buena resistencia térmica. Los copolímeros con 30% estireno 70% acrilonitrilo, son excelentes barreras contra el oxígeno, el CO₂ y la humedad.

Propiedades generales:

Buena resistencia a los aceites lubricantes, a las grasas y a las gasolinas.

Ejemplos de aplicación:

Enseres domésticos, como vasos de licuadora, vajillas y capelos protectores de diversos aparatos eléctricos.

Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno (ABS).- El ABS es un terpolímero de dos fases es el copolímero duro estireno-acrilonitrilo, mientras que la otra fase es el copolímero estireno-butadieno, de consistencia ahulada. El nombre del plástico se deriva de los tres monómeros iniciales, los cuales se mezclan en varias proporciones.

Propiedades generales:

Tenacidad, gran resistencia, rigidez y dureza, estable al sonido, muy estable al clima, etc.

Ejemplos de aplicación:

Piezas para la industria del automóvil, cajas y diversas piezas para máquinas de oficina, teléfonos, aparatos domésticos y de transporte, etc.

ACRILICOS.- Existe un gran número de polímeros formados con unidades repetitivas del tipo acrílico. Sin embargo, el polimetil-metacrilato es el único polímero de toda la serie, que tiene suficiente temperatura de transición vítrea para formar un plástico moldeable.

Los demás tipos de polímeros acrílicos se emplean como adhesivos y pinturas o bien como elastómeros.

Metacrilato de polimetil (PMMA).- Es mejor conocida como acrílico, por su propiedad excelente de transparencia. Esta característica está apoyada en su buena rigidez, aceptable resistencia al impacto, gran resistencia a la intemperie y buena resistencia química, excepto para algunos solventes orgánicos.

Ejemplos de aplicación:

Elementos de construcción para la técnica de óptica e iluminación, estilografías, piezas de moda y técnica, vidrios para gafas y relojes, teclas para máquinas de escribir e instrumentos musicales.

Poliámidas.- Una familia importante de polímeros que forman ligas características de amida (CO- NH) durante su polimerización se llaman poliámidas (PA). El miembro más importante de la familia PA es el nylon, de los cuales los grados más importantes son el nylon-6 y el nylon-6,6.

Aunque pueden ser clasificadas de muchas formas, la división más común es por el tipo de reacción utilizada para su obtención:

- Por adición.
- Por condensación.

El éxito de este tipo de materiales como una de las principales clases de plásticos de ingeniería está asociado con su buen balance de propiedades mecánicas y químicas.

Propiedades generales:

Elevado alargamiento y tenacidad, bajos coeficientes de frotamiento, reducido desgaste, buena estabilidad de forma al calor, alta capacidad de absorción de agua, buena capacidad de evaporación.

Ejemplos de aplicación:

Cajas, hélices para navegación, para ventiladores, recipientes de transporte, engranes, cojinetes, cajas para rodamientos, cascos protectores, etc.

POLIESTER TERMOPLASTICO.- La característica de esta familia de polímeros es la presencia de eslabones éster ($-CO-O-$). Estos grupos pueden destruirse con la presencia de moléculas de agua a elevadas temperaturas generando una reacción de hidrólisis.

Tereftalato de Polietileno. (PET).- El crecimiento comercial de este producto como botella y tarro ha sido sorprendente, principalmente en el envase de alimentos y bebidas carbonatadas, por el buen balance de propiedades de permeabilidad a gases como CO_2 , oxígeno y nitrógeno, anuda a su buena resistencia química y mecánica.

La propiedad más singular del PET, es que debido a que muestra una baja temperatura a transición vítrea ($T_g = 70^\circ C$), se puede controlar el grado de cristalinidad del polímero mediante el proceso de transformación, es decir, que si se enfría razonablemente rápido desde su estado fundido, arriba de $270^\circ C$, hasta una temperatura a la transición vítrea, solidifica en estado amorfo obteniéndose un producto de apariencia transparente.

Propiedades generales:

Buenas propiedades mecánicas, baja permeabilidad a gases, excelente transparencia y brillo, resistencia química, mayor ligereza que el vidrio, resistencia a los rayos U.V,

Ejemplos de aplicación:

Botellas retornables de refrescos, garrafones de agua, botellas de agua, etc.

Tereftalato de Polibutileno. (PBT).- La estructura química de este tipo de poliéster está conformado con grupos $(CH_2)_4$, que son más largos y flexibles que los del PET, por lo que puede cristalizar más rápido y normalmente no se encuentra en estado amorfo.

Propiedades generales:

Elevada resistencia térmica, excelentes propiedades mecánicas y dieléctricas, brillo superficial bueno.

Ejemplos de aplicación:

En la industria automotriz, eléctrico-electrónico, informática y telecomunicaciones, iluminación, aparatos electrodomésticos, industria textil, conducción de fluidos, deportes.

Policarbonato (PC).- Es notable por sus excelentes propiedades mecánicas que incluyen alta tenacidad y buena resistencia a la termofluencia. Es uno de los mejores termoplásticos por su resistencia al calor; puede usarse a temperaturas cercanas a los 125 °C. Además, es transparente y resistente al fuego.

Propiedades generales:

Alta resistencia mecánica dentro de un amplio campo de temperaturas, alta estabilidad de dimensiones y al calor, buenas propiedades dieléctricas, estabilidad al envejecimiento.

Ejemplos de aplicación:

Piezas de aislamiento y cobertura con gran estabilidad de forma al calor para la técnica de iluminación, industria eléctrica, aparatos esterilizables para uso médico, cascos de seguridad, lentes ópticas, cajas, núcleos de bobinas, etc.

Polioxido de Metileno (POM).- Este grupo de polímeros se caracteriza por la presencia de unidades repetitivas éter (-O-) en su estructura química y están considerados como los plásticos de mayor cristalinidad, por lo consiguiente son opacos. Se les conoce como acetales. Las aplicaciones de los acetales generalmente consisten en partes pequeñas que deben desempeñar una importante función mecánica, requieren de estrechas tolerancias de estabilidad

direccional, movimiento continuo, y fricción, por lo que pueden sustituir a aleaciones de aluminio, bronce y acero.

Propiedades generales:

Efecto de la humedad y absorción de agua, resistencia mecánica, resistencia a la deformación bajo carga, resistencia a la abrasión, etc.

Ejemplos de aplicación:

Componentes del sistema de combustible, cuerpos de encendedores, aspersores para jardín, levas, engranes, rodamientos, estrella para cadena de bicicleta, etc.

Resina Fenólica (PF).- Se basa en la reacción entre el fenol y el formaldehído.

Propiedades generales:

La rigidez, estabilidad dimensional a elevadas temperaturas y baja flamabilidad.

Ejemplos de aplicación:

Para aislamiento térmico de enseres domésticos como asas, perillas, mangos de sartenes y para diversos componentes eléctricos, sirven como aglutinante de arenas abrasivas para esmeriles y pulidoras, etc.

Aminoplásticos.- Abarca resinas basadas en urea-formaldehído o melamina-formaldehído. Los aminoplásticos, de manera contraria a los fenólicos, pueden ser traslúcidos o en colores claros lo cual es adecuado cuando las consideraciones estéticas son importantes.

Sistema de Poliéster Insaturado (UP).- El principal componente de las resinas de poliéster insaturado llamadas también simplemente resina poliéster consiste en cadenas poliméricas relativamente pequeñas resultantes de la reacción controlada entre un ácido difuncional o anhídrido y un alcohol.

Los sistemas de resinas poliéster, generalmente se abastecen con un aditivo inhibidor que previene o retarda el reticulado prematuro. Los sistemas de UP pueden subdividirse en dos grupos: aquellos que curan a temperatura ambiente y aquellos que requieren altas temperaturas de curado.

Las principales aplicaciones incluyen sistemas usados en combinación con fibra de vidrio para la construcción de embarcaciones, chasis de autos, tinacos, albercas y diversos artículos ornamentales como macetas y muebles.

Aunque la naturaleza de estos materiales lo hace ser fácilmente inflamables, es posible formular grados retardantes a la flama. Su resistencia química es elevada y sus propiedades mecánicas dependen directamente de las características de las materias primas empleadas en la formulación.

Sistemas Epóxicos.- Los sistemas epóxicos son una clase de resinas termofijas cuyo grupo característico se conoce como grupo epóxido. Estas son el resultado de la reacción entre la epiclorhidrina y ácidos multifuncionales, aminas o alcoholes.

Las propiedades de las resinas epoxi dependen de su composición química y forma de curado. Los productos moldeados con sistemas epóxicos pueden ser duros, tenaces y resistentes a la fatiga. Se conocen por sus excelentes propiedades de adhesión a la mayoría de los materiales, incluyendo metales.

Presentan buenas propiedades eléctricas con un bajo factor de disipación y excelente resistencia química y térmica. Las aplicaciones incluyen recubrimientos de protección a la corrosión de metales, también se fabrican diversos dispositivos eléctricos y electrónicos, aglomerantes y adhesivos.

Poliuretanos.- Los sistemas de poliuretano forman un amplio grupo de materiales poliméricos que contienen el grupo químico uretano. La formación macromolécula de los poliuretanos ocurre por la reacción que se genera al combinar un polioliol y un isocianato.

El poliuretano se conoce por su representación como espumas rígidas y flexibles de diferentes densidades, las cuales dependen del tipo de aditivos y de la química de los reactivos involucrados. Estas espumas se caracterizan por su alto poder de aislamiento térmico y su elevada resistencia a la compresión.

Las aplicaciones varían de manera abundante y algunas son espumas para fabricación de muebles, asientos automotrices, paneles de aislamiento térmico y acústico, calzado, adhesivos y recubrimientos.

Silicones.- Los silicones son compuestos que tienen una unidad básica de silicio-oxígeno en forma similar a la que los compuestos orgánicos formados a base de sus átomos de carbono e hidrógeno. Los compuestos silicones pueden polimerizarse en cadenas y anillos para producir un gran número de compuestos. Son menos activos químicamente que los compuestos orgánicos similares y más resistentes al calor. Algunos son plásticos termofraguadores o termofijos moldeados, otros son barnices para aislamiento eléctrico de alta temperatura y otros más están en las formas de grasas y aceites para alta temperatura. Se encuentran productos como ceras, pulimientos, pinturas, cosméticos, agentes antiespumantes y fluidos dieléctricos.

CAPITULO 2.

PROCESOS DE LOS PLÁSTICOS.

2.1.- Procesos primarios.

Los procesos primarios se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Extrusión.
- Inyección.
- Soplado.
- Calandreo
- Inmersión.
- Rotomoldeo
- Compresión.

A continuación se explican brevemente los procesos antes mencionados:

Extrusión.- Por extrusión de plásticos se entiende el estirado continuo o periódico de artículos perfilados de longitud ilimitada, a través de una cabeza (hilera) de sección determinada.

Generalmente se emplean para la granulación de materiales termoplásticos, aplicación de revestimientos delgados de papel, tela, cartón, para formar la envoltura aislante de alambres y cables eléctricos, y también en la fabricación de películas, láminas, mangueras, tubos y artículos laminados de materiales con y sin sustancias de relleno, espumosos y no espumosos. Se emplean igualmente para la desgacificación, colaración, deshidratación, mezclado, plastificación simple y química de termoplásticos y materiales plásticos reactivos.

El órgano fundamental de trabajo de una extrusionadora puede ser un husillo, pistón o disco. Según la clase de órgano, suelen clasificarse en extrusionadoras de pistón, de husillo, sin husillo (de disco e hidrodinámicas) y combinadas (de disco y husillo, de husillo con cámara de fusión, etc.). según la estructura del cilindro (cámaras) y el órgano de trabajo se suelen clasificar en extrusionadoras con succión por vacío y sin succión; con calentamiento eléctrico, que puede ser:

resistivo, inductivo, dieléctrico; con calentamiento por diversos agentes transportadores de calor (como el agua o aceites minerales) y sin calentamiento externo.

Un diagrama esquemático de una prensa de extrusión se muestra en la figura 2.1. Con material granulado o pulverizado se alimenta a la tolva forzándolo luego a través de una cámara de calentamiento por medio de una rosca espiral. En la camara, el material se convierte en una masa densa y viscosa, forma en la cual, se pasa a través de la matriz. Al abandonar a la matriz, se le enfría por medio de aire, agua o por contacto con una superficie fría, endureciéndose gradualmente al descansar sobre el transportador.

En esta forma se producen fácilmente tubos largos, varillas, secciones moldeadas y muchas secciones especiales. Debido a que pueden curvarse o doblarse en diferentes formas después de extrusión con sólo sumergirlos en agua caliente. Los compuestos termofragantes o termofijos no se adaptan a este tipo de extrusión porque se endurecen rápidamente.

Una máquina para extrusión de termofragantes utiliza un émbolo en lugar de un tornillo para forzar el material a través de la matriz. El material se alimenta por medio de una tolva que se encuentra atrás del cilindro, por medio de la carrera del émbolo es forzado a entrar a una matriz de cono largo, cuyas zonas son previamente calentadas. El calor adicional resulta de la resistencia de fricción cuando se forza el material a pasar a través del cilindro y matriz.

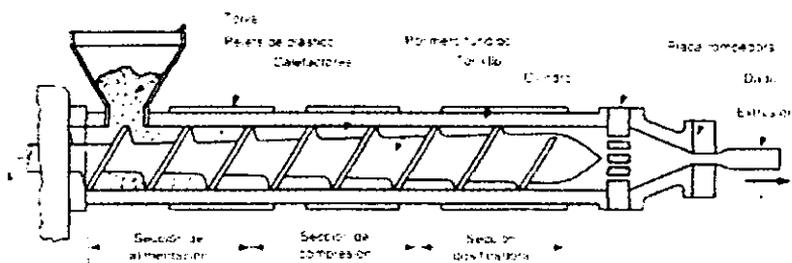


FIGURA 2.1. ESQUEMA DE UNA PRENSA PARA EXTRUSIÓN DE PLÁSTICOS.

Inyección.- El proceso tecnológico propiamente dicho se distingue por su periodicidad (variación ciclica) y se determina por los siguientes parámetros fundamentales: temperatura y cantidad de material que admite el cilindro de inyección, presión y velocidad de inyección, duración del ciclo, temperatura del molde, redimiento térmico del cilindro de inyección (y plastificación), índice de pérdidas de presión en el cilindro de inyección y capacidad plastificadora de la máquina.

En la figura 2.2 se muestra el funcionamiento de el molde por inyección. El material de moldeo se alimenta por gravedad desde una tolva y pasa por un aparato medidor a un cámara cilíndrica de calentamiento, donde se plastifica e inyecta al molde cerrado, bajo considerable presión. El producto acabado se endurece en el molde por el efecto de enfriamiento del agua la cual circula por conductos en él. Una vez que se retira el émbolo de inyección se abre el molde y el producto es expulsado.

La construcción de la cámara de calentamiento es prácticamente la misma para todas las máquinas de inyección. Su forma es cilíndrica con un dispersor en el centro en su forma de torpedo, de manera que el material que entra se mantiene en una capa lo bastante delgada para ser calentada rápidamente y uniformemente. Las temperaturas de la cámara de calentamiento varía de 120 a 260 °C, dependiendo de la clase de material que se cargue y del tamaño del molde.

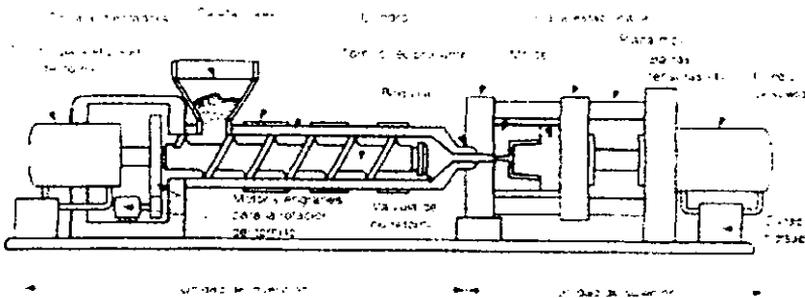


FIGURA 2.2. ESQUEMA DE UNA MÁQUINA DE MOLDEO POR INYECCIÓN.

Soplado.- El moldeo o soplado se usa principalmente para producir recipientes huecos de paredes delgadas de resinas termoplásticas. Un cilindro de material plástico soplado, es posicionado y extruido lo más rápido posible entre las mordazas a partir del molde como se ilustra en la figura 2.3.

Cuando se cierra el molde, aprieta el exterior del plástico soplado y el producto se completa por aire a presión forzando el material contra la superficie del molde. Los moldes deben ser adecuadamente ventilados para eliminar deficiencias en el acabado superficial.

Tan pronto como el producto es lo suficientemente enfriado para prevenir la distorsión, el molde se abre y se saca la pieza. Toda la operación es muy similar a la que se usa para el formado de botellas en la industria del vidrio.

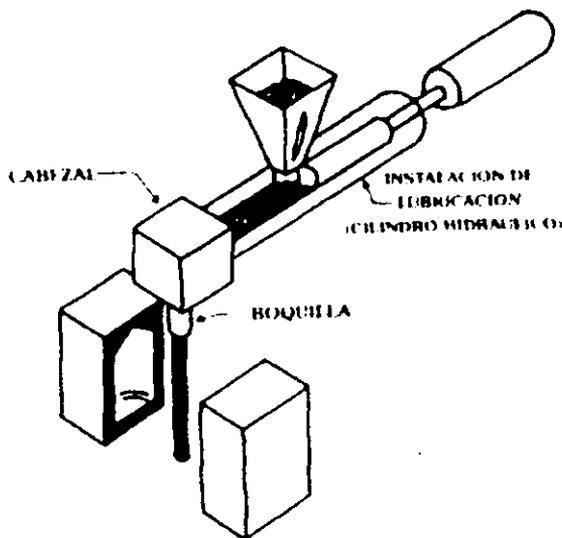


FIGURA 2.3. MÁQUINA TÍPICA POR MOLDEO SOPLADO.

Calandreo.- El calandreo es un procedimiento que se aplica únicamente a los polímeros gomosos, incluyendo al cloruro de polivinilo plastificado, así como a los cauchos sintéticos y naturales.

En el calandreo se requiere fundamentalmente que el polímero esté en el estado gomoso. Mediante este procedimiento se obtiene lámina del calibre preciso cuando se hace pasar el compuesto entre rodillos rotatorios. Por lo común, se requiere más de una pasada, entonces, se usan máquinas de rodillos múltiples. En la figura 2.4 se muestra la trayectoria que sigue el polímero gomoso dentro de la máquina.

La primera lámina se forma cuando el material pasa por la primera línea de contacto entre los rodillos, directamente desde la alimentación, la cual puede hacerse con un molino de dos rodillos o un extrusor. En la segunda línea de contacto entre rodillos se hace pasar, a menudo, la lámina sin comprimirla. En el tercer contacto se vuelve a hacer la lámina, donde gira un banco lápiz. Se prefiere el diseño en L invertida para láminas gruesas porque están más tiempo en la máquina, lo que permite calentarla completamente. Por otro lado el diseño de Z inclinada ofrece un corto recorrido térmico para láminas delgadas o sensibles al calor.

Inmersión.- Es un proceso de transformación en donde un plástico en estado líquido recubre a un molde caliente, solidificándose y permaneciendo adherido al molde como parte del producto final o separándose para utilizar el molde para fabricar una nueva pieza.

Para la inmersión se requiere de un equipo base que consta de : un molde de cualquier forma, una tina como recubrimiento con el plástico a usar y un horno de calentamiento.

Durante el proceso, el molde que generalmente es metálico, se pre-calienta para mejorar la adherencia del plástico. Una vez lograda la temperatura adecuada, se inserta el molde, parte del producto final, en la tina para recubrir toda la superficie con el plástico líquido. Después se extrae la pieza ya recubierta y se introduce en el horno para terminar de gelar y solidificar el plástico superficial.

Rotomoldeo o Rotacional.-El moldeo rotacional emplea la rotación simultanea de moldes de paredes delgadas en dos ejes, primario y secundario, los cuales son perpendiculares uno del otro. Después de cargar con material de plástico apropiado, los moldes son calentados durante la rotación, originando que las partículas se fundan en la superficie interior del molde, depositándose en capas hasta que todo el material se funde. Los moldes se enfrían al dejar de girar, y se abren para que el articulo terminado sea sacado y los moldes recargados.El metodo rotacional por polvo difiere de otros procesos de moldeo en estos requieren calor y presión para plastificar la resina, el moldeo rotacional por polvo requiere solamente que se caliente el molde. El principio del moldeo rotacional se ilustra en la figura 2.5.

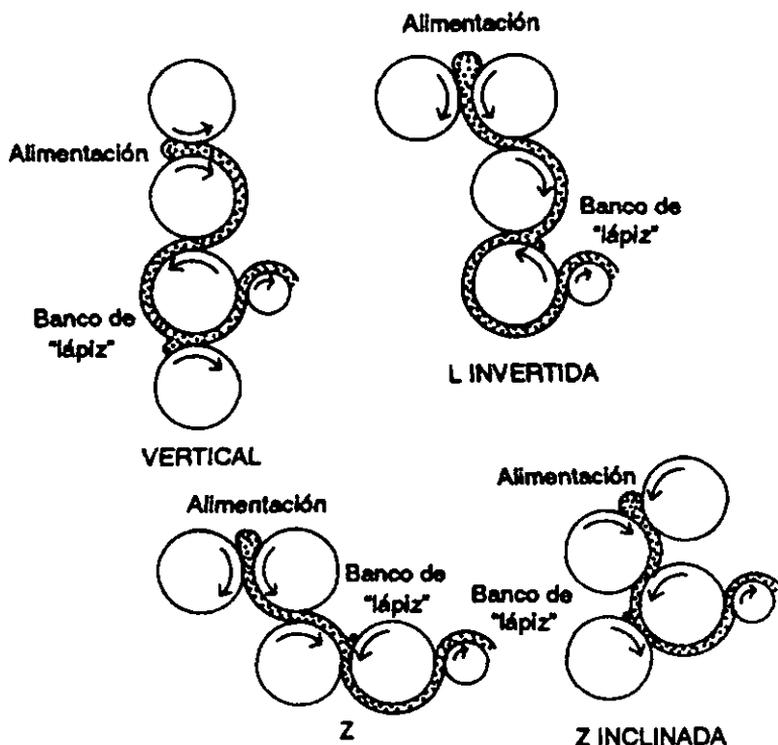


FIGURA 2.4. DISPOSICIONES DE RODILLOS PARA CALANDRAS DE CUATRO RODILLOS.

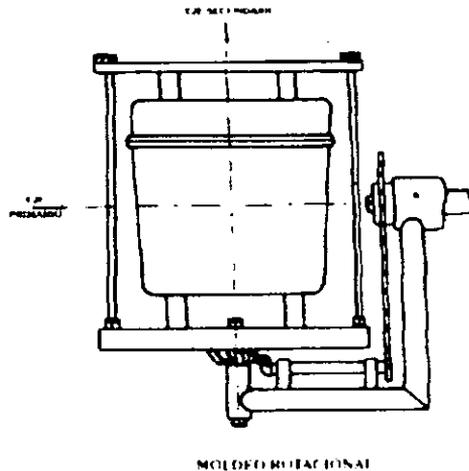


FIGURA 2.5. MOLDEO ROTACIONAL

Compresión.- En el moldeo por compresión una cantidad apropiada de material en la cavidad de un molde se comprime mediante un punzón llamado fuerza. El plástico se calienta en la mayoría de los casos entre 120 y 260 °C, se suaviza y fluye para llenar el espacio entre la fuerza y el molde. El molde se mantiene cerrado durante suficiente tiempo para permitir que se endurezca la pieza formada. esto se hace en una prensa capaz de ejercer de 15 a 55 MPa sobre el área del trabajo proyectada en un plano normal al movimiento del ariete, dependiendo del diseño de la parte y del material.

El tipo básicos de molde de compresión para los plásticos se muestran en la figura 2.6. La fuerza se ajusta con holgura en el molde de tipo positivo. Se ejerce la presión total de la fuerza para hacer que el material llene totalmente el molde. La cantidad de carga debe controlarse en forma estrecha para producir una parte de tamaño exacto.

La fuerza tiene un ajuste estrecho en un molde de tipo semipositivo solo dentro del último milímetro de viaje. La presión completa se ejerce al cierre total del molde, pero puede escapar el exceso de material y la carga no tiene que controlarse con estrechez.

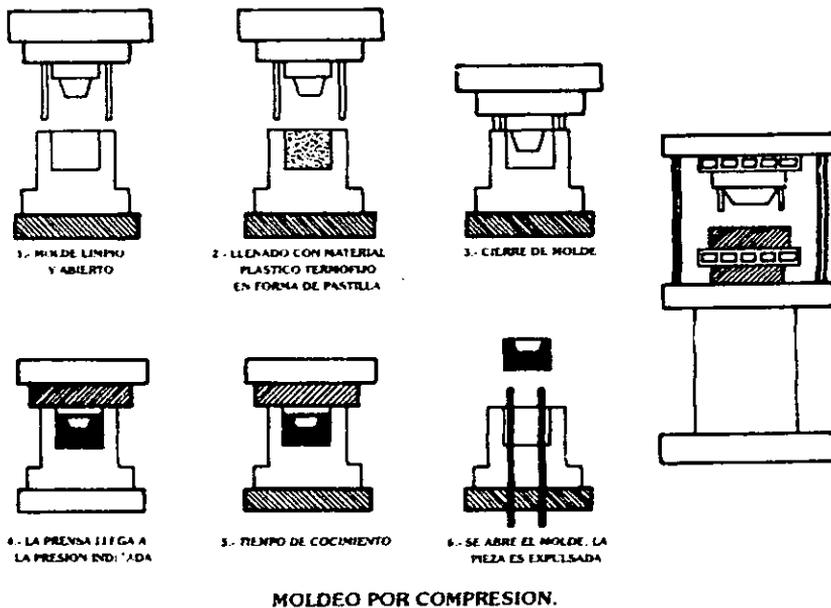


FIGURA 2.6. TIPO DE MOLDE DE COMPRESIÓN PARA PLÁSTICOS.

2.2.- Procesos secundarios.

Los procesos secundarios se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Termoformado.
- Doblado.
- Corte.
- Torneado.
- Barrenado.

A continuación se explicaran los procesos antes mencionados:

TERMOFORMADO.- El termoformado, se calienta una preforma que, por lo común, es una lámina de polímero obtenida por extrusión, hasta que se reblandece y, luego, se deforma mediante una fuerza que se aplica al molde, donde se enfría.

En la figura 2.7a se ilustra lo que es generalmente se conoce como formado libre, una técnica que se usa presión de aire diferencial y donde la forma del macho o la hembra no se requieren. La sección estirada o soplada de la esfera retenida se enfría sobre el perfil. Un proceso algo similar conocido como al vacío con empuje de retorno, se ilustra en la figura 2.7b. después que se sujeta la lámina caliente, se crea un vacío en la cámara, que hace que la lámina se absorba hacia abajo (esto se indica por las líneas punteadas). Entonces, se introduce el molde macho en la hoja formada y se va reduciendo el vacío gradualmente, lo que hace que la hoja regrese contra la forma del molde. En la figura 2.7c, se muestra un arreglo en el que las láminas se conforman por presión de aire y de hecho, se soplan contra el molde. Este proceso se usa cuando se desean formas complicadas.

Los demás procesos se utilizan para darle una forma más específica al producto que se haya fabricado, por ejemplo en un engrane, si se necesita ponerle un prisionero se deberá barrenar y posteriormente hacerle cuerda.

Todos los plásticos termoplásticos son fácilmente mecanizables con el equipo normal de mecanizado de la madera y metales. Sin embargo, las características de mecanizado de los diversos termoplásticos pueden variar ampliamente, y cada material requiere su propio conjunto de normas.

El problema mayor en el mecanizado de termoplásticos es la eliminación del calor de fricción. Los termoplásticos tienen un punto de fusión bajo, en comparación con los metales, y se deben utilizar formas de herramientas y velocidades que eviten la fusión o paso a un estado elástico de los plásticos. El problema de la fusión se resuelve parcialmente mediante el empleo de refrigerantes, un diseño adecuado de la herramienta y velocidades de la máquina y de la herramienta correctas.

Los termoplásticos pueden ser taladrados en todas las prensas de taladrar normales. Aunque las brocas helicoidales convencionales, con puntas adecuadamente afiladas realizan satisfactoriamente su trabajo, los mejores resultados se obtienen con brocas especiales para plásticos.

En general, las brocas con una o dos estrías amplias, muy pulidas o cromadas, y ángulos de hélice grandes, son las más satisfactorias. Las puntas de la broca se

deben afilar con frecuencia y cuidado para mantenerlas con los ángulos adecuados.

El aire comprimido es suficiente como refrigerante satisfactorio y, generalmente, da mejores resultados que los lubricantes en las operaciones de taladrado. La separación frecuente de la broca del taladro, para eliminar las virutas, puede ayudar a prevenir la transformación elástica del plástico. Cuando falta poco para terminar el taladrado, se debe eliminar la presión para evitar la rotura o la formación de virutas; también se puede evitar esto utilizando una pieza de refuerzo de madera o plástico.

Los machos de roscar para termoplásticos se deben hacer con estrías grandes y muy pulidas para obtener un desahogo efectivo para la viruta y reducir la fricción al mínimo. Siempre que sea posible se deben usar tarrajas de paso ancho. Las tarrajas deben tener un ángulo de inclinación negativo para producir diámetros ligeramente redondeados. Para el tarrajado de termoplásticos son necesarios lubricantes y velocidades de rotación pequeñas.

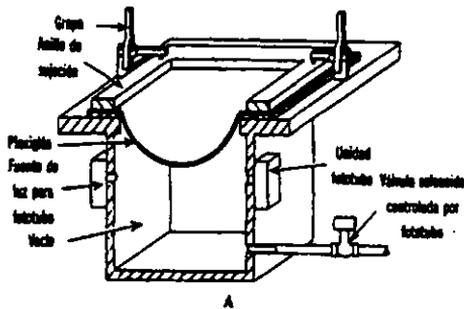
El fresado es posible utilizando fresas normales con un huelgo ligeramente mayor que el de las utilizadas para el corte de metales. Las fresas deben tener un ángulo de incidencia positivo de 10° a 20° . Para los plásticos más resistentes se recomiendan altas velocidades y avances pequeños y constantes. Se recomiendan refrigerantes, particularmente aire comprimido, para las operaciones de fresado.

Como ocurre en todas las operaciones de mecanización, los termoplásticos pueden ser torneados con el equipo normal de trabajo de metales, incluyendo las máquinas roscadoras. Las herramientas se deben mantener tan afiladas como sea posible, y se recomienda el empleo de herramientas de carburo, especialmente en las grandes producciones.

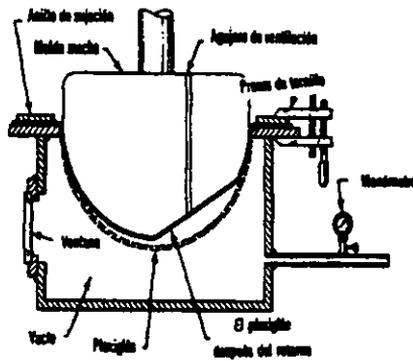
Normalmente no se requieren refrigerantes para el torneado; sin embargo, cuando se hace un trabajo con velocidades grandes, son útiles. Se deben usar siempre cuando se tornea el poliestireno.

Muchas veces se debe realizar una operación de acabado al final de la fabricación para eliminar las marcas de las herramientas, las rebabas o restaurar el brillo del material.

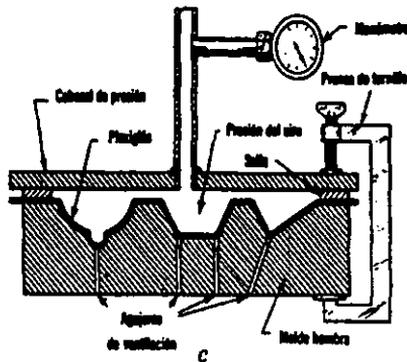
El lijado con lijadoras de cinta o de discos es común para todos los termoplásticos. Se utiliza el lijado en seco y en húmedo, siendo el segundo el más satisfactorio generalmente. Para el lijado basto se deben emplear granos gruesos y sucesivamente granos más finos para obtener acabados con lisura de satinado. Se pueden pulir también por tratamiento con piedra pómez húmeda y por pulido con rueda de trapo.



A



B



C

FIGURA 2.7. MÉTODOS PARA EL FORMADO DE HOJAS TERMOPLÁSTICAS CALIENTES. A, FORMADO LIBRE. B, FORMADO AL VACÍO CON EMPUJE DE RETORNO. C, FORMADO POR SOPLADO EN UN MOLDE.

CAPITULO 3

EL PET.

3.1.- Historia.

En 1929 Carothers sentó las bases para la fabricación de los poliésteres con sus estudios sobre la condensación de los compuestos bifuncionales consiguiendo la síntesis de Polímeros lineales. Posteriormente los químicos ingleses J.R Whinfield y J.T. Dickson, desarrollaron poliésteres saturados con punto de fusión más alto partiendo de ácidos aromáticos. En 1946 se inició la producción del PET, destinado a la manufactura de fibras textiles. A mediados de los años 70's, surge como un material útil para la elaboración de botellas y envases biorientados que contengan alimentos que requieren larga vida de anaquel.

A principios de la década de los 80's, la línea de productos de poliésteres saturados atravesó por una expansión vertiginosa, en especial en el sector eléctrico/electrónico y automotriz, debido a la creciente demanda de productos más tenaces y carentes de deformación a una temperatura de uso constante.

El PET por consumo se considera como un plástico commodity, su mayor mercado se encuentra en la industria de envases.

3.2.- Análisis por tipo de plástico.

Tereftalato de Polietileno. (PET).

ESTRUCTURA: El PET por su baja velocidad de cristalización y en función de las condiciones de operación en la transformación, se puede encontrar en estado amorfo-transparente (A-PET) o semicristalino (C-PET) con un 30 a 40% de cristalinidad, lo que quiere decir que el PET es un plástico cristalizabile.

Los diferentes grados del PET se diferencian por su peso molecular y cristalinidad. Los que representan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio, grado película y, de mayor peso molecular, grado ingeniería.

OBTENCIÓN: Existen dos formas por las cuales se puede obtener el PET, una es a partir del ácido tereftálico y el etilenglicol y la otra es partiendo del dimetil tereftalato y etilenglicol.

El método más simple para la obtención del PET, es la reacción directa de esterificación del ácido tereftálico con el etilenglicol, formando bis-b- hidroxietil tereftalato, " monómero" que se somete a una policondensación para obtener un polímero de cadena larga.

Mientras la reacción de esterificación tiene lugar por eliminación del agua como sub-producto, la fase de policondensación que se realiza en condiciones de alto vacío libera una molécula de etilenglicol, cada vez que la cadena se alarga por una unidad repetitiva.

Cuando la cadena va alargándose, el aumento en el peso molecular va acompañado por un incremento en la viscosidad, proporcionando mayor resistencia química.

Una vez que se tiene la longitud de la cadena requerida, el PET fundido se solidifica. Esto se efectúa a través de una extrusora con dado de orificios múltiples, para obtener un "espagueti" que se enfría en agua. En forma semisólida es cortado y se obtiene granulado.

En cuanto al PET grado botella, los pellets solidificados tienen tres factores que limitan su uso en la industria y como consecuencia se requiere de un proceso adicional en la fase de fabricación.

Dichos factores son :

- Es amorfo.
- Posee alto contenido de acetaldehído.
- Tiene bajo peso molecular.

El proceso mencionado recibe el nombre de polimerización sólida, y consiste en calentar el granulado en una atmósfera inerte, con lo que se mejoran simultáneamente las tres propiedades, proporcionando mayor facilidad y

eficiencia en el secado, moldeado de la preforma, producción y calidad de la botella.

PROPIEDADES: La densidad del PET amorfo es 1.33 g/cm^3 y la del PET cristalino es 1.38 g/cm^3 .

1.-Tereftalato de Polietileno Semicristalino (C-PET).

Es un termoplástico blanco opaco. Posee resistencia mecánica media, pero su rigidez y dureza son elevadas, baja resistencia al impacto y una gran resistencia a la abrasión.

El rango de temperaturas de uso continuo abarca desde -20 a 100°C . Su dilatación térmica se sitúa en valores medios y bajos. Este material presenta un aislamiento eléctrico medio, no es apto para aislante en alta frecuencia.

El PET es resistente a los ácidos diluidos, hidrocarburos alifáticos y aromáticos, aceites, gases, ésteres y alcoholes. No resiste agua caliente, vapor, ácidos y bases concentradas, hidrocarburos halógenos y cetonas.

2.-Tereftalato de Polietileno Amorfo (A-PET).

Es un termoplástico transparente, presenta menor rigidez y dureza, pero mejor resistencia al impacto. Su rango de temperaturas de uso continuo se encuentra entre -40 a $+60^\circ\text{C}$ y en ausencia de aire hasta 100°C .

Se cristaliza por encima de los 90°C , provocando cierta turbidez a menos que haya sido orientado o sometido a tratamiento térmico con anterioridad. Resistente a hidrocarburos clorados, posee propiedades químicas similares a las del C-PET. Tiene buenas propiedades de barrera a los gases no polares como O_2 y CO_2 .

En la figura 3.1 se observan algunos productos elaborados con PET.



FIGURA 3.1 PRODUCTOS ELABORADOS A BASE DE PET.

3.3.- Generalidades.

FORMULACIÓN CON ADITIVOS: El PET puede ser modificado con diversos aditivos que mejoran algunas de sus propiedades. A continuación se mencionan algunas de ellas:

- Retardantes a la flama.
- Cargas y refuerzos.
- Modificadores de Impacto.
- Agentes antiestáticos.
- Antioxidantes.
- Agentes nucleares.

APLICACIONES: Entre sus aplicaciones más importantes se pueden mencionar las siguientes:

- Envase y Empaque. (Se emplea para la fabricación de botellas, tarros, productos cosméticos y farmacéuticos, etc)
- Electrodomésticos. (Se emplea para carcazas de tostadores, freidoras, etc)

- Eléctrico-electrónico. (Se emplea para carcazas para motores eléctricos, engranes, transformadores, etc.)
- PET Grado Película. (Se emplea para el empaque de productos muy sensibles a la humedad que requieren larga vida de anaquel como los dulces, galletas, fármacos, etc.)
- PET Grado Fibra. (Se emplean en telas tejidas y cordeles, para cinturones de seguridad, hilos de costura y refuerzo de llantas, etc.)

PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN : Los procesos de transformación para obtener diferentes artículos de poliéster termoplástico, PET, se muestran a continuación :

Inyección: Los poliésteres termoplásticos se pueden trabajar en máquinas convencionales de inyección. El único problema es la abrasión que se presenta en los equipos al trabajar los grado reforzados con fibra de vidrio.

Extrusión: La extrusión es un método de transformación continuo, se puede elaborar película, lámina y filamento de tereftalato de polietileno (PET)

Soplado: Es el proceso más importante para la transformación del PET, con éste se elaboran envases, botellas, tarros y frascos.

Termoformado: El moldeo de termoplásticos por acción de temperatura y presión, recibe el nombre de termoformado.

En la figura 3.2 se observan algunas de tantas aplicaciones que puede tener el PET.

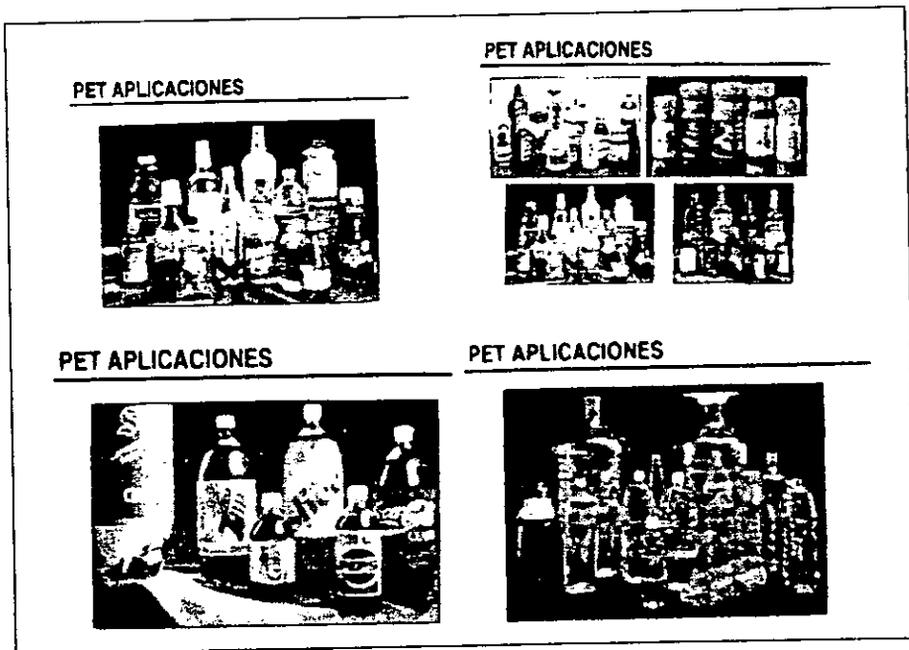


FIGURA 3.2 APLICACIONES DEL TERMOPLÁSTICO PET.

3.4.- Moldeo por inyección y soplado para una botella de PET.

Una secuencia simplificada se puede apreciar en la figura 3.3. En primer lugar el parison se moldea por inyección alrededor de un tubo de soplado, posteriormente se abre el molde de inyección y el parison se transfiere a un molde de soplado; después de la transferencia el polímero suave se infla para que tome la forma del molde de soplado y por último se abre el molde y se retira la pieza.

En una variante del moldeo por inyección y soplado, llamado moldeo por extensión y soplado (figura 3.4), el tubo de soplado se extiende hacia abajo dentro del parison moldeado por inyección, el plástico suave se alarga y se crea un esfuerzo más favorable en el polímero, que en el moldeo por inyección y

soplado convencional, o que en el moldeo por extrusión y soplado. La estructura resultante es más rígida, con mayor transparencia y mayor resistencia al impacto. El material que se usa más ampliamente en el moldeo por extensión y soplado es el tereftalato de polietileno (PET), un poliéster que se fortalece por el proceso de moldeado por extensión y soplado.

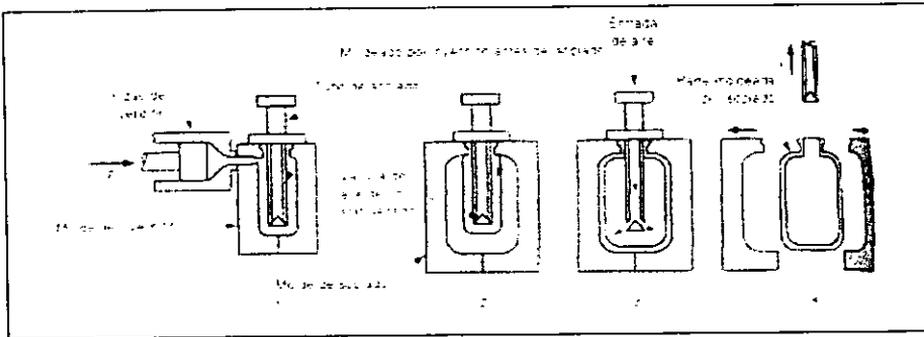


FIGURA 3.3 MOLDEO POR INYECCIÓN Y SOPLADO.

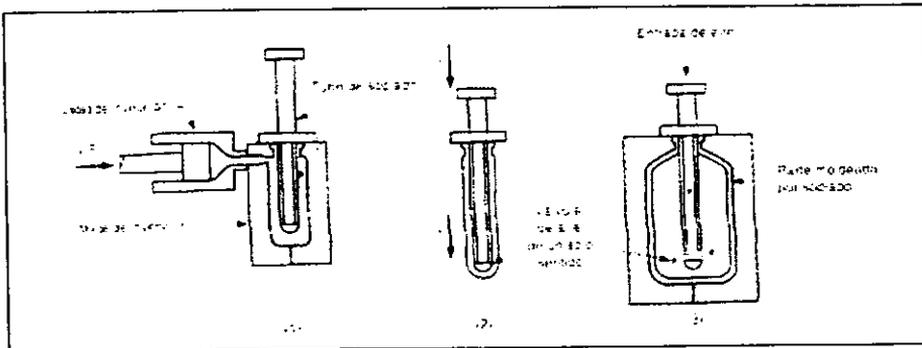


FIGURA 3.4 MOLDEO POR EXTENSIÓN Y SOPLADO.

CAPITULO 4

PRODUCCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS.

4.1.- El problema ecológico de los residuos sólidos.

Hay dos razones fundamentales para considerar el problema ecológico de los residuos sólidos.

1.- Su efecto contaminante cuando simplemente se tiran o entierran en la orillas de las ciudades.

2.- De los residuos sólidos se obtienen materias primas para reciclaje industrial que evitan seguir agotando los recursos naturales y además ahorran agua y energía en los procesos de fabricación.

Las materias principales que se recuperan de los residuos son papel, plástico, vidrio, metal y materia orgánica.

Como se sabe el papel en su gran mayoría proviene de los árboles, el cual puede reciclarse hasta 10 veces. Así, por cada tonelada de papel y cartón reciclados se dejan de cortar 10 árboles o de usar dos toneladas y media de madera, por otra parte, usa para su fabricación aproximadamente 450 mil litros, y puede ahorrarse el 60% de la energía necesaria para su producción.

Respecto al plástico, casi el 100% del contenido de los residuos sólidos es reciclable, si es del tipo termoplástico; además son materiales combustibles de un alto valor energético. Dadas sus características de termoplásticos permiten fundirlos nuevamente, reutilizarlos como materia prima para fabricar nuevos productos. El reciclado del plástico representa una alternativa para ahorrar materiales y energía, además de divisas que por concepto de importaciones de materia prima ahorraría muchos miles de millones de pesos anuales.

El vidrio contenido en la basura representa un gran problema del total de la basura y para producir una tonelada de vidrio se requieren 600kg de arena sílica, 200kg de cloruro de potasio, 200kg de caliza, 70kg de feldespato y

4500kw/hora de energía, y en su fabricación se generan 200kg de desechos de la extracción, y 15 kilogramos de partículas contaminantes en el aire. El reciclaje del vidrio evita los gastos para obtención de los componentes y ahorra un 40% de energía.

En el caso de los metales como el acero y el aluminio es similar. Para fabricar una tonelada de aluminio hay que extraer de una mina 4 toneladas de hidróxido de aluminio o bauxita. El tratamiento de estas 4 toneladas producirá 2 toneladas de los llamados barros rojos que presentan graves problemas de contaminación todavía sin resolver; por otra parte se habrán obtenido 2 toneladas de óxido de aluminio o alúmina, que requieran 16000 kw/hora de energía eléctrica, para finalmente obtener una tonelada de aluminio. Reciclandolo se reduce en un 95% el gasto de energía y de desechos contaminantes.

La materia orgánica es algo que de alguna manera la tierra nos ha brindado y no le regresamos nada a cambio; la naturaleza se convierte en una especie de despensa de la que sólo extraemos, con lo que se rompe el ciclo ecológico.

Tratar de resolver, en la medida de lo posible, las sustancias y la energía contenidas en los residuos sólidos y tender a que el hombre tome de la naturaleza solamente la cantidad de materia prima que necesitan para su consumo, es la forma más eficaz de preservar el medio ambiente.

Por otra parte, también son miles las industrias que se abastecen de residuos clasificados para fabricar nuevos productos.

Hasta ahora es común en la gente que no se ha puesto a pensar que la basura forma parte de un ciclo. La preocupación fundamental estriba únicamente en desaparecerla de nuestra vista lo más rápido posible. De ahí la aceptación del sistema de enterrar y olvidar, o relleno sanitario.

La basura se compone de materiales orgánicos e inorgánicos que desechamos cuando ya no les consideramos útiles, y antes de ser desperdicio, dichos materiales fueron útiles.

Una persona que prepara una ensalada de frutas o verduras no siente asco al quitarles la cáscara, los tallos o las hojas. Asimismo consume pan y tortillas, como galletas o alimentos enlatados sin que el producto o su envoltura le provoque repulsión; sin embargo, pocos minutos después de colocar todos los residuos en un solo bote, ya le causan rechazo quiere que desaparezcan como por arte de magia y no desea volverlos a ver.

En la ciudad sucede lo mismo, todos sus habitantes consumen algún producto diariamente, y este consumo origina la formulación y acumulación de basura, compuesta generalmente de restos de comida, cajas, bolsas de plástico, botellas, latas y todos aquellos artículos que para el ciudadano consumidor no tienen uso alguno. Esta generación de desperdicios ha provocado la necesidad de almacenarlos momentáneamente y para ello se utilizan diferentes tipos de recipientes, desde el común bote de basura hasta cajas de cartón, bolsas de plástico, cubetas, envases de leche, costales de yute y mil cosas más.

Este almacenamiento momentáneo de los residuos representa incomodidades como mal olor después de 12 horas, criaderos de insectos y atracción para los roedores; entonces hay que eliminar esta basura de cualquier manera y en donde sea.

La falta de conciencia y de un servicio de recolección oportuno irregular, ocasiona que la basura se tire por las noches en lotes baldíos o en las esquinas de las calles, en espera de que, milagrosamente, desaparezca.

En la ciudad de México, en donde el sentido de propiedad y el individualismo están altamente desarrollados, las áreas comunes como calles y banquetas, "que son de todos y de nadie", no hay por qué cuidarlas, mantenerlas y limpiarlas; esto se hace sin pensar que casi todos actúan igual, los perjudicados también seremos nosotros.

Por otro lado, también hay que pensar que en una ciudad como la de México que produce 15 millones de toneladas diarias de basura, ésta no puede desaparecer por arte de magia; hay que depositarla en algún sitio que a la larga se llenará, o bien habrá que reciclarla.

4.2.- Producción de desechos plásticos en el mundo.

En la figura 4.1 se muestran los millones de toneladas de desperdicios producidos al año en el mundo.

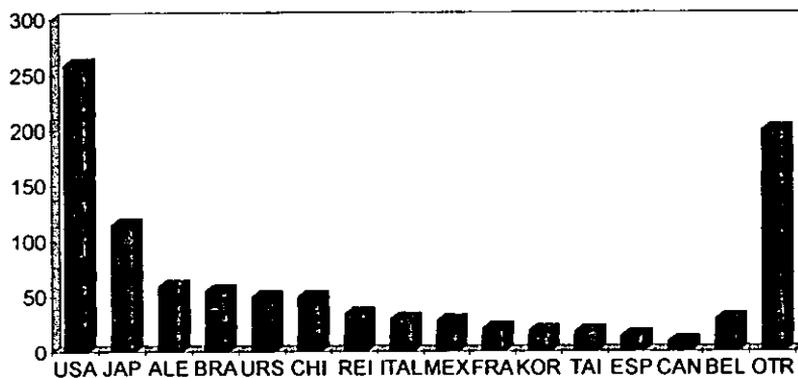


FIGURA 4.1 DESPERDICIOS PRODUCIDOS EN EL MUNDO.

Con esta gráfica nos podemos dar una idea de los desperdicios que se producen al año en diferentes países. Se puede apreciar que en países industrializados como en los Estados Unidos son los que generan más desperdicios con 260 millones de toneladas al año. En segundo lugar se encuentra a Japón con 115 millones de toneladas, y así se ve en forma decreciente la producción de desperdicios con los países graficados.

En el caso de México se puede observar que se producen o generan desperdicios, no en forma tan elevada como en Estados Unidos, pero se debe tomar en cuenta la industrialización de cada uno, entonces México genera 29 millones de toneladas al año de desperdicios.

Esto es algo de mucha importancia, porque nuestro país no tiene la capacidad de reutilizar estos desperdicios, donde la mayoría de estos son desechados en tiraderos, donde ya no hay capacidad para más. En la tabla 4.1 se podrá observar en porcentajes la cantidad de desechos plásticos de los países antes considerados.

TABLA 4.1 PORCENTAJES DE DESECHOS PLÁSTICOS.

	JAP	ALEMA	BRA	URSCHI	REINO	ITAL		FRAN	KOREA						OT
USA	ON	NIA	SIL	S	NA	UNIDO	IA	MEXICO	CIA	DEL	TAWAN	ESPAÑA	CANADA	CA	RO
4%	5%	3%	6%	2%	3%	3%	5%	3%	2%	3%	3%	0.05%	3%	4%	6%

Estos son porcentajes presentados en la figura 4.1, esto es, si en Estados Unidos genera 260 millones de toneladas, solo el cuatro por ciento de esta cantidad son desechos plásticos.

En el caso de México se generan el tres por ciento de desechos plásticos, esta cantidad es considerable, más que nada como impacto visual, por su gran volumen. En la figura 4.2 se observan los diferentes tipo de desechos que generan la basura.

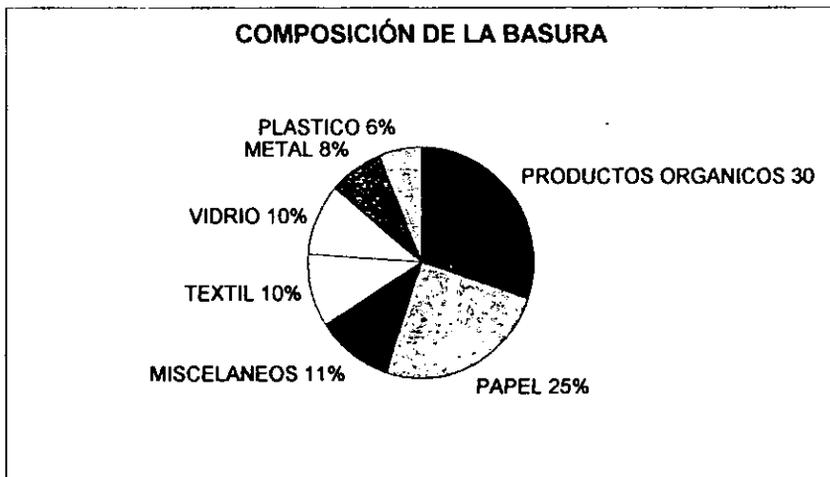


FIGURA 4.2 COMPOSICIÓN DE LA BASURA.

Como se puede observar lo que genera más basura son los productos orgánicos, no obstante no quiere decir que los demás no importen, por lo contrario cada uno de ellos genera un porcentaje que preocupa a la sociedad mundial.

En el caso del plástico se puede observar que se genera un seis por ciento del total de la basura a nivel mundial.

4.3.- Factores para regeneración de basura.

Se pueden encontrar cuatro factores que originan la regeneración de basura, estos son:

- Hábito.
- Flojera.
- Incultura.
- Irresponsabilidad.

A continuación se definen los factores antes mencionados:

- El hábito es una tendencia a repetir constantemente ciertos actos.
- La flojera se entiende por pereza, o negligencia.
- Incultura es la falta de pulimiento y buenos modales.
- Irresponsabilidad es la falta de sentido o conciencia de la propia responsabilidad.

Ya definidas la actividades antes descritas, se puede pensar que todos los habitantes del mundo tiene como hábito tirar la basura, donde esto a su vez es una necesidad, pero muchas personas realizan está actividad de mala forma, esto es que no separamos nuestra basura como debería de ser, por consiguiente esto es un acto de incultura, porque en nuestro país no se realizan campañas que generen el acto de separar la basura adecuadamente, por ejemplo en Estados Unidos se encuentra un depósito especial para cada tipo de desecho, ya sea inorgánico u orgánico, donde a su vez el inorgánico se puede separar en diferentes partes ya sea el papel, el plástico, el vidrio, etc. Todo esto nos lleva a un acto de irresponsabilidad por falta del gobierno y de cada persona que habita nuestro país.

4.4.- Producción de basura en el valle de México.

En el valle de México se generan 3'000,000 m³ de basura mensuales, esto equivaldría a llenar tres veces el estadio Azteca. Por cada familia se producen aproximadamente 1000 litros que equivale a 1 m³ de basura mensuales.(figura 4.3)

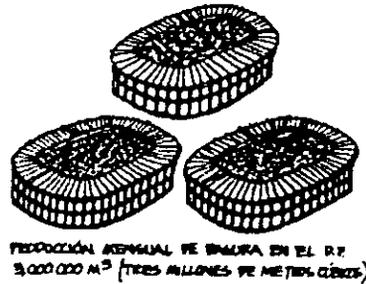


FIGURA 4.3 PRODUCCIÓN MENSUAL DE BASURA EN EL D.F.

Esto es un problema que aqueja a todos los habitantes de esta gran urbe, por que del total de la basura que se genera en el valle de México, el 5% de ella se incinera, creando problemas con la contaminación que se tiene en demasía, el otro 95% de la basura se entierra, sirviendo como relleno sanitario. Este es otro gran problema porque ya no hay espacio para seguir tirando la basura, los basureros ya están al máximo de su capacidad desde hace ya varios años y no hay espacio para más.

Esta es una realidad que se tiene que ir solucionando desde ahora, aunque sea un poco tarde. En el reciclaje del plástico se tendría una solución, porque en nuestro país casi nadie o nadie recicla y así se podría solucionar no todo sino un poco el desperdicio generado en nuestro país. Como un ejemplo los Estados Unidos un 18% de su basura la incineran, un 4% la utilizan para composteo, un 70% la entierran y el 8% la reciclan.

El 8% al parecer no es mucho pero por algo se empieza, no que al contrario en nuestro país el reciclaje es virgen. En otros países como Japón, Alemania, Italia, Reino Unido, Francia, Canadá, Brasil y España ya utilizan el recurso de el reciclaje, para darle solución a este grave problema.

4.5.- Métodos para el tratamiento de la basura.

Para el tratamiento de la basura se cuentan con diversos procesos para realizar el mismo, estos son:

- Pepena.
- Relleno Sanitario.
- Composteo.
- Incineración.
- Procesos Químicos.
- Pirólisis.
- Reciclaje.

La pepena.- La pepena es un sistema en el cual se recolecta y se clasifica la basura de forma manual. Este proceso se realiza en los tiraderos a cielo abierto. Este procedimiento, requiere grandes equipos , como lo son camiones recolectores, en el cual no se puede seleccionar y clasificar la basura, también se necesita un área de trabajo cerca de los tiraderos para poder seleccionar y clasificar la basura.

En este tipo de tratamiento se cuentan con las siguientes dificultades para su realización:

- Mano de obra intensiva.
- Problemas laborales.
- Enfermedad y contaminación.
- Productos heterogéneos.

Relleno Sanitario.- La definición del relleno sanitario es un lugar legalmente autorizado donde la basura municipal se deposita y clasifica para su posterior entierro.

El relleno sanitario es el método de disposición final de la basura más completo y de menor costo en inversiones que existe, siempre que se encuentre con un terreno a bajo costo; es también uno de los métodos más antiguos. La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles lo definió como un método para disponer los desechos en la tierra sin causar molestias o daños a la salud y seguridad públicas, utilizando principios de ingeniería para confinar los desechos al área más pequeña posible, reducirlos al mínimo volumen y cubrirlos con una capa de tierra al terminar las operaciones del día o en intervalos más cortos si fuera necesario.

Algunas de las principales ventajas de este método son las siguientes:

- Si se consigue un terreno a bajo costo, es el método más económico para la disposición de los desechos sólidos.
- La inversión inicial es baja comparada con otros métodos de disposición.
- Es un método completo de disposición final; es decir, no deja residuo.
- Se puede poner en operación en corto tiempo.
- Recibe todo tipo de desechos sólidos, con esto elimina la necesidad de colecciones separadas.
- Es flexible ya que puede disponer cantidades mayores o menores de basura con poco personal o equipo adicional.
- Una vez terminado el proceso, el terreno se puede habilitar como campos deportivos, aeropuertos, estacionamientos, etc.

Sin embargo, también pueden existir algunas desventajas, como las que a continuación se mencionan:

- En áreas muy pobladas, el terreno apropiado puede no estar dentro de distancias costeables para el transporte.
- Si no se opera adecuadamente se puede convertir en un tiradero a cielo abierto.
- La ubicación del relleno en áreas puede tener fuerte oposición pública.
- Un relleno terminado tendrá asentamientos y requerirá mantenimiento periódico.
- Las construcciones permisibles sobre el relleno son especiales y muy limitadas a los gases y asentamientos.

Entre las innovaciones recientes para prolongar la vida útil de un relleno sanitario se desarrollaron dos estrategias. La primera de ellas consiste en moler el material antes de colocarlo en el terreno. En la segunda hay que formar pacas de basura, molida o no, y proceder a colocarlas en el relleno.

El empleo de tales estrategias provoca modificaciones en el comportamiento de la basura en lo que se refiere a su descomposición y lixiviación. Otra innovación es la recuperación de gas metano proveniente del relleno, controlando la descomposición de las basuras e implantando sistemas de captura y purificación del gas.

Composteo.- El composteo se define como la degradación bioquímica de la materia orgánica fermentable, para convertirla en un compuesto bioquímicamente inactivo llamado compost. Se puede decir que el compost es un material que se obtiene por la acción microbiana controlada, donde se utilizan los desechos orgánicos como materia prima. Se hace que los desechos alcancen un grado de digestión tal, que al ser aplicados al suelo no provoquen una competencia, entre sus microorganismos y las plantas superiores, por los nutrientes que ambos necesitan.

Se puede decir que el relleno sanitario es una forma simple e ineficiente de composteo. La aplicación del composteo, como los procesos biológicos en general, está restringida, obviamente, a la fracción orgánica de la basura. El composteo se desarrolló, originalmente, como un elemento para mejorar los suelos, reponiéndoles la materia orgánica y los micronutrientes perdidos a causa del cultivo exhaustivo. El proceso de composteo es semejante al de la naturaleza para renovar el suelo.

Al agregar materia orgánica tratada y compost al suelo se obtienen las siguientes ventajas:

- 1.- Mejora las propiedades físicas del suelo, al facilitar su arado; lo hace más poroso y más aireado; mejora también su capacidad para absorber humedad.
- 2.- Mejora la actividad biológica del suelo; así como el crecimiento de las raíces.
- 3.- Ayuda a la descomposición de los compuestos minerales insolubles, como los fosfatos.
- 4.- Reduce la lixiviación del nitrógeno y el fósforo, solubles, que se usan como fertilizantes. Esto permite que se conviertan en nitrógeno y fósforo orgánicos en una mayor proporción.
- 5.- Pruebas preliminares parecen indicar que la cantidad de fertilizantes químicos requeridos disminuye en los suelos tratados con compost.

Como técnica de procesamiento de la basura urbana, el composteo ofrece las siguientes ventajas:

- 1.- Es la única técnica operativa para reutilizar la materia orgánica.
- 2.- Es adecuada para manejar residuos industriales de empresas productoras de cerámicos, vegetales, maderas, etc.

- 3.- Se complementa generalmente con otros procesos como el de recuperación de materiales, entre otros.
- 4.- Si el clima es extremoso puede afectar el proceso.

Algunos de los inconvenientes que presenta el composteo son los siguientes:

- 1.- Altos costos de instalación y funcionamiento.
- 2.- El mercado del composteo puede ser inestable, estacional o inexistente.
- 3.- Requiere de personal calificado.
- 4.- Se precisa eliminar objetos voluminosos o perjudiciales para los molinos.
- 5.- Se debe separar la fracción compostable del resto.
- 6.- La ubicación de la planta es difícil debido a las molestias que ocasiona en los alrededores.

La incineración.-El propósito principal de la incineración es convertir la basura urbana en un material no peligroso, estable tanto química como microbiológicamente, con un peso y volumen menor. Todo esto, logrado en corto tiempo dentro de una instalación de dimensiones tan reducidas como sea posible.

Un segundo objetivo de la incineración es obtener energía derivada del uso de basura urbana como combustible. Sin embargo, se debe aclarar que la finalidad principal de un incinerador municipal es destruir la basura y recuperar la energía. Sólo es un medio para amortizar los gastos de operación y evitar una pérdida de energía. Durante varias décadas disminuyó en esta posibilidad, debido a la disponibilidad de combustibles fósiles a bajo costo.

Por sus características de alta reducción de peso y volumen de los desechos sólidos logrados en poco tiempo y espacio, esta técnica tuvo un gran desarrollo y continúa teniéndolo, ya que posee la capacidad de una alta reducción de peso y volumen de los desechos sólidos en poco tiempo y espacio, y ofrece un atractivo para los grandes asentamientos urbanos actuales.

Algunas ventajas de este método son las siguientes:

- 1.- Es casi completamente higiénica.
- 2.- La reducción de volumen es de 10 a 1, o aún más, proporción considerablemente mayor de lo que puede lograr otra forma de disposición. El

peso de la basura convertida en ceniza seca se reduce a cerca de 30% del peso original.

3.- El control que se puede lograr sobre el proceso es tal que se puede garantizar que sean mínimas las cantidades de materia orgánica en el residuo, de modo que el método permita la disposición de ceniza en sitios no apropiados para relleno sanitario convencional.

4.- Los problemas de polvos y volantes no están asociados con la disposición de cenizas.

5.- El espacio requerido para la disposición de cenizas es mucho menor que el que se necesitaría para un relleno sanitario.

6.- La planta de incineración es una instalación compacta dentro de un edificio bien proyectado que se ubica en el campo.

7.- Sus residuos están relativamente libres de molestias y se pueden usar como material del relleno.

8.- Con la incineración se puede tratar la basura directamente, sin necesidad de clasificarla o molerla previamente.

9.- El clima no afecta el método de incineración.

10.- Puede ser flexible tanto en las horas como en las condiciones de operación

11.- Ofrece la posibilidad de conseguir ingresos adicionales por la venta de productos colaterales.

Algunas desventajas de este método son las siguientes:

1.- Requiere de gran inversión de capital.

2.- Presenta altos costos de mantenimiento y funcionamiento.

3.- Presenta riesgos de contaminación ambiental en caso de un mal funcionamiento.

4.- Su justificación depende de la situación estratégica de la instalación. Para que se obtengan ahorros en cuanto a la recolección se debe instalar la planta de incineración en la ciudad, pero ello puede ser caro y molesto. Su ubicación en las afueras, reduce su atractivo.

5.- No es un método completo, ya que deja el residuo de cenizas y hay que buscar un sitio donde ponerlo.

6.- La mano de obra necesaria, en las plantas incineradoras, es relativamente bajo en cantidad, pero debe ser de la más alta calidad, por esto se elevan en gran medida los costos. El personal de mantenimiento debe ser altamente calificado.

Procesos químicos.- Los procesos químicos son muy variados, pero debido a su alto costo en su tecnología no es muy empleado, se justifica cuando son grandes volúmenes, pero se requiere una separación previa y además su transporte es muy costoso.

Pirólisis.- De manera general, se puede decir que la pirólisis es un proceso de descomposición térmico del material orgánico que se convierte en productos sólidos, líquidos y gaseosos, con estructura más simple. Algunos de los productos de la pirólisis tienen un valor económico como combustible.

Se denomina destilación destructiva a una pirólisis óptima para obtener productos líquidos; mientras que la carbonización es una pirólisis óptima para obtener productos sólidos.

La gasificación, llamada también oxidación parcial con escasez de aire, es una reacción de compuestos orgánicos con menos oxígeno que el necesario para la combustión completa.

La pirólisis de basura urbana es un concepto relativamente nuevo, por eso la técnica todavía se encuentra en desarrollo. El que existe sobre el proceso se generó principalmente, a partir de investigaciones de laboratorio y de plantas piloto, aunque se conocen datos de instalaciones a mayor escala.

Ahora bien, se pueden pulverizar varios arreglos de equipo para pirólisis de basura. En general, el proceso requiere un sitio de almacenamiento; un dispositivo de alimentación; un molino; un reactor pirolítico calentado por una parte de los productos volátiles de la pirólisis; una unidad de recuperación de partículas sólidas de los gases; equipo de recolección y almacenamiento de los productos sólidos, líquidos y gaseosos.

El reactor, que es el núcleo del proceso, puede tener diferentes diseños. Entre ellos, existe uno de tipo retorta cilíndrica que gira lentamente en forma inclinada y se calienta extremadamente mediante gas pirolítico, mientras la basura entra y sale por los extremos del cilindro.

Los sistemas difieren, fundamentalmente, en la pirólisis en tres aspectos:

- 1.- La manera de acondicionar la basura antes de su transformación.
- 2.- Los niveles de corrosión y acumulación de depósitos en el pirolizador.

3.- La compatibilidad del combustible producido con los medios de incineración.

Las operaciones involucradas en la pirólisis se pueden agrupar en tres etapas:

- a) Preparación del material de entrada.
- b) Pirólisis y recuperación de combustible.
- c) Recuperación de materiales (vidrio y metal).

Entre las ventajas que presenta el proceso están las siguientes:

- 1.- Facilita el control de contaminación del aire, respecto a la incineración.
- 2.- La reducción del volumen de basura entrante y la producción de residuo estéril, que aumenta la vida y mejora la calidad de los rellenos sanitarios en relación a la basura no tratada.
- 3.- El proceso es autosuficiente con respecto a la energía.
- 4.- La pirólisis es un método para convertir parte de la basura en combustible almacenable y transportable.

Entre las desventajas del proceso se pueden mencionar las siguientes:

- 1.- La reducción de volumen en la pirólisis es menor a la que se obtiene por incineración. La porción combustible de la basura reduce su volumen aproximadamente a la mitad. Esto no representa un aspecto atractivo de la pirólisis.
- 2.- Se calcula que los costos de capital de hornos pirolíticos son altos, similares a los hornos de incineración convencional. La diferencia del costo entre ambos procesos se debe a los distintos costos de preparación de la alimentación y en el equipo anticontaminante usado. Este último punto, favorece la pirólisis.
- 3.- Debido al gran número de problemas técnicos y económicos, relativos al proceso de pirólisis, es difícil determinar la importancia de esta tecnología en la disposición de basura urbana.

Reciclaje.- El reciclaje es la circulación de materiales dentro de un sistema cerrado con el propósito de optimizar recursos, disminuir la generación de basura, propiciar la separación de desperdicios y reintroducir los mismos al sistema productivo para generar artículos útiles al hombre.

En la basura hay una diversidad de productos que se pueden reutilizar, si son previamente seleccionados antes de formar parte de un tiradero, cuando ya son parte de un tiradero son más difíciles de separar y reciclar, por eso es de gran importancia que se han separados antes de formar parte de los desperdicios.

Ya reciclados se pueden volver a utilizar en cosas productivas, para no formar parte de desperdicios, con los cuales ya no se sabe que hacer. Por esa razón es una opción para mejorar nuestro habitat.

CAPITULO 5

RECICLAJE.

5.1.- Materiales reciclables.

Una condición indispensable para que un metal recuperado a partir de la basura se considere reciclable, es que tenga mercado. Esto hace que den un caso a otro pueda variar la lista de materiales provenientes de la basura, considerados como reciclables. (figura 5.1). Es común que en la lista de materiales reciclables aparezca uno o varios de los siguientes materiales:

- Papel y cartón.
- Metales (ferrosos y no ferrosos)
- Vidrio.
- Hule y plástico.
- Textiles.
- Otros.

Es frecuente que las razones por las que un material tenga o no suficiente mercado sean bastante complejas; por lo general, tienen como trasfondo el hecho de que a partir de la basura urbana cruda, es difícil obtener materiales lo suficientemente libres de contaminación para reemplazar a las materias primas vírgenes.

Dado que los artículos manufacturados de papel, metal, vidrio, etc., necesitan además una serie de productos químicos para darles ciertas propiedades de color, brillo, resistencia mecánica, etc., al ser reprocesados estos artículos , los aditivos químicos se acumulan, a menos que se eliminen previamente. Por lo general, la acumulación de aditivos es inconveniente y puede llegar a perjudicar las propiedades del producto obtenido.

Algunas de las razones que provocan la baja de los materiales reciclables en el mercado pueden ser las siguientes:

1.- La renuencia, por parte de la industria, para reconocer que los reciclables preparados adecuadamente pueden servir, con igual o mejor calidad que la

materia prima virgen, para los procesos, y a menudo con mayores ventajas en otros aspectos.

2.- La falta de demanda de productos que contengan material reciclado.

3.- La relativa abundancia de materia virgen barata.

4.- La falta de capital disponible para el desarrollo de industrias que usen materiales reciclables y produzcan artículos con mercado.

5.- La demora en la transferencia de tecnología de países más desarrollados a países menos desarrollados.

6.- El desarrollo de oportunidades no percibidas por los empresarios o la falta de capital de inversión a un costo accesible.

7.- Que los recursos reciclados sean propiedad de las ciudades o municipios.

Esto implica que el peso político es determinante en las decisiones que se toman.



FIGURA 5.1 BASURA CONSIDERADA PARA SER RECICLADA.

Materiales celulósicos.- El papel se inventó en China, en el año 105 de nuestra era. El proceso para reciclar el papel se inventó en el año 1800 por Mattias Koops, quien descubrió que se podía formar de nuevo una pulpa por desintegración de papel usado en agua caliente.

Desde este descubrimiento trascendental, el papel es uno de los componentes de la basura urbana con mayor potencial de recuperación. En países industrializados, contribuye un porcentaje significativo de la basura. Una vez recolectado el papel, pasa a manos mayoristas, quienes lo clasifican en grados bien definidos.

Luego se forman pacas de 500 a 1500 libras de peso cada una. Como es de esperarse, las actividades de las organizaciones responsables del flujo de papel, desde que éste se convierte en basura hasta que llega a los mayoristas, tiene influencia directa del mercado del producto (oferta y demanda).

Los papeles de reciclaje se pueden clasificar en tres grupos:

1.- Mezcla de papeles y materiales burdos de papel. Este grupo se puede clasificar en un número de grados, que son determinados por la composición y pureza del papel. A esta clase, pertenecen las cajas de cartón, empaques diversos, cartón corrugado, bolsas de papel, papel periódico y otros.

El papel de esta clase se usa para fabricar rollos de papel para máquina de multicilindros. si se quiere rollos de papel de alta calidad es necesario usar papel reciclado de más alto grado, como periódicos, papel Kraft usado, papel desechado de las editoriales e imprentas sin imprimir y pulpas vírgenes.

2.- Papel cuya composición de fibras es, en su mayoría, de pulpas blanqueadas químicamente. A esta clase de papel corresponden los libros y las revistas impresas; estos papeles son reprocesados mediante una combinación de tratamientos mecánicos y químicos. Ya sin tinta, la fibra de papel procesado puede servir como material suplementario en la producción de pulpa nueva para la manufactura de libros, revistas y otros papeles de buena calidad.

3.- Papel desechado en blanco y limpio. Éste se puede usar directamente en la manufactura de papeles similares o como suplemento para la pulpa nueva. Este tipo de papel se puede utilizar sin ningún tratamiento previo, sólo el necesario para convertirlo en una pulpa.

En general, los altos grados de papel para reciclaje corresponden al papel blanco no impreso, fabricado con pulpas blanqueadas químicamente y libres de contaminación por sustancias extrañas. En los grados menores, se encuentran las mezclas de papeles de varias calidades, así como aquellos que contienen materiales que no se usan en la manufactura del papel. Los procesadores de papel consideran que el mayor problema en el reciclaje, de éste, es la presencia de contaminantes.

La gama de contaminantes incluye el látex, plásticos, metales, resinas, ceras, alquitranes o breas, espumas plásticas y materia orgánica. La contaminación por ceras, breas, látex o cualquier otro material de recubrimiento pueden arruinar todo el lote, porque estos materiales forman película que interfieren con la adherencia de goma al medio corrugante. Es difícil reciclar los papeles con alta resistencia a disgregarse en húmedo o con películas plásticas adheridas, debido a que no pueden formar pulpa.

En la recuperación se agregan agentes químicos, casi siempre humectantes, para liberar el recubrimiento plástico; con esta operación se recuperan aproximadamente el 87% de la fibra de papel. Las películas de polietileno representan un problema sólo si se fragmentan en pequeños trozos que son difíciles de separar de la pulpa.

El papel de reciclaje puede producir material tan blanco y atractivo como cualquier otro papel bond. Asimismo, el papel producido de fibras secundarias puede ser más estable dimensionalmente y tener mayor opacidad que el de fibras vírgenes.

Metales. - El reciclaje de metales tiene como fuente más importante la chatarra y los autos abandonados que se pueden reciclar en las fundidoras. En países desarrollados, se gastan grandes sumas de dinero para mover y reciclar los autos abandonados.

En la basura urbana, la fuente más importante de metales son los botes, derivados del consumo de múltiples alimentos y bebidas. El mayor problema en el reciclaje de éstos, es la obtención del metal libre de elementos extraños. En la recuperación eficiente de botes de hojalata se requiere reducir, en cierto grado, el tamaño de las partículas para liberar a las latas, en la medida que sea posible, de materiales atrapados o adheridos. Se recomienda la separación magnética, así como la incineración y limpieza.

El procedimiento tradicional para el reciclaje de los recipientes de hojalata consiste en pesarlos por la clasificación, quemado y molienda. Después, se queman para desestañarlos y se muelen para compactarlos. Finalmente, cuando salen de los incineradores ya no se aplica un desestañado posterior. El producto

obtenido no se puede usar en aceros de alta calidad, sino más bien en fundiciones de baja calidad.

El reciclaje que puede tener más éxito es del aluminio por su alto valor, sobre todo en países donde la basura es rica en este metal. Las latas de aluminio en la basura son, quizá, el elemento más valioso, incluso que la fracción ferrosa. no obstante, su recolección y separación es más complicada porque no se realiza mediante un magneto y porque se encuentran en menor cantidad que los metales ferrosos. Es más fácil reciclar las latas de aluminio puro porque sólo se requiere fundirlas. Además, el aluminio es un elemento no biodegradable que no se daña al estar en la basura, por la acción del ambiente, las plantas y animales.

Cuando se considera al cobre como un material reciclable de la basura urbana, por lo general, es porque contiene cuatro elementos contaminantes: estaño, níquel, fierro y plomo. Para eliminarlos es necesario seguir cuatro procedimientos por separado: el alto horno, el horno de conversión, el horno de ánodo y la refinación electrolítica. El procedimiento específico para un lote de cobre depende de su composición y del equipo instalado de una empresa purificadora.

Vidrio. - En el caso del vidrio, la materia prima virgen es aún barata; en cambio, el proceso de fusión requiere grandes cantidades de energía. Los ahorros de reciclaje se obtienen en la energía, siempre que la composición química del material reciclado sea la misma que la del conjunto y no existan contaminantes.

La industria manufacturera de vidrio, durante largo tiempo, mezcla cierta cantidad de vidrio reciclado, del mismo proceso, con las materias primas básicas del proceso. Las razones de esta práctica son de naturaleza técnica y económica. Por la parte económica, se obtienen ahorros en el costo de materia prima; por el lado técnico se afecta favorablemente el procesamiento y la calidad del vidrio

Uno de los efectos de esta mezcla es un incremento en la velocidad de fusión de las materias primas y el vidrio recuperado. Esto provoca un aumento en la velocidad de producción, reducción de tamaño y complejidad de los ahorros, así como en la manufactura de cierto tipo de vidrios, una mejor calidad del producto con respecto de la que se obtendría sin la fracción reciclada.

Cuando se recolecta el vidrio de la basura, se apila según su color y naturaleza, de ahí las distintas clases de vidrio pasan, por separado, a una trituradora que los reduce a trozos de media o una pulgada. Las etiquetas de papel y otros contaminantes no ferrosos se retiran a mano, mientras que los metales ferrosos se separan magnéticamente. A continuación, se lava el vidrio para retirar otras materias extrañas y se agregan algunos elementos químicos adecuados al agua de lavado. Después de retirar el agua, el material se pasa a un transportador de banda continua donde se localizan objetos extraños, por última vez, antes de ser almacenados y empacados.

Se considera que la industria de la fibra de vidrio es un gran consumidor potencial del vidrio recuperado. La opinión de un fabricante de fibra de vidrio es que en este proceso se requiere obtener una masa fundida del vidrio de viscosidad homogénea. El líquido debe pasar por orificios muy pequeños (entre 0.25 y 0.5 milésimas de pulgada) sin obstruirlos. Después, las barras en un campo de alta energía se convierte en pequeñas fibras de vidrio y con estas se fabrican los productos de fibra de vidrio. Las dificultades para reciclar vidrio en la industria de la fibra de vidrio son las siguientes:

- 1.- La dificultad para retirar los contaminantes con alta eficiencia.
- 2.- La dificultad para obtener una alta precisión en el control de viscosidad si están presentes varios tipos de vidrio con distintas composiciones químicas.
- 3.- Por los bajos costos de la materia prima virgen usada, la utilización de vidrio de reciclaje no es económicamente atractiva.
- 4.- La industria de la fibra de vidrio no procesa cantidades tan grandes de vidrio como las que se obtienen de la basura.

Plásticos y hules.- Hablar de plásticos es hablar de muy diversos materiales. Los termoplásticos se pueden formar al aplicar varias veces calor y presión. Los termoestables, después de someterlos, por primera vez, al calor y a la presión se convierten en sólidos rígidos. Se puede formar un producto intermedio al vulcanizar o alambrar el material termoplástico. La condición de estos productos va desde la elasticidad hasta la rigidez. La mayoría de los plásticos domésticos están hechos de materiales termoplásticos que se consideran como líquidos super enfriados más como verdaderos sólidos.

Por dificultades técnicas y económicas se rescata poco plástico de la basura para reciclar. Si los contaminantes se eliminan y los plásticos se separan, al menos en las dos fracciones de termoplásticos y termoestables, el material se reciclaría al igual que los desechos o recortes industriales de esta clase.

Sin embargo, en la basura las dos fracciones están entremezcladas, incluso en un mismo producto. Las fracciones mezcladas no se pueden procesar porque el procesamiento de una fracción es incompatible con la de la otra. Los plásticos en forma de película están adquiriendo importancia, ya que aparecen con más frecuencia en la basura y por sus características volantes de baja densidad. Por lo general, esta película es de polietileno. Al reciclar el plástico, se debe clasificar al menos en tres categorías.

Tipo A: desechos industriales. se refiere a materiales que no puede reprocesar la planta que los produce. Se pueden clasificar con facilidad según el polímero.

Tipo B: desechos plásticos mixtos con poco material contaminante. La presencia de diferentes tipos de polímeros dificulta el procesamiento por incompatibilidad.

Tipo C: desechos mixtos contaminados. Son los de la basura urbana. Sólo una pequeña parte libre de suciedad puede ser susceptible al reciclaje. Para el problema de compatibilidad se usan compatibilizadores como grasas cloradas o copolímeros específicos que muestren afinidad por dar una composición nueva y compatible a la mezcla. Pero uno de los problemas de los compatibilizadores es su alto costo.

Los residuos del tipo A se pueden convertir en productos nuevos y distintos de los productos originales mediante la técnica adecuada. Para el tipo B sólo se tienen los compatibilizadores. En el caso de los plásticos del tipo C, el problema es que la tecnología para reciclarlos es sumamente escasa.

El valor de las mezclas de los polímeros incompatibles recuperados a partir de la basura, en general, es muy limitado por sus pobres propiedades mecánicas. Hay al menos, dos formas para mejorar estas propiedades: una es alterar la composición de la mezcla para que alcance mejores propiedades. La otra, es

producir un aditivo capaz de unificar las propiedades mecánicas de los componentes.

Para la primera alternativa existen, al menos, tres posibilidades:

- 1.- Realizar una clasificación mecánica de los tipos genéricos de plásticos en la basura antes de pasar a reprocesarlos.
- 2.- Hacer una solución fraccionaria antes del procesamiento. La idea es agregar un solvente para que disuelva selectivamente uno o dos polímeros y que deje intacto el resto. Al terminar el solvente, o mezcla de solventes, se habrían separado las especies en solución.
- 3.- Agregar resinas vírgenes para llevar a un espacio aceptable.

En la literatura especializada algunos aditivos usados para mejorar las propiedades de la mezcla se llaman compatibilizadores, sea cual sea el mecanismo involucrado. La mayoría de los aditivos de este tipo promueven la adhesión entre las interfaces existentes, entre los componentes incompatibles de la mezcla. Esto se logra mediante aditivos poliméricos con estructuras moleculares escalonadas, tales como copolímeros block o graft.

Ahora bien, se han intentado separar la fracción termoplástica de la termoestable por fusión a cierta temperatura, o bien, por disolución en solventes selectivos. Sin embargo, aún fundido, el plástico no fluye, por esto se requiere usar aire caliente a vacío o por vapor en la separación. Otro método se basa en el uso de solventes que atacan a los polímeros específicos; por esto conlleva al lixiviado de sustancias químicas indeseables por el solvente

Los polímeros de cadena corta se recuperan a partir de los plásticos termoestables por destilación pirolítica, al menos a nivel de laboratorio. El plástico termoestable se puede usar como relleno de otras piezas y, a nivel piloto, también se ha probado como recubrimiento de concreto reforzado cuando las condiciones lo permiten.

La recuperación y el procesamiento del hule es más fácil, ya que al reprocesarlo tiende a alterarse la estructura química de los polímeros y, por ende, sus propiedades. Hay algunas expectativas para reciclarlo como adhesivos o baldosas. Los materiales termoplásticos se recuperan con facilidad.

La fuente de los desechos de hule son las llantas de autos. Otro materiales de hule son algunos recipientes, equipos deportivos, zapatos deportivos, accesorios médicos, entre otros. El hule obtenido del procesamiento de autos abandonados no es recuperable por su excesiva contaminación, ocasionada sobre todo por metales. En el procesamiento del hule no se hace distinción entre el natural y el sintético.

Éste se clasifica en las categorías siguientes:

- Llantas enteras y llantas vulcanizadas.
- Recorte de llantas.
- Objetos diversos hechos de hule sintético y tubos de neopreno.
- Especialidades.
- Recortes de hule natural.

El material recuperado se puede volver a vulcanizar, moler, someterlo a tratamiento químico y procesarlo en forma de hojas planas, que se venden para la manufactura de nuevos artículos de hule. El reciclaje de hule tiene la ventaja de ahorrar hule crudo, con esto los precios de los artículos, de este material, no resisten las alzas de la materia prima virgen.

Las llantas contienen alrededor del 70% de hule reciclado. De todo el hule reprocesado, aproximadamente, el 60% se utiliza en la fabricación de llantas. Otros usos del hule son la manufactura de tapetes para autos, hules para limpiadores de parabrisas, empaques diversos, mangueras, tapas de zapatos y artículos extruidos diversos. En el procesamiento de estos artículos, el hule de reciclaje se puede masticar mecánicamente con más facilidad que el hule natural o la mayoría de los sintéticos. También, es más sencillo realizar la vulcanización, y ocurren menos contracciones del material.

Textiles.- Debido al incremento de las telas hechas de fibras sintéticas, como los poliésteres y otros, muchas de las aplicaciones de los textiles se enfrentan a serios problemas.

La obtención de carbón activado a partir de textiles parece prometedora. La fuente tradicional para producir carbón activado es la fibra de coco, aunque

también se utiliza carbón, madera y azúcar. Para el caso de las fibras, se carbonizan a temperaturas moderadas, entre 200 y 250 °C.

Los textiles también se pueden utilizar en la fabricación de papel fino para escritura y papel tapiz. Sin embargo, si el trapo proviene de la basura, es una mezcla de fibras naturales y sintéticas, por lo general, contaminada con varias sustancias. Como las fibras sintéticas no se usan en la manufactura del papel, se inhabilita el aprovechamiento de la fracción de trapo.

Asimismo, los textiles se emplean para alfombras, colchones, muebles y recubrimientos a prueba de ruido, así como para estopas y materiales de limpieza. Una declinación en estos mercados ha estimulado el estudio de otros posibles. En especial se estudia la posibilidad de obtener carbón activado por medio de pirólisis.

5.2.- Sistemas de recolección y selección.

La decisión adoptada por los gobiernos respecto a utilizar el reciclaje como un método para gestionar los residuos sólidos precisa de fórmulas para separar los componentes reciclables de las basuras tradicionales. En este sentido, toda la actividad recae bajo la jurisdicción y dirección del sector público, y se ha ido delegando por los gobiernos nacionales, estatales y condales, hasta llegar al nivel más bajo posible dentro de la nación.

Esta es una tarea inteligente, ya que nosotros como nación hemos perfeccionado la gestión de los residuos y hemos conseguido unos costes bajos. En efecto la evaluación de las basuras es una industria de servicios, mediante la cual las basuras son recolectadas y transportadas hasta un lugar de evacuación (vertedero o incineradora); las comunidades pagan por este servicio.

Bajo el nuevo sistema de recuperación de reciclables y su venta al sector privado como materias primas para la fabricación de nuevos productos, las comunidades han de estar informadas sobre las empresas privadas y el mercado de materias primas.

Como consecuencia de todo esto, nos encontramos con una serie de conceptos que se aplican a la recolección y venta de los componentes reciclados. Estos

conceptos varían desde los centros de recolección selectiva y los centros de recompra hasta la recolección en acera de todos los reciclables, que, introducidos en un camión, son transportados hasta una instalación donde se seleccionan los componentes más importantes

Es necesario medir la viabilidad económica del reciclaje frente a los restantes métodos de gestión para los residuos sólidos. El costo del reciclaje implica:

- Costos de recolección.
- Costos de selección.
- Menos el costo evitado de vertido.
- Menos los ingresos por la venta de los reciclables.

La investigación y la experiencia ponen de manifiesto que, cuanto más complicada sea la tarea del residente, menor será la captura. Es preferible realizar una mezcla de los envases (vidrio, acero, aluminio y plásticos). La investigación que actualmente está realizándose en diversas partes del país se inclina hacia un proyecto extremadamente sencillo para el consumidor y un camión de recolección grande, que no tenga que vaciarse durante una jornada de ocho horas.

El camión de 23 m³ de carga superior, ha demostrado ser rentable para la recolección de periódicos no compactados, envases de vidrio, aluminio, acero y plásticos.(figura 5.2 y 5.3)



FIGURA 5.2 RECIPIENTE PARA LA BASURA.



FIGURA 5.3 VEHÍCULO DE RECOLECCIÓN PARA RECICLABLES.

El coste de la recolección y selección de los reciclables supone, aproximadamente, las dos terceras partes de los costes generales de la recolección. Por este motivo, un sistema mal diseñado puede ocasionar unos altos costos para la comunidad. Si una comunidad tiene un sistema mal diseñado, la responsabilidad recaerá sobre los plásticos que presentan una alta relación volumen-peso.

Ya que el costo de los equipos para recolectar el material en la acera y los empleados necesarios para introducir el material en el camión representa el 70% de los costos totales de la recolección, y por tanto el 50% de los costos totales de manipulación, es lógico pensar en la necesidad de diseñar sistemas de recolección que sean altamente eficaces.

Cuanto más materiales individuales sea preciso recolectar e introducir en una parte específica del camión, más tiempo se tardará en llenar el camión, y más horas tardará el operario en realizar esta tarea. Por lo tanto, disminuir los costes de recolección supone establecer a gran escala unos procesos simplificados, mediante los cuales se recolecten varios materiales en un contenedor lo más grande posible.

Una vez recolectados, los reciclables deben llevarse hasta una instalación para procesarlos de una forma apta que permita su venta como materias primas a las industrias que puedan utilizar subsegmentos de las basuras. Por ejemplo, las latas de aluminio se separan y se venden en forma de fardo, o se dejan sueltas en un remolque para ser vendidas a la industria del aluminio, que puede fundir el

material, reformular las aleaciones y utilizar el aluminio recuperado de diversas formas, incluyendo la producción de nuevas latas de aluminio. En el caso del vidrio, para que sea valioso, debe separarse por colores y debe estar absolutamente libre de cualquier material extraño, como cerámicas o metales. Si los materiales se seleccionan en un camión, irían hasta una instalación donde se descargarían los compartimiento individuales del camión en el lugar apropiado para su embalaje posterior.

La metodología de selección que se estará desarrollándose más rápidamente es la instalación para la recuperación de materiales. La mezcla no seleccionada de reciclables se entrega a una instalación diseñada para separar estos materiales en sus componentes, manualmente o mediante una combinación de selección automática y manual. Las latas de acero y aluminio se separan fácilmente del vidrio y plástico mediante imanes. El vidrio y los plásticos pueden separarse mediante sistemas mecánicos, después se separa de una forma adicional el vidrio, por colores, normalmente esta separación se realiza manualmente. (figura 5.4).

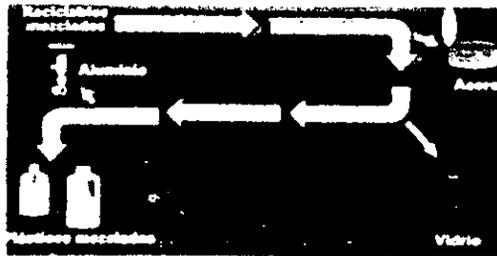
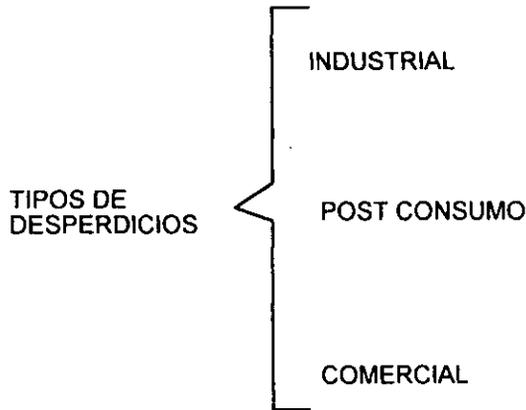


FIGURA 5.4 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA SEPARACIÓN DE MATERIALES.

5.3.- Tipos de desperdicios plásticos.

Para reciclar el plástico se debe hacer una clasificación de donde se pueden recuperar los desperdicios plásticos sin la necesidad de ir directamente a los tiraderos de basura.

Los tipos de desperdicios son los siguientes:



En el tipo industrial se puede localizar en una gran variedad de empresas, con la ventaja de que los productos se encuentran limpios y son de la misma especie, está es una gran ventaja para el reciclador porque en muchas ocasiones el reciclador solo se dedica a acopiar el producto para después si es necesario lavarlo, posteriormente reciclarlo y por ultimo se le proporciona al usuario.

El tipo post consumo es el mas problemático porque este se localiza en la basura, en donde el desperdicio se encuentra una gran variedad de productos, donde es difícil su separación por la gran diversidad de productos, además de que se encuentran sucios.

El desperdicio comercial se puede localizar en comercios y tiendas de autoservicio, aunque el producto es limitado el producto lo encontramos limpio, además de que son de la misma especie.

El que el producto se encuentre limpio y de la misma especie es de gran ayuda para el reciclador, aunque su abasto sea limitado el que se encuentre limpio y clasificado son de mayor ayuda que el estarlos clasificarlo y lavarlos, como es el caso del post consumo.

En la gráfica mostrada en la figura 5.5 se puede apreciar la contribución de los desechos plásticos en nuestro país en el año de 1996.

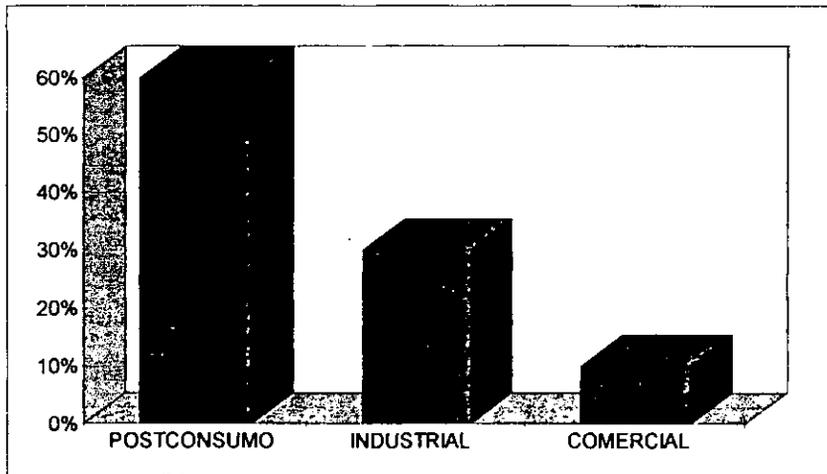


FIGURA 5.5 DESECHOS PLASTICOS EN NUESTRO PAIS.

Como se puede observar el post consumo presenta un 60% que equivale a 900,000 Tn, en cambio la industria presenta un 30% equivalente a 450,000, y por ultimo el comercio cuenta con tan solo el 10% equivalente a 150,000 Tn.

Así el post consumo cuenta con el mayor porcentaje de desechos, pero no se debe olvidar que el porcentaje restante equivale a 40% de productos limpios y de la misma especie.

Por otro lado se logra hacer conciencia en todo el mundo y principalmente en nosotros, se podría participar en la reducción del porcentaje del postconsumo y así lograr otro tipo de desperdicio en la tabla mostrada anteriormente, este sería el hogar y por consiguiente tendríamos productos limpios y clasificados.

5.4.- Clasificación de los desperdicios plásticos.

En la gráfica mostrada en la figura 5.6 se pueden observar los diferentes tipos de desperdicios plásticos.

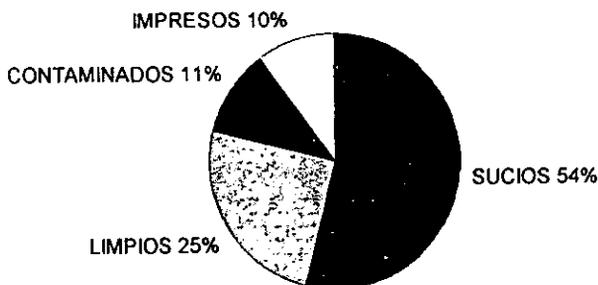


FIGURA 5.6 CLASIFICACIÓN DE LOS DESPERDICIOS PLÁSTICOS.

Los productos que se encuentran más son los desechos sucios con un 54%. En contra parte los desechos limpios se encuentran en menos de la mitad de los productos sucios, con un 25%.

Este 25% de desechos limpios es relativamente pequeño considerando el porcentaje de desechos sucios, pero en cuanto a costos salen ganando los desechos limpios, porque en muchas ocasiones ya no es necesario lavarlos, es mas barata su recolección, además casi siempre se en cuentan desechos de la misma especie, por lo mencionado en el apartado anterior.

Para que un reciclador siempre se sustente lo único que necesita es siempre estar abastecido de productos y con el 25% de productos limpios les es más que suficiente para satisfacer sus necesidades y las de sus compradores, porque estamos hablando de 600,000 Tn de productos limpios y de la misma especie.

5.5.- Procesamiento de plásticos por tipos.

Selección.- El reciclaje implica procesar las basuras en componentes finitos para que cada componente pueda encajar en su propio espacio de mercado como materia prima; de la misma forma, para maximizar el valor de los plásticos, lo idóneo sería dividirlos lo máximo posible. Las tecnologías para separar los

plásticos postconsumidor en sus componentes entran en una de estas cuatro amplias categorías:

- 1.- Macroselección de componentes.
- 2.- Microselección de componentes.
- 3.- Selección molecular de los componentes.
- 4.- Trato de los componentes en una mezcla de no seleccionados.

La macroselección implica tomar los artículos desechados y separados en diferentes componentes manipulando cada artículo individual. Un ejemplo excelente sería la separación de botellas PET para refrescos de las botellas de HDPE para leche. Esto se puede realizar mediante una operación manual o automática. La macroselección permite la separación de un amplio número de materiales. La identificación del polímero se ha solucionado en parte gracias a la codificación establecida por la Sociedad de la Industria del Plástico (SPI). Esta codificación asigna un número para siete grandes categorías de polímeros:

- 1.- PET (tereftalato de polietileno).
- 2.- HDPE (polietileno de alta densidad).
- 3.- PVC (policloruro de vinilo).
- 4.- LDPE (polietileno de baja densidad).
- 5.-PP (polipropileno).
- 6.- PS (poliestireno)
- 7.- Otros.

Este código, un numero con un triángulo alrededor, aparece moldeado en el envase rígido.

La microselección implica la separación de los polímeros por tipos, después de haber sido triturados y cortados en pequeños trozos de, aproximadamente, 3-6mm de diámetro. Actualmente, la microseparación comercial se aplica a las botellas de PET de refrescos, ya que es posible triturar la botella y separar los trozos de PET y de HDPE para obtener un producto de alta calidad. Esto implica utilizar una tecnología de flotación extraída de la industria minera, donde los materiales se separan por flotación aprovechando las diferencias de densidad.

Una tercera categoría de separación es lo que denominamos separación molecular. El Instituto Politécnico Rensselaer ha demostrado que es posible separar seis o más tipos de polímeros mediante la disolución de todos en una solución; se trata de aprovechar la temperatura de disolución para cada polímero. Esta tecnología y sus variaciones pueden llegar a ser muy importantes cuando se descubra la rentabilidad de separar los diferentes tipos de materiales en sus familias. Una de las ventajas de la tecnología de separación molecular es que permite la recuperación de los polímeros individuales de un envase con múltiples capas. Muchos embalajes modernos poseen propiedades, como, por ejemplo, barreras para el oxígeno, barreras para la humedad, etc.

Otro tipo de selección molecular consiste en despolimerizar el polímero en su monómero original. Algunos ésteres polímeros, como, por ejemplo, el PET y los metil-metacrilatos, se prestan a esta aproximación.

Recuperación de resinas.- Una vez capturados y seleccionados, los materiales se convierten en alimentación para la instalación de recuperación de resinas. Estas instalaciones son capaces de triturar y lavar las botellas y de separar los materiales en sus componentes para conseguir un polímero genérico limpio. Por ejemplo, el PET limpio puede conseguirse con una pureza del 99.9%. Esta es una calidad lo suficientemente alta como para poder competir con el PET virgen.

Los aspectos económicos de la recuperación son muy favorables. Una fábrica que recupere 9 millones de kilos de PET cada año puede construirse con, aproximadamente 2.5 millones de dólares, y conseguirá un precio de venta por el material triturado-reciclado que será aproximadamente la mitad del material virgen.

Es posible restaurar las propiedades de los materiales genéricos del flujo postconsumidor mediante el procesamiento y/o uso del material virgen. En el caso del PET, el polímero puede ser solidificado para restaurar las pérdidas producidas en su peso molecular. Según los primeros resultados de la investigación actual, parece que algunas propiedades pueden ser restauradas mediante la inclusión de aditivos y mejoras mediante la inclusión de materiales vírgenes. El método más fiable para el uso de material reciclado consiste en unirlo al material virgen. La industria de los plásticos tradicionalmente mezcla casi

todos los materiales, incluyendo los vírgenes, para conseguir las propiedades específicas requeridas por sus clientes.

Rechazos.- La experiencia ha demostrado que cuando se solicita a los residentes que depositen envases de bebidas tienden a depositar materiales no deseados. Al principio se pensaba que era un problema inherente a los plásticos, pero después se constató que sucedía con todas las categorías de reciclables cuando se depositaban en la acera. El material no deseado incluye envases que no son para bebidas, película e incluso juguetes. (figura 5.7)



FIGURA 5.7 BASURA DEPOSITADA EN LA ACERA.

Cuando es difícil o demasiado caro separar los materiales genéricos, es posible tratar la mezcla no seleccionada de todos los polímeros presentes en el flujo de residuos. Contrariamente a la idea histórica, los materiales que son incompatibles pueden procesarse de diversas formas para superar las propiedades negativas derivadas de su incompatibilidad. puede emplearse un primitivo moldeador por inyección, pero existen otras variaciones de este equipo que pueden ser utilizadas también.

La aplicación más primitiva de esta tecnología consiste en perfiles moldeados por compresión e inyección hechos de plásticos no seleccionados, que han encontrado en el mercado nuevas aplicaciones en forma de tablas, postes, aplicaciones marítimas, bancos para parques, etc. De esta forma, una mezcla no seleccionada, sin limpiar y que contenga metal y papel, puede refabricarse en un producto útil.

Básicamente, hay dos grandes posibilidades en la selección del material. La primera consiste en obtener un material genérico de alta calidad, similar en propiedades al material virgen que entró en el flujo de residuos, y la segunda implica que, cuando la economía no permita la recuperación de un material genérico, la nueva información disponible a través de la investigación nos mostrará la enorme utilidad potencial que tienen estas combinaciones de materiales

5.6 Razones para reciclar.

Las principales razones para reciclar son:

- Ecología.
- Economía.
- Escasez.

La ecología es una de las principales razones para reciclar, inclusive ahora existen normas ecológicas reestructuradas y más estrictas, para que se controlen más los desperdicios plásticos.

El reciclado ayuda a resolver el gran problema de desperdicios plásticos, gracias al reciclado se reutilizan los productos y esto ayuda a conservar los recursos naturales, porque se reutilizan los productos derivados del petróleo, además se ayuda a no tener más desperdicios en los tiraderos, etc., como se menciona en el capítulo anterior.

Con respecto a la economía se puede decir que la generación de desperdicios no se puede evitar en los plásticos, esto es debido a su gran utilización en los productos de la vida diaria. Las empresas productoras de plásticos reciclan el plástico para no crear una pérdida económica, combinándolas con productos vírgenes, donde estas mezclas sirven para reducir el costo de los productos, cuidando las características del producto en el momento de las mezclas. Entonces uno se puede dar cuenta que el material reciclado es más barato que el material virgen, por eso su gran valor económico.

Refiriéndonos a la escasez se puede decir que la industria de transformación de plásticos ha crecido considerablemente y también esta ha atravesado por varias

crisis. Estos factores propician la escasez y desabasto de materias primas, por consiguiente este factor hace que busquen otras alternativas de producción, como lo es el reciclado.

Entonces se puede decir que el reciclar los plásticos sirve para combatir la guerra ecológica, donde el mundo enfrenta una fuerte crisis de desperdicios, por que muchos países ya no saben que hacer con los desperdicios y no quieren invertir en tecnología para darle una solución al problema de los desperdicios y la pronta escasez de los productos naturales. Y por lo tanto el reciclado de los plásticos ayuda a resolver muchos problemas.

El reciclar plásticos ahorra el 88% de la energía requerida para producirlos a partir de petroquímicos. También ayuda a la conservación de los recursos naturales, gracias a el reciclado se reutilizan productos del petróleo y no se siguen explotando los mismos. Y además el costo por utilizar los tiraderos es de \$200 pesos donde aquí entra la reducción de costos, y reciclando ayuda a disminuir el volumen de desperdicios.

5.7 Reciclado industrial.

El reciclado industrial es de mucha ayuda para el empresario de plásticos, ya sea como productor, vendedor o usuario, gracias a la reducción de costos que genera el reciclado.

Donde el factor económico y los demás factores mencionados en el apartado anterior son los más importantes en el reciclado.

Para el manejo de desperdicios industriales se tienen que tomar en cuenta las siguientes reglas:

- Separación y limpieza de desperdicios
- Destinar un lugar específico para desperdicios.
- Clasificación de desperdicios por material y grado.
- Instalar aspiradoras para limpieza.

Las reglas anteriores son de vital importancia para el reciclador, para reciclar un producto se tiene que separar y limpiar los productos, para ubicar los que nos

serven y los que nos sirven, para posteriormente clasificarlos. Además se deben seleccionar zonas para colocar los desperdicios, esto con el propósito de que no se revuelvan los desperdicios que ya han sido separados.

Por otra parte es necesario clasificar los desperdicios porque no es eficiente reciclar materiales de diferentes especies, esto es, se tienen que clasificar los desechos de acuerdo al tipo de plástico a emplear, por ejemplo si se va a reciclar el PET se seleccionan todos los desechos que sean PET, se lavan y se reciclan, porque no se puede reutilizar productos reciclados de diferentes tipos. Los productos reciclados de diferentes tipos se les llama basura, por que ya es muy difícil y costosa su separación, y además instalar tecnología para una limpieza adecuada de el producto antes de su reutilización.

CAPITULO 6.

CONTROL DE CALIDAD PARA LOS MATERIALES RECICLABLES.

6.1.- Importancia del control de calidad.

La importancia de conseguir materiales reciclables de calidad es clara: los reciclables son materias primas y los mercados finales los tratan como tales. La oferta y demanda para los productos reciclados está constantemente en un estado de cambio, así como los precios pagados a los recicladores. Para conseguir el mejor precio posible, los recicladores deben demostrar a los mercados finales que el material procesado responde a las especificaciones y está constantemente disponible en cantidades suficientes.

Los ingresos para la venta de reciclables sirven para compensar los demás costes de implantación y operación del programa de reciclaje. Los costes pueden incluir:

- Estudios de factibilidad, contabilidad de residuos.
- Consultas sobre gestión de residuos sólidos.
- Recolección y transferencia de reciclables.
- Contenedores para reciclables.
- Materiales de concienciación y publicidad.
- Emplazamiento y estructura de la instalación de reciclaje.
- Equipo de procesamiento (transportadoras, imanes, trituradoras, cribas).
- Costos del procesamiento (mano de obra, suministros, servicios públicos).
- Gestión de la comercialización de materiales.

El reciclaje es más que nada una medida de evasión de costos, tanto para las comunidades como para la industria. La mentalidad común de dinero por basura ignora las realidades económicas a la hora de establecer un programa global de reciclaje municipal y comercial. Aunque los materiales tienen un cierto valor en el mercado, pocas veces los ingresos conseguidos por su venta compensan los costos de recolección, procesamiento y transporte.

La importancia de la calidad del material procesado y de la generación de altos ingresos para una planta de reciclaje se muestra la siguiente ecuación:

$$C.I + C.O\&M + C.T - I = C.N.P$$

donde:

C.I = Costos de inversión.

C.O&M = Costos de operación y mantenimiento.

C.T = Costos de transporte para los materiales procesados.

I = Ingresos por venta de materiales.

C.N.P = Costo neto del procesamiento.

Es evidente la importancia de conseguir productos finales de alta calidad. Los mercados finales reconocen el material de alta calidad y compensarán a aquellos recicladores que constantemente logren productos libres de contaminación.

6.2.- Problemas del control de calidad.

Además de los materiales reciclables, los procesadores a menudo reciben cantidades importantes de rechazos. Los rechazos pueden consistir en:

- Artículos reciclables actualmente no aceptados (reciclables potenciales).
- No reciclables.
- Residuos peligrosos.
- Contaminantes.

Un reciclable potencial puede ser un trozo de metal hallado en un contenedor de recolección en acera. Aunque el programa de reciclable podría aceptar latas de hojalata y otros productos posconsumidor, no hay garantías de que absolutamente todos los metales sean aceptables para el reciclaje.

No reciclable se refiere a un artículo encontrado en los residuos urbanos. Residuos peligrosos incluye a todos los residuos peligrosos domésticos, estos residuos son potencialmente dañinos, necesitarán un tratamiento especial.

Los contaminantes pueden ser problemáticos en los sistemas cubimúltiples que requieren que los residentes separen diversos tipos de reciclables en cubos producto-específico.

Líneas de defensa.- Desde el generador hasta el mercado final, los reciclables habitualmente pasan a través de muchas etapas. Es posible controlar la calidad de los materiales durante todo el proceso reciclador. Una campaña de concienciación agresiva sirve para reducir el porcentaje de contaminantes en el flujo de materiales. Otras líneas de defensa son la detección y separación de los rechazos en algunos puntos específicos.

Concienciación del generador.- Quizá la medida más importante y eficaz que puede adoptar un reciclador para controlar la calidad es la implantación de unas campañas globales que creen hábitos positivos de reciclaje. Los materiales educativos que son claros, concisos e informan a los participantes sobre los pros y contras del reciclaje pueden tener un gran impacto en la calidad de los materiales recibidos. Explicar la importancia del reciclaje para una comunidad o empresa específica también es una forma eficaz de subir la participación y mejorar la calidad del material.

Educación del transportista.- Los transportistas que llevan los reciclables desde el programa de recolección en acera pueden jugar un papel importante a la hora de controlar y mejorar la calidad de los materiales. A los transportistas, al igual que a los residentes, hay que informarles acerca de la importancia de mantener los rechazos fuera del flujo del proceso.

Los conductores, en los programas en acera, tienen la posibilidad de inspeccionar los materiales no seleccionados antes de cargarlos al camión. Los materiales que no cumplan las normas de entrega deberían dejarse en la acera para que los residentes sepan lo que no es aceptable. Esto evita que los rechazos entren en el flujo del proceso y a la vez conciencia a los residentes.

6.3.- Instalaciones para la recuperación de materiales.

Se utilizan con frecuencia instalaciones centralizadas de selección y procesamiento para los reciclables posconsumidor, estas instalaciones

consolidan los reciclables procedentes de una región y los separan para su envío al mercado.

Los residentes separan los materiales reciclables en un cubo y colocan las basuras no reciclables en otro. Los reciclables no seleccionados se envían a una instalación para la recuperación de materiales donde se seleccionan mecánicamente en sus fracciones respectivas. Los materiales reciclables de los programas con instalación para la recuperación de materiales normalmente son los siguientes:

Envases de plástico PET.

Envases de plástico HDPE.

Envases de aluminio para comidas y bebidas.

Moldes de aluminio para repostería.

Envases de acero cubiertos con estaño.

Envases de vidrio para comidas y bebidas.

Periódicos.

Cartón ondulado.

Revistas.

Papel de oficina de alta calidad.

Bolsa de papel kraft.

Una instalación para la recuperación de materiales bien diseñada tiene tres zonas principales de actividad:

- Zona de descarga (descarga de reciclables).
- Zona de procesamiento (selección, separación de contaminantes, embalado).
- Zona de envío (muelles de carga, equipo de transferencia).

Supervisión del muelle de descarga.- La mayoría de las instalaciones de reciclaje se reservan el derecho a rechazar los cargamentos que contengan más de un cierto porcentaje de materiales rechazables. De esta forma, las empresas de recolección tienen un incentivo para no entregar este tipo de materiales a las instalaciones para la recuperación de materiales. Las advertencias y las multas pueden evitar que las empresas repitan los errores. El personal del muelle de descarga inspecciona de forma visual los reciclables buscando grandes

volúmenes de residuos sólidos entregados equivocadamente, residuos de jardín y residuos peligrosos domésticos.

Supervisión de la zona de procesamiento.- A pesar de la calidad y la intensidad de los programas de concienciación, los materiales rechazables seguirán llegando a las instalaciones para la recuperación de materiales. Los rechazos varían en volumen según los materiales recolectados y los métodos de recolección.

Una estación de inspección o preselección debería formar parte del diseño de cualquier instalación de reciclaje. Se trata de una estación dedicada a la separación de materiales no reciclables y de cualquier objeto que pudiese dañar o lesionar a los trabajadores o al equipo. En las instalaciones para la recuperación de materiales mecanizadas, el material pasa por la estación y los rechazos en un conducto o sobre otra transportadora. Las transportadoras de rechazos de toda la instalación trasladan este material hasta un contenedor central destinado a los rechazos.

Cribado de materiales. A menudo, los rechazos son demasiado pequeños como para ser separados a mano; por lo tanto, se emplean cribas para separar todos los finos y contaminantes pequeños. Las cribas vibratorias separan todos los materiales por debajo de un diámetro fijo. Las cribas automáticas son una forma rentable de garantizar un material de alta calidad (figura 6.1).

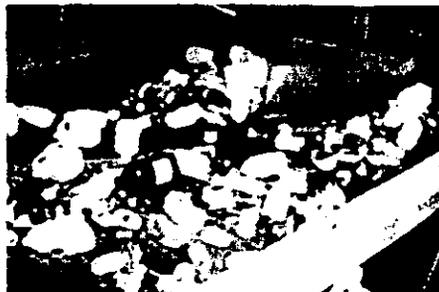


FIGURA 6.1 CRIBADO DE MATERIALES.

Evitar contaminación.- Las instalaciones automatizadas, con un alto rendimiento, se deben diseñar para un flujo específico de materiales con el fin de evitar la contaminación de los reciclables entre sí. Los metales en el flujo de plásticos o el vidrio en el flujo de plásticos son clasificados por los mercados finales como contaminantes.

Las máquinas de selección inclinadas dependen de la gravedad para separar el vidrio de otros materiales más ligeros. El vidrio cae por la cinta transportadora mientras el plástico y aluminio se llevan a un lado mediante cadenas giratorias (figura 6.2).

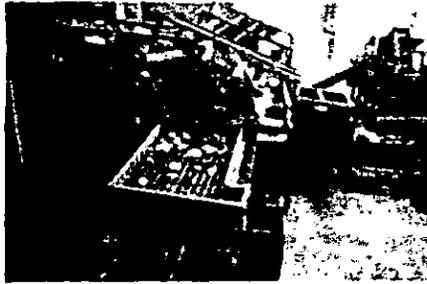


FIGURA 6.2 INSTALACIÓN AUTOMATIZADA.

Los electroimanes, que separan todos los envases férreos, deben colocarse con mucho cuidado en el sistema para separar solamente las latas férreas. El vidrio, el papel u otros contaminantes pueden quedar atrapados por los envases férreos si el imán no está a la altura y orientación adecuadas (figura 6.3).



FIGURA 6.3 ELECTROIMANES UBICADOS EN LINEA DE SEPARACIÓN.

6.4.- Comprobación del control de calidad.

Una vez que los reciclables no seleccionados han sido separados en la instalación para la recuperación de materiales puede llevarse a cabo un chequeo final para verificar que todos los contaminantes han sido separados. Los mercados finales para el vidrio son especialmente sensibles a la contaminación por cerámicas, vidrio de plomo, bombillas, etc. Los mercados finales son muy estrictos a la hora de que el material responda a las especificaciones. En la tabla 6.1 se muestra una lista de especificaciones de los mercados finales.

Concienciación, diseño, operaciones.- Unos programas de concienciación completos, un diseño de sistema experimentado y una operación bien gestionada son elementos clave para producir materiales reciclables de alta calidad. Los programas de reciclaje que conciencian a los participantes sobre los requisitos u objetivos del reciclaje son más propensos a estar libres de materiales rechazables.

Un sistema procesador bien desarrollado mejora la detección y la recuperación de rechazos. La contaminación con otros reciclables no será problemática si el sistema y los componentes del sistema se diseñan específicamente para el volumen y mezcla de reciclables entrantes.

<i>Material</i>	<i>Requisitos de embalaje y selección</i>	<i>Materiales contaminantes</i>
<i>Aluminio</i>	<i>Los envases de aluminio serán embalados según las normas industriales (aproximadamente 130*75*100cm, 256-320kg/m3). El aluminio será embalado y transportado en remolques llenos.</i>	<i>Contaminantes máximos: Hierro, hasta 1% por bala. Plomo, hasta 1% por bala. Humedad, hasta 4% por bala.</i>
<i>Latas de acero</i>	<i>La hojalata se coloca en balas de 130*75*100 cm que pesan entre 528-640 kg/cm3, con mínimas cantidades de restos de comida, etiquetas, etc. Las latas de acero serán embaladas y transportadas en remolques llenos.</i>	<i>Contaminantes máximos: Aluminio, hasta 5% por bala. Restos de etiquetas, hasta 10% por bala. Humedad, hasta 5% por bala.</i>
<i>Plástico PET</i>	<i>Las botellas de refrescos PET serán colocadas en balas de 130*75*100 cm que pesan 300-350 kg. El plástico PET se transporta en remolques llenos. No se requiere una separación por color.</i>	<i>Los materiales contaminantes no pueden exceder un total del 4% por bala.</i>
<i>Plástico HDPE</i>	<i>Las botellas HDPE se colocan en balas de 130*75*100 cm que pesan entre 300-350 kg. El HDPE debe procesarse para poder ser transportado en remolques llenos.</i>	<i>No menos del 95% de HDPE por bala. Plástico misceláneo, hasta 4% por bala.</i>
<i>Vidrio</i>	<i>El vidrio será seleccionado por colores en las subfracciones marrón, claro y verde antes de ser triturado. Los mayores contaminantes son los materiales refractarios, metales, vidrio no de envases y plásticos. Se toleran las etiquetas de papel. El vidrio calcin será aproximadamente de 1.25 a 5 cm.</i>	<i>Calcín claro: no menos del 95% claro, hasta 2.5% verde, hasta 2.5% marrón Calcín marrón: no menos del 90% marrón, hasta el 10% claro, hasta el 10% verde. Calcín verde: no menos del 85% verde, hasta el 15% claro, hasta el 10% marrón..</i>
<i>Periódicos</i>	<i>El papel de periódico se colocará en balas de 114*114*127 cm que pesan aproximadamente 530 kg. El material estará formado por periódicos seleccionados, no quemados por el sol, libres de otros papeles y sin más secciones a color que las habituales.</i>	<i>Materiales prohibidos: ninguno permitido. Los materiales contaminantes no excederán un total del 2% por bala.</i>
<i>Ondulado</i>	<i>Los envases ondulados se colocarán en balas de 114*114*127 cm que pesan aproximadamente 440 kg. El material estará formado por envases ondulados con forros test liner, yute, o kraft.</i>	<i>Los materiales prohibidos no pueden exceder el 1% por bala. Los materiales contaminantes no pueden exceder un total del 5% por bala.</i>

TABLA 6.1 LISTA DE ESPECIFICACIONES DE LOS MERCADOS FINALES.

CAPITULO 7

LA MOLIENDA COMO PROCESO DE RECICLADO DEL PLÁSTICO.

7.1.- Tipos de molienda.

Se pueden encontrar básicamente de tres tipos, y estos son:

1.- Convencional.

En este tipo de proceso se caracteriza por las siguientes características:

- Éste proceso es económico.
- El tamaño de la partícula después de procesado es fácil de manejar.
- Las fibras y películas requieren de previa compactación para un mejor manejo en el proceso de reciclado.
- El tamaño de la partícula o producto final es más o menos uniforme, esto dependiendo del tipo de diseño de molino utilizado.

2.-En frío.

3.-Criogénica.

Estos dos procesos tienen las siguientes características:

- El tamaño de sus partículas es homogéneo.
- Es el único proceso para hules.
- Se alimenta cualquier tipo de material directamente.
- El producto presenta tamaño de partícula muy pequeño.

Estas son las características más importantes en estos procesos, en los siguientes apartados se hablara con más claridad sobre estos procesos.

7.2.- Molienda convencional.

Las piezas de gran tamaño, tortas de material fundido y cuerpos huecos exigen, según el tipo de material y de su forma, la utilización de instalaciones de corte y molienda especiales. Los molinos ayudan a fragmentar, pero cuando reducen finalmente el material se denominan pulverizadores.

El principio de funcionamiento es el siguiente:

Fracturar el material en base a golpes contra cuchillas instaladas en el rotor (móviles) y una carcaza del equipo (fijas).

Las cuchillas pueden ser:

Cerradas.- Son para piezas compactas y pesadas.

Abiertas.- Estas se utilizan para artículos ligeros y voluminosos.

Para seleccionar un molino de acuerdo a las necesidades existentes se deben considerar los siguientes factores:

-El tipo de plástico.

-El estado del material, esto es, si son piezas de inyección, cuerpos huecos, piezas compactas, rebabas, coladas, y/o masas fundidas.

-Las dimensiones del material a triturar.

-Ver si el tamaño de grano final es el requerido o el usual.

-Verificar que no se contamine el material a procesar con cuerpos extraños, los cuales podrían ser rebabas de acero, material que no sea el que estamos procesando, etc.

-Y por ultimo se tiene que considerar es que el molino abastezca de la producción que se requiere.

La molienda convencional es uno de los procesos más económicos y fácil de utilizar, esto nos trae como consecuencia que muchos industriales consideren el invertir en el reciclaje, esto con el objetivo de hacer más productivo al país, además de reducir los contaminantes generados por la industria del plástico.

En la figura 7.1 se una línea de proceso para la molienda convencional.

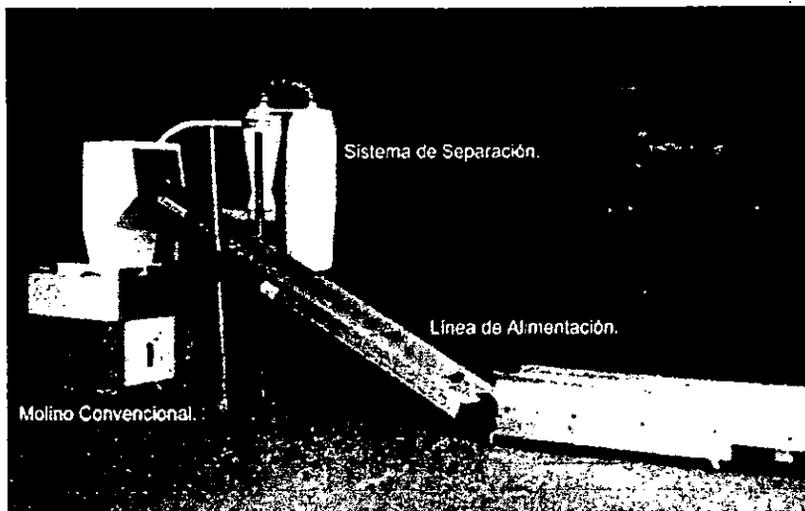


FIGURA 7.1 PROCESO PARA LA MOLIENDA CONVENCIONAL.

7.3.-En frío y criogénica.

Molienda criogénica.- El propósito principal de la molienda criogénica es obtener polvos con tamaño de partícula adaptables a revestimientos, rotomoldeo, mezclas secas y soluciones de polímeros.

Para reducir eficazmente el tamaño de los polímeros, la molienda criogénica emplea un compuesto refrigerante (llamado criogénico), que es un gas licuado que presenta una temperatura de ebullición inferior a -73°C . Debido a factores de seguridad, costo y disponibilidad, el anhídrido carbónico líquido y el nitrógeno líquido son los únicos fluidos apropiados para la molienda criogénica.

El gas criogénico de más uso es el nitrógeno, ya que contacta inmediatamente con el material de alimentación a -78°C , proporcionando excelente transferencia de calor. La mayoría de los polímeros más resistentes presenta fragilidad por debajo de -78°C , por ello requieren enfriamiento con nitrógeno líquido.

Principio de funcionamiento:

Una vez separados los desperdicios plásticos, son transportados al granulador en un medio refrigerado a -40°C , para aquellos polímeros que requieren largos tiempos de enfriamiento. Una vez limpio el material de desecho, el nitrógeno líquido que se encuentra almacenado a unos -190°C y 1.7 kg/cm^2 en recipientes de 1,134 a 34,020 lt, se transfiere a las líneas de transporte aisladas, con el fin de enfriar al polímero; además de rociar directamente el nitrógeno líquido sobre el polímero, el nitrógeno líquido cambia rápido a gas, absorbiendo calor de vaporización del material de alimentación. El nitrógeno frío continúa enfriando al polímero hasta su punto de fragilidad, para después entrar a un molino donde será reducido a un polvo, que sale a través de la abertura de descarga hacia el sistema colector. En la figura 7.2 se muestra un esquema de este proceso.

Molienda en frío.- En este proceso no se desarrollan temperaturas demasiado bajas, sólo se alcanzan las necesarias para fracturar el material. Se gasta menos nitrógeno líquido y aumenta la calidad del producto al conseguir tamaños de partículas más uniformes con menor costo, siempre y cuando se trabaje sólo un material.

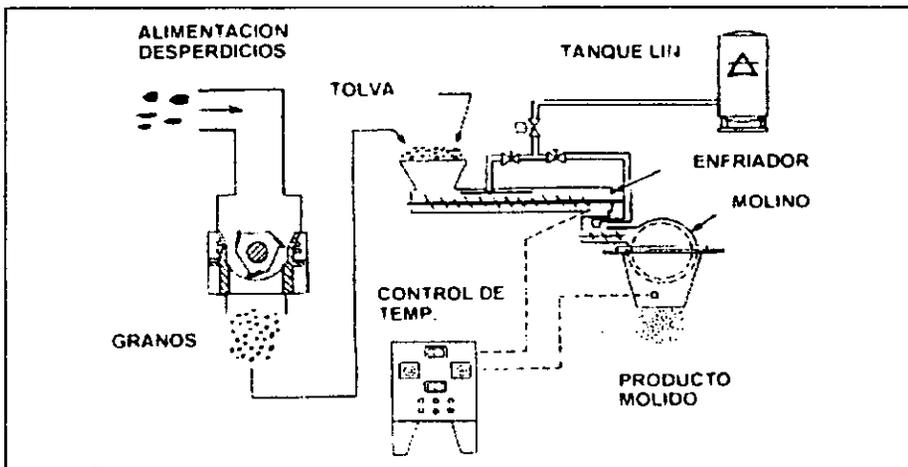


FIGURA 7.2 MOLIENDA CRIOGÉNICA.

CAPITULO 8

DISEÑO DE DETALLE.

El reciclado de plásticos a través de la molienda convencional se entiende por la fracturación del material, por medio del corte de cuchillas, a través de un rotor en el cual están instaladas las tres cuchillas móviles, y en la carcaza del equipo se encuentran las dos cuchillas fijas. El reciclado convencional se usa principalmente para fracturar materiales plásticos que pueden haber sido utilizados o no.

Por medio de una boca de alimentación se vierte el material dentro de la cámara de molienda, donde el material caerá directamente sobre el rotor y este arrastrará el material entre sus cuchillas hasta fracturarlo a la medida de la criba seleccionada.

Partes que integran el equipo:

8.1.- Estructura.

Construida completamente con laminas de acero (construcción soldable). La estructura de este tipo de molino es reforzada con la finalidad de tener una vida útil mayor, además de que son fáciles de desmontar todas sus partes, para hacer más fácil su mantenimiento.

El soporte esta construido de placa de $3/16''$, y ángulo de $3/16'' * 2 1/2''$, suficientes para tener la robustez deseada.

La cámara de molienda esta construida de lámina negra calibre $1/4''$, y solera de $3/16'' * 1 1/2''$, necesarias para soportar el golpeteo del rotor y del material, su diseño permite un fácil acceso para una rápida y cómoda operación de limpieza.

La parte deslizante del producto esta construido de lámina negra calibre $1/4''$ y solera de $3/16'' * 1 1/2''$, esta construcción inclinada es con el propósito de que el material no se regrese por la boca de alimentación, después de haber golpeado al rotor en movimiento.

La boca de alimentación esta construida de lamina negra calibre 3/16" y solera de 3/16" * 1 1/2", las dimensiones de esta permiten un fácil ingreso del material, al momento de preparar la máquina para iniciar el proceso.

8.2.- Motor.

El motor seleccionado es un motor trifásico de jaula de ardilla totalmente cerrado (220/440 V, 60 Hz), según catálogo de SIEMENS es un tipo 215T, sus características son las siguientes:

Potencia 10 HP (10.2 CV)

Nº de polos 4

1735 r.p.m. en 60 Hz.

Conexión (YY/Y)

Corriente de arranque en % de la corriente nominal 630.

Par nominal 41.1 N.m. = 419 kg.cm

Par de arranque en % del par nominal 240.

Par máximo en % del par nominal 300.

Motor estándar, peso aproximado. 61 kg.

Motor seleccionado para el trabajo que realizara el molino convencional.

8.3.- Flecha.

Se calcula el torqué que actúa sobre la polea, en función de la potencia transmitida de la siguiente manera:

$$M_t = (\text{Pot.} * 71600) / (870)$$
$$M_t = (10.2 * 71600) / (870) = 839.4$$
$$M_t = 839.4 \text{ kg-cm}$$

Por otro lado, se sabe que:

$$M_t = (F_1 - F_2) * R_p$$

Donde:

F_1 = Fuerza en el lado tenso de la banda

F_2 = Fuerza en el lado flojo de la banda.

R_p = Radio de la polea. ($R_p = 15.24 \text{ cm}$)

Asumiendo que:

$$F_2 = 1/3 (F_1)$$

Se tiene:

$$M_t = [F_1 - 1/3 (F_1)] * R_p$$

$$M_t = [2/3 (F_1)] * R_p$$

Despejando F_1 de la ecuación anterior se tiene :

$$F_1 = (2/3) * (M_t / R_p)$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$F_1 = (2/3) * (839.4 / 15.24)$$

$$F_1 = 82.6 \text{ kg.}$$

Así que la fuerza que actúa hacia abajo es igual a:

$$F = F_1 + F_2$$

$$F = F_1 + 1/3 (F_1)$$

$$F = 82.6 + 1/3 (82.6)$$

$$F = 110 \text{ kg.}$$

Considerando que el rotor pesa 50 Kg. y que la polea pesa 30 Kg., se construye el diagrama de cuerpo libre en el plano vertical que se muestra en la figura 8.1.

Se calculan las reacciones para poder trazar los diagramas de fuerzas cortantes y momentos flexionantes.

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-50 (24.5) + R_B (49) - 140 (61.5) = 0$$

$$R_B = (1225 + 8610) / (49)$$

$$R_B = 200.7 \text{ kg}$$

Aplicando:

$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ R_A - 50 + R_B - 140 &= 0 \\ R_A &= 50 + 140 - 200.7 \\ R_A &= 10.7 \text{ kg} \end{aligned}$$

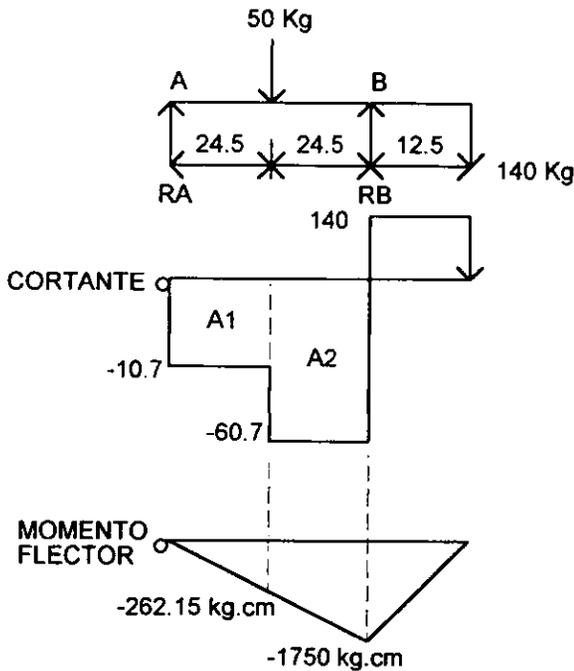


FIGURA 8.1 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE, ESFUERZO CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR, EN EL PLANO VERTICAL.

En el plano horizontal (figura 8.2) sólo se consideran la fuerza tangencial que crea el rotor y se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} F &= (M_t) / (R_{\text{Rotor}}) \\ F &= (839.4) / (12) \\ F &= 70 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Se calculan las reacciones y se trazan los diagramas de fuerzas cortantes y momentos flexionantes:

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0 \\ -70(24.5) + R_B(49) &= 0 \\ R_B &= (70 * 24.5) / (49) \\ R_B &= 35 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Aplicando:

$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ R_A - 70 + R_B &= 0 \\ R_A &= 70 - 35 \\ R_A &= 35 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

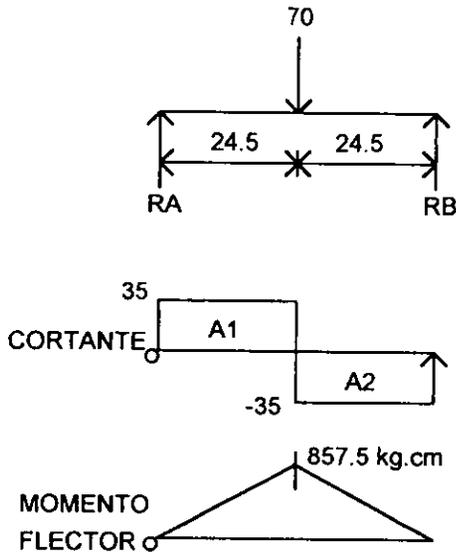


FIGURA 8.2 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE, ESFUERZO CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR, EN EL PLANO HORIZONTAL.

Por ultimo se obtiene el diagrama (figura 8.3) de momentos flexionantes con la suma de las dos anteriores :

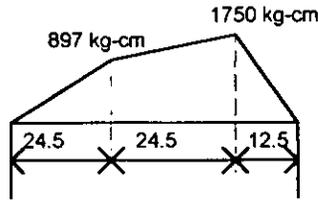


FIGURA 8.3 SUMA DE MOMENTOS FLEXIONANTES.

Puede notarse que el momento flexionante más grande actúa en el punto donde se va a colocar el rodamiento derecho y es igual a 1750 kg-cm.

Así para calcular el diámetro de la flecha se utiliza la ecuación propuesta por las normas ANSI - ASME de 1985.

Dicha ecuación es la siguiente:

$$1/F.S = [(32 / \pi D^3) ((k_t * M / \sigma_e)^2 + 3/4 (M_t / \sigma_f)^2)^{1/2}]$$

Donde:

K_t = Factor de concentración de esfuerzo.

M = Momento flector.

M_t = Momento torcionante.

σ_e = Resistencia a la fatiga del material.

σ_f = Resistencia a la fluencia del material usado.

Utilizando los siguientes valores:

F.S = 3, asumiendo condiciones de impacto moderado.

$K_t = 2$.

$\sigma_f = 8088 \text{ kg/cm}^2$ (Acero 4140, templado en aceite y revenido a 650°C).

$\sigma_{\text{max.}} = 9140 \text{ kg/cm}^2$

Entonces se tiene:

$$\sigma_e = (0.5 \sigma_{\max}) * K_D * K_C$$

Donde:

K_D = Factor de corrección por tamaño (igual a 0.85 para diámetros mayores a 0.8 cm).

K_C = Factor de corrección por confiabilidad (igual a 0.814 para una confiabilidad del 99%).

Entonces se tiene:

$$\begin{aligned}\sigma_e &= (0.5) (9140) (0.85) (0.814) \\ \sigma_e &= 3161.9 \text{ kg./cm}^2\end{aligned}$$

Así se tiene que:

$$\begin{aligned}1/3 &= [32 / \pi D^3] [(((2*1750) / (3161.9))^2 + 3/4 (839.4 / 8085)^2)^{1/2} \\ 1/3 &= 32 / \pi D^3 (1.11) \\ D &= [((32*3) / (\pi) * (1.11))]^{1/3} \\ D &= 3.23 \text{ cm}\end{aligned}$$

Por seguridad el diámetro de la flecha será:

$$D = 3.81 \text{ cm.}$$

8.4.- Rotor.

Completamente de acero, maquinado y balanceado para una mayor eficiencia de este. El diámetro exterior del rotor sin cuchillas es de 240mm y el largo de este es de 337, esta reforzado en sus extremos con dos discos de acero de $D_{\text{ext.}}$ 240mm y $D_{\text{int.}}$ 49.2125 * 31.75mm, en su interior se tiene un tubo cédula 40 de diámetro de 76.2, donde este a su vez esta reforzado en su interior con cuatro discos de $D_{\text{ext.}}$ 77mm, y $D_{\text{int.}}$ 49.2125mm * 25.4mm.

El rotor aloja las porta cuchillas con un ángulo de inclinación con la finalidad de desempeñar mas satisfactoriamente la función de corte cuando se le hayan colocado las cuchillas.

8.5.- Poleas.

Maquinadas en acero 1045, se sujetan por medio de asiento cónico y cuñero de seguridad y opresores para su fijación.

La selección de las bandas trapezoidales se calculan de la siguiente manera:

Para selección y número de bandas necesarias para transmitir la potencia entregada por el motor a la flecha del rotor se considera la siguiente información:

Potencia nominal (Pot_n) = 10 HP.

Velocidad de la polea conductora (n_p) = 1735 r.p.m..

Velocidad de la polea conducida (n_g) = 870 r.p.m..

Factor de servicio (F.S) = 1.1

Inicialmente se calcula la potencia de diseño:

$$Pot_d = Pot_n * F.S$$

$$Pot_d = 10 * 1.1$$

$$Pot_d = 11 \text{ HP}$$

$$Pot_d = 8.2 \text{ kw.}$$

De acuerdo a la tabla 8.1 se propone una sección C (7/8 * 17/32) con un diámetro de polea conductora de 6 pulgadas (este diámetro es el mínimo permisible para una sección C).

TABLA 8.1 SECCIONES DE BANDAS.

SECCION DE LA BANDA	ANCHO (a)		ESPESOR (b)	
	pulg	mm	pulg	mm
A	1/2	12.7	11/32	8.7
B	21/32	16.7	7/16	11.1
C	7/8	22.2	17/32	13.5
D	1 1/4	32.8	3/4	19.1
E	1 1/2	38.1	1	25.4

A continuación se calcula la velocidad lineal de la banda:

$$V = 1735 \text{ (rev/min)} * 2\pi / \text{rev} * 6/2 \text{ (pulg.)} * 0.0254 \text{ m / 1pulg} * 1 \text{ min} / 60 \text{ seg.}$$

$$V = 13.85 \text{ m/s.}$$

Con ayuda de la tabla 8.2 se obtiene la potencia que se puede transmitir por banda:

$$Pot_{\text{banda}} = 2 \text{ kw.}$$

TABLA 8.2 POTENCIAS ESTIMADAS DE LAS BANDAS V CON ÁNGULO DE CONTACTO DE 180°. (FACTOR K EN [Kw]).

SECCIÓN DE LA BANDA	DIAMETRO DE PASO DE LA POLCA		VELOCIDAD DE LA BANDA EN [m/s]				
	in	m	5	10	15	20	25
A	2.6	0.066	0.4	0.5	0.4	0.1	
	3.0	0.076	0.5	0.8	0.8	0.7	0.3
	3.4	0.086	0.6	1.0	1.2	1.1	0.8
	3.8	0.096	0.65	1.2	1.4	1.5	1.3
	4.2	0.106	0.7	1.3	1.6	1.8	1.6
	4.6	0.116	0.8	1.4	1.8	2.0	1.9
	5.0 y mayor	0.127	0.9	1.5	2.0	2.2	2.2
B	4.2	0.106	0.8	1.2	1.3	0.9	0.2
	4.6	0.116	0.9	1.5	1.7	1.6	0.9
	5.0	0.127	1.0	1.7	2.1	2.1	1.6
	5.4	0.137	1.1	1.9	2.4	2.5	2.1
	5.8	0.147	1.2	2.1	2.7	2.9	2.6
	6.2	0.157	1.3	2.3	2.9	3.2	3.0
	6.6	0.167	1.4	2.4	3.2	3.5	3.3
7.0 y mayor	0.177 y mayor	1.5	2.6	3.4	3.7	3.7	
C	6	0.152	1.4	2.0	2.0	1.4	
	7	0.177	1.9	2.9	3.5	3.3	2.3
	8	0.203	2.2	3.6	4.5	4.7	4.1
	9	0.229	2.5	4.2	5.4	5.9	5.5
	10	0.254	2.7	4.7	6.0	6.8	6.6
	11	0.279	2.8	5.0	6.6	7.5	7.5
12 y mayor	0.305 y mayor	3.0	5.3	7.0	7.6	8.3	
D	10	0.254	3.1	4.6	4.9	3.8	1.0
	11	0.279	3.7	5.8	6.8	6.3	4.2
	12	0.305	4.3	6.9	8.4	8.5	6.8
	13	0.330	4.7	7.8	9.7	10.3	9.1
	14	0.355	5.1	8.6	10.9	11.8	11.0
	15	0.381	5.4	9.2	11.9	13.1	12.0
	16	0.405	5.7	9.8	12.9	15.3	14.2
17 y mayor		6.0	10.4	13.5	15.1	15.4	
E	16	0.405	6.5	10.6	13.1	13.5	11.4
	18	0.456	7.4	12.4	15.9	17.2	16.0
	20	0.508	8.1	13.9	18.1	20.1	19.7
	22	0.558	8.7	15.1	19.8	22.5	22.8
	24	0.609	9.2	16.1	21.3	24.5	25.6
	26	0.660	9.7	17.0	22.6	26.2	27.4
	28 y mayor	0.711	10.0	17.7	23.7	27.7	29.2

Por último se determina el número de bandas, de la siguiente manera:

$$\# \text{ Bandas} = (Pot_d) / (Pot_{banda})$$

$$\# \text{ Bandas} = 8.2 / 2$$

$$\# \text{ Bandas} = 4$$

Entonces el número de bandas que utilizaran las poleas será de 4 bandas.

8.6.- Cuchillas.

Fabricadas en acero D2 y tratadas térmicamente a 56/58 Rc, garantizan una alta resistencia al impacto y la máxima durabilidad de los filos de corte, además son desmontables por medio de hojales para un desplazamiento, ajuste y afilado de las mismas.

Anteriormente en la fabricación de los molinos convencionales la forma de corte de las cuchillas era de forma recta, teniendo que afilar o cambiar constantemente las cuchillas, porque en este tipo de colocación las cuchillas reciben el golpe directo, teniendo un desgaste mayor, y por consecuencia una eficiencia menor de la máquina. Este tipo de corte tiene las siguientes desventajas:

- 1.- Las cuchillas se desafilan muy rápido (por el golpe directo entre ellas).
- 2.- Decece la producción.
- 3.- Se incrementa el costo de la hojuela de PET.
- 4.- Mayor tiempo de fracturación.
- 5.- Menor durabilidad del equipo.

La innovación de este tipo de molinos es la forma de colocación de las cuchillas, tanto móviles, como fijas, esto es dando un ángulo de corte para tener un menor desgaste de las cuchillas (se le llama corte de tijera) y tener una mejor eficiencia en el corte de pet. La colocación de las cuchillas en forma de tijera tienen las siguientes ventajas en comparación con el de cuchillas montadas en forma recta:

- 1.- Las cuchillas tienen mayor tiempo de vida de servicio.
- 2.- Aumenta la producción.
- 3.- El tiempo de molienda del material disminuye.
- 4.- Se disminuye el costo del producto.

- 5.- El equipo en conjunto tiene mayor durabilidad.
- 6.- Es más uniforme la hojuela de PET.

8.7.- Criba.

Un sencillo sistema de sujeción permite removerlas en pocos segundos. Se fabrican en placas roladas de acero de alta calidad. Disponibles con diferentes diámetros de barrenos, dependiendo el tipo de hojuela requerida, esta tiene un diámetro de 1/4". La colocación de la criba es desmontable para poder intercambiarla más fácilmente si es necesario.

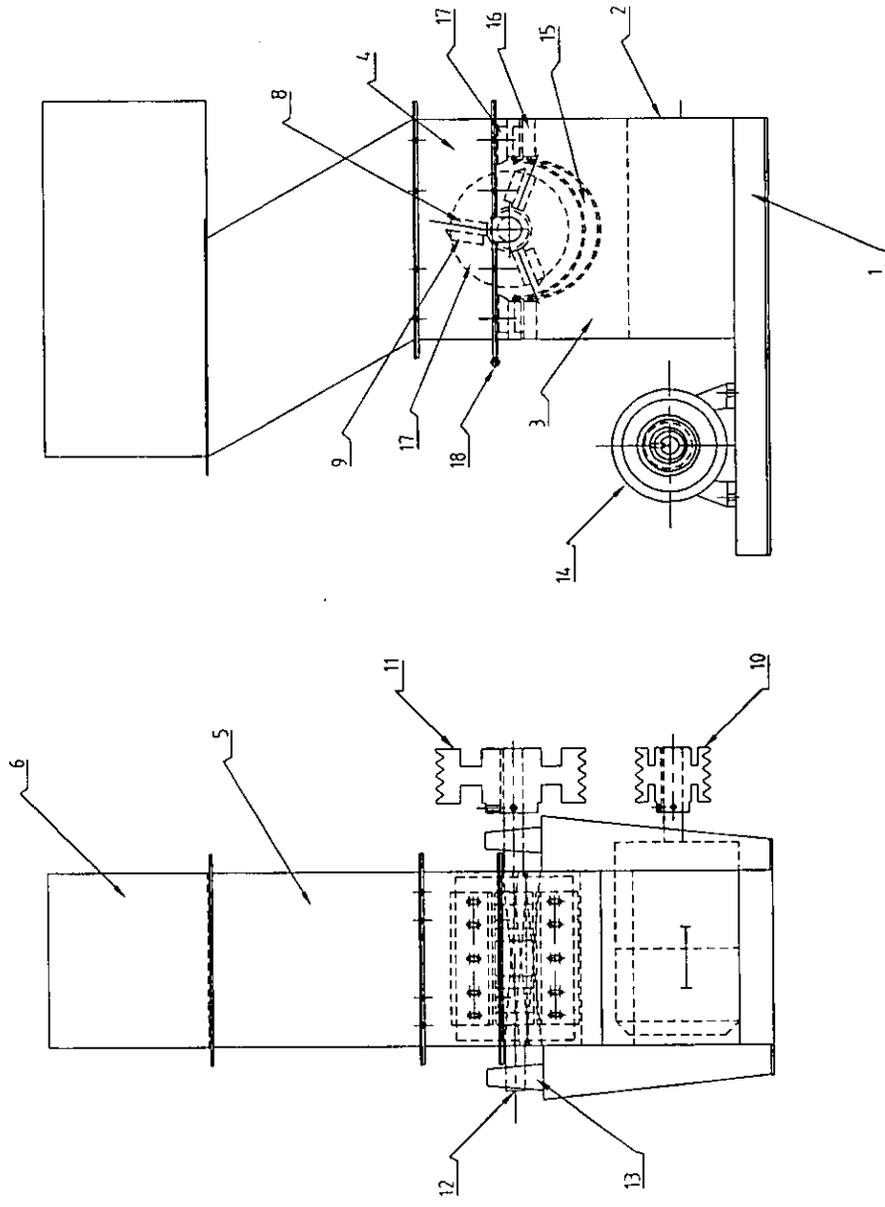
TABLA 8.3

HP MOTOR	DIAMETRO ROTOR (mm)	BOCA ALIMENTACIÓN (mm)	LARGO CUCHILLAS (mm)	n° CUCHILLAS ROTOR (r) CARCAZA(e)	PRODUCCIÓN Kg/h	PESO MÁQUINA
10	240	360*330	273.8	3 (r), 2 (e)	40/50	400Kg

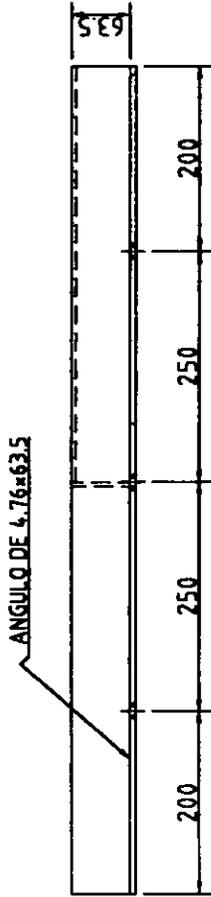
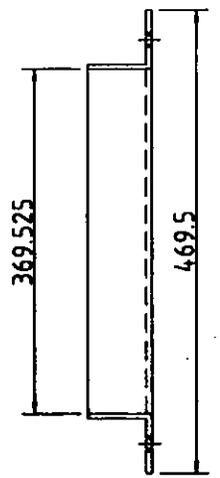
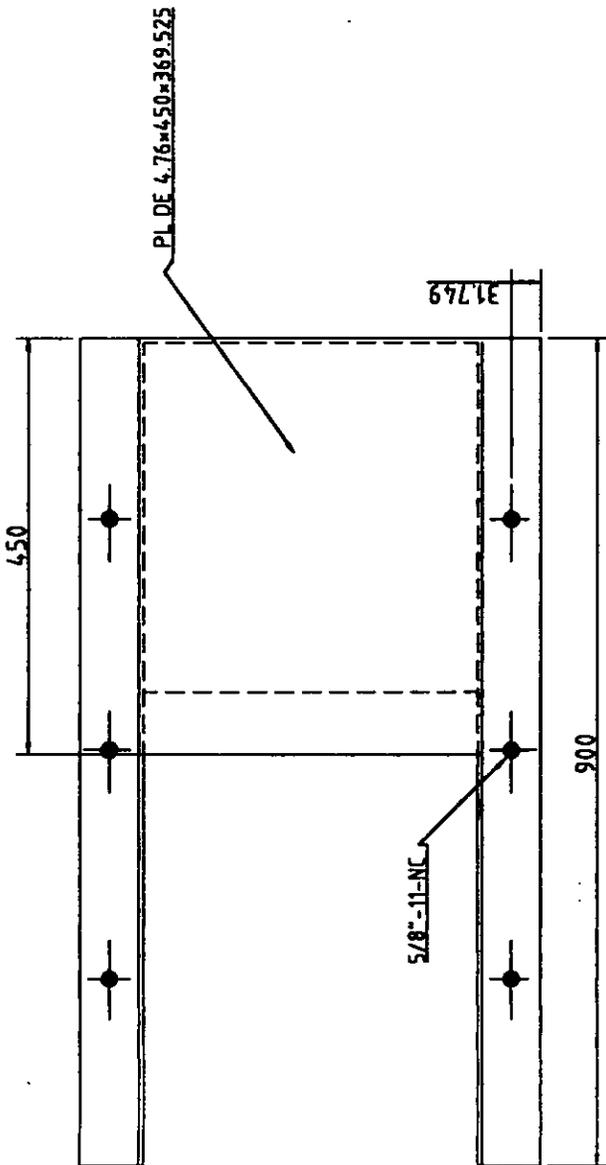
Los datos de la tabla 8.3 son las características generales del molino convencional.

8.8.- Dibujos de conjunto.

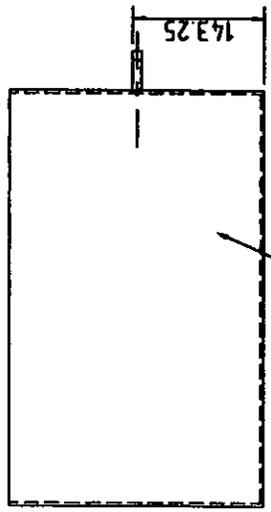
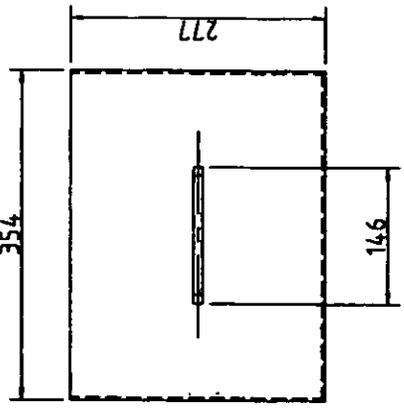
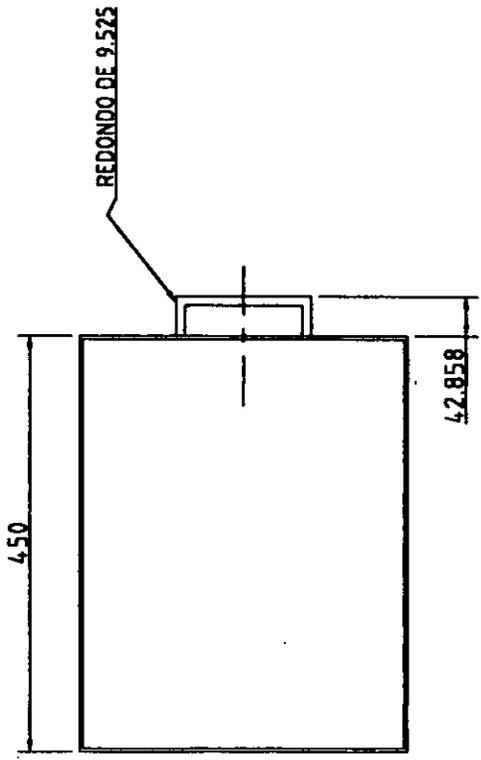
Estos se representan a continuación:



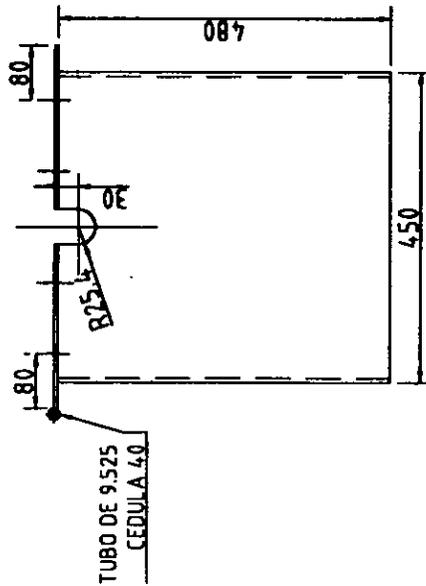
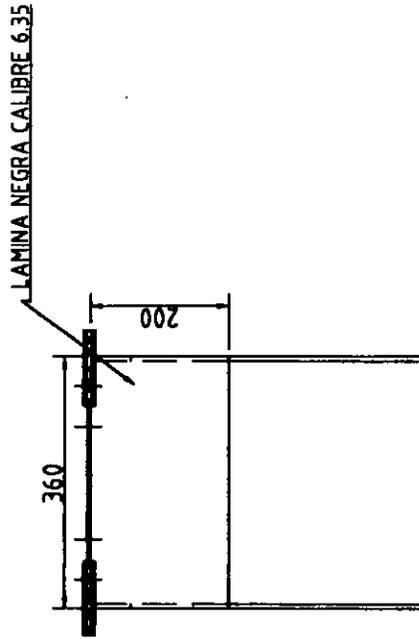
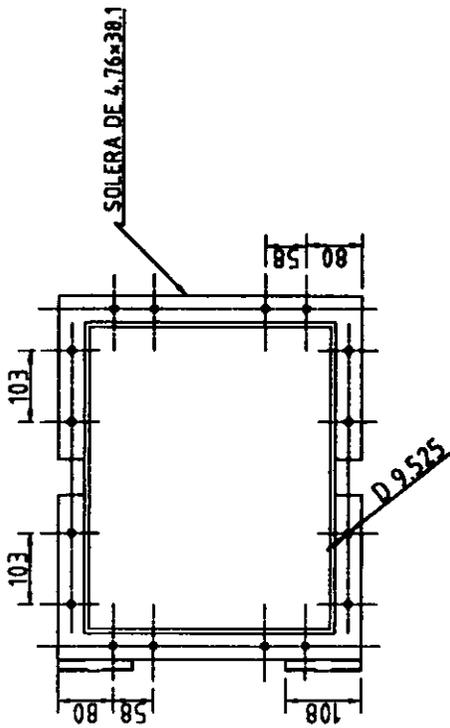
18	4	BISAGRA	ACERO 1018	-----
17	2	CUCHILLAS FIJAS	ACERO 1018	19.05-76.2-34.7
16	2	PORTA CUCHILLAS FIJA	ACERO 1018	25.4-69.85-34.7
15	1	CRIBA	ACERO 1045	ROLADA
14	1	MOTOR DE 4 POLOS 10HP	VARIOS	MOD 71ST
13	2	CHUMACERA	VARIOS	MOD SY 108FJ
12	1	FLECHA	ACERO A160 T	-----
11	1	POLEA PARA ROTOR	ACERO 1045	-----
10	1	POLEA PARA MOTOR	ACERO 1045	-----
9	3	CUCHILLA MOVIL	ACERO D2 T	19.05-76.2-273.8
8	3	PORTA CUCHILLAS MOVIL	ACERO 1018	25.4-76.2-273.8
7	1	ROTOR	VARIOS	ENSAMBLE
6	1	ALIMENTACION	VARIOS	CONST SOLDABLE
5	1	DESIZADOR DE PRODUCTO	VARIOS	CONST SOLDABLE
4	1	PARTE ENSAMBLADORA	VARIOS	CONST SOLDABLE
3	1	PORTA ROTOR	VARIOS	CONST SOLDABLE
2	1	CAJON	VARIOS	CONST SOLDABLE
1	1	SOPORTE	VARIOS	CONST SOLDABLE
N°	CANT	DESIGNACION	MATERIAL	OBSERVACION
ESC.18		F E S CUAUTITLAN	1-SEP-98	ALEJANDRO ROMERO
ACOT:mm		MOLINO CONVENCIONAL		
				FELIPE DIAZ DEL C
				N°8 0



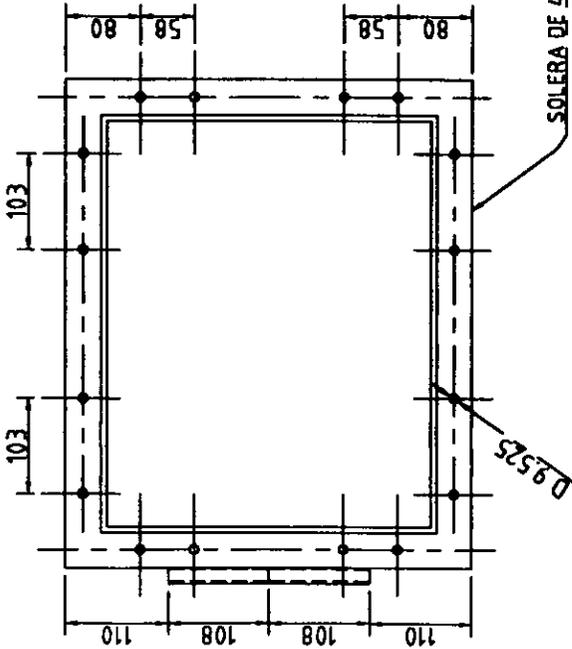
ESC:1:6	F E S CUAUTITLAN	1-SEP-98	ALEJANDRO ROMERO
ACOT:mm	SOPORTE		FELIPE DIAZ DEL C.
			N°8.1



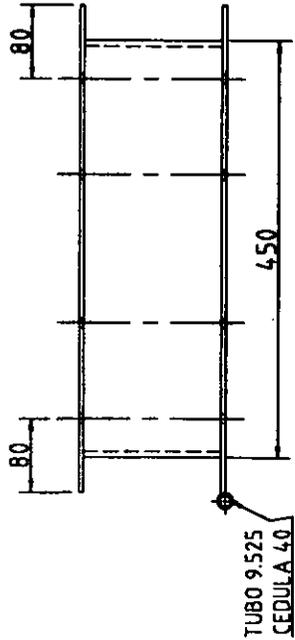
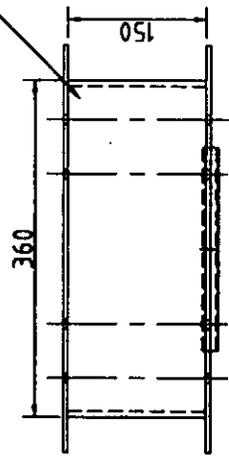
ESC: 1:6	F E S CUAUTITLAN	1-SEP-98	ALEJANDRO ROMERO
ACOT: mm	CAJON		FELIPE DIAZ DEL C.
			Nº 8.2



ESC:1:8	F E S CUAUTITLAN	1-SEP-98	ALEJANDRO ROMERO
ACOT: mm	PORTA ROTOR		FELIPE DIAZ DEL C.
			N°8.3



LAMINA NEGRA CALIBRE 6.35



ESC:1:6

ACOT: mm



F E S CUAUTITLAN

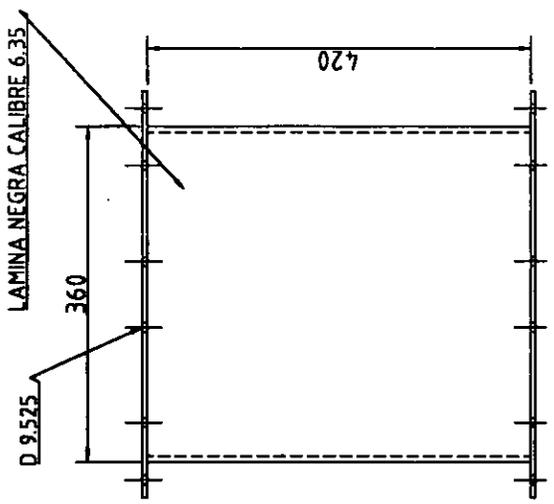
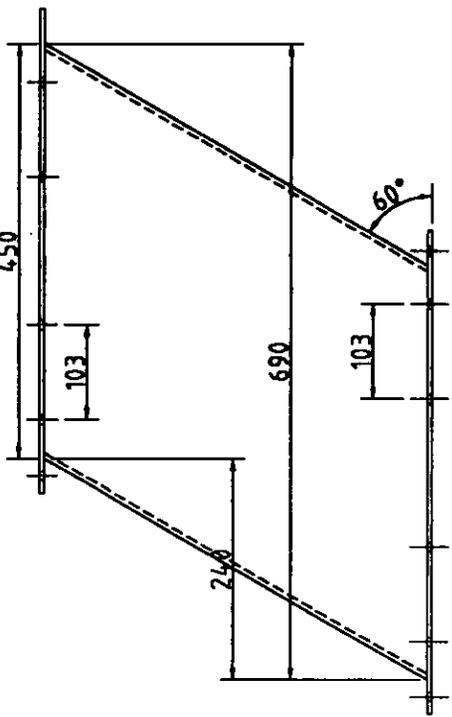
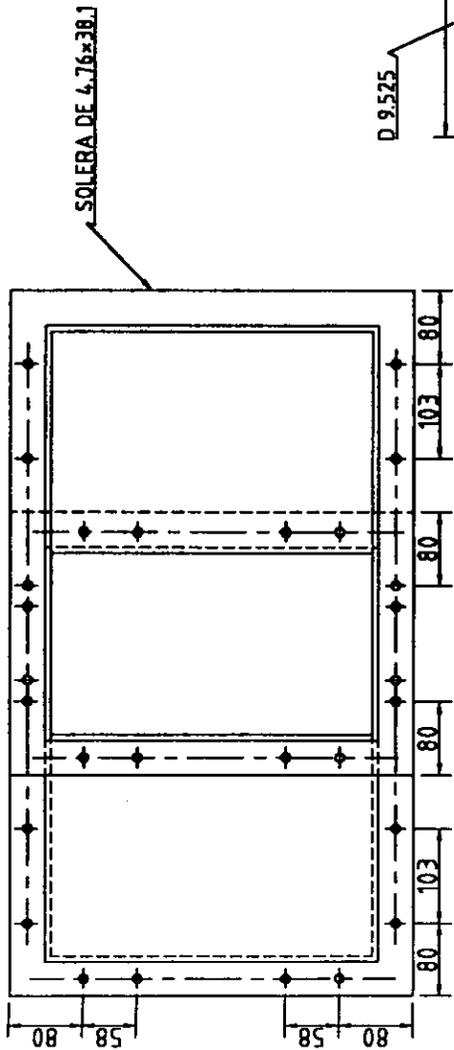
1-SEP-98

ALEJANDRO ROMERO

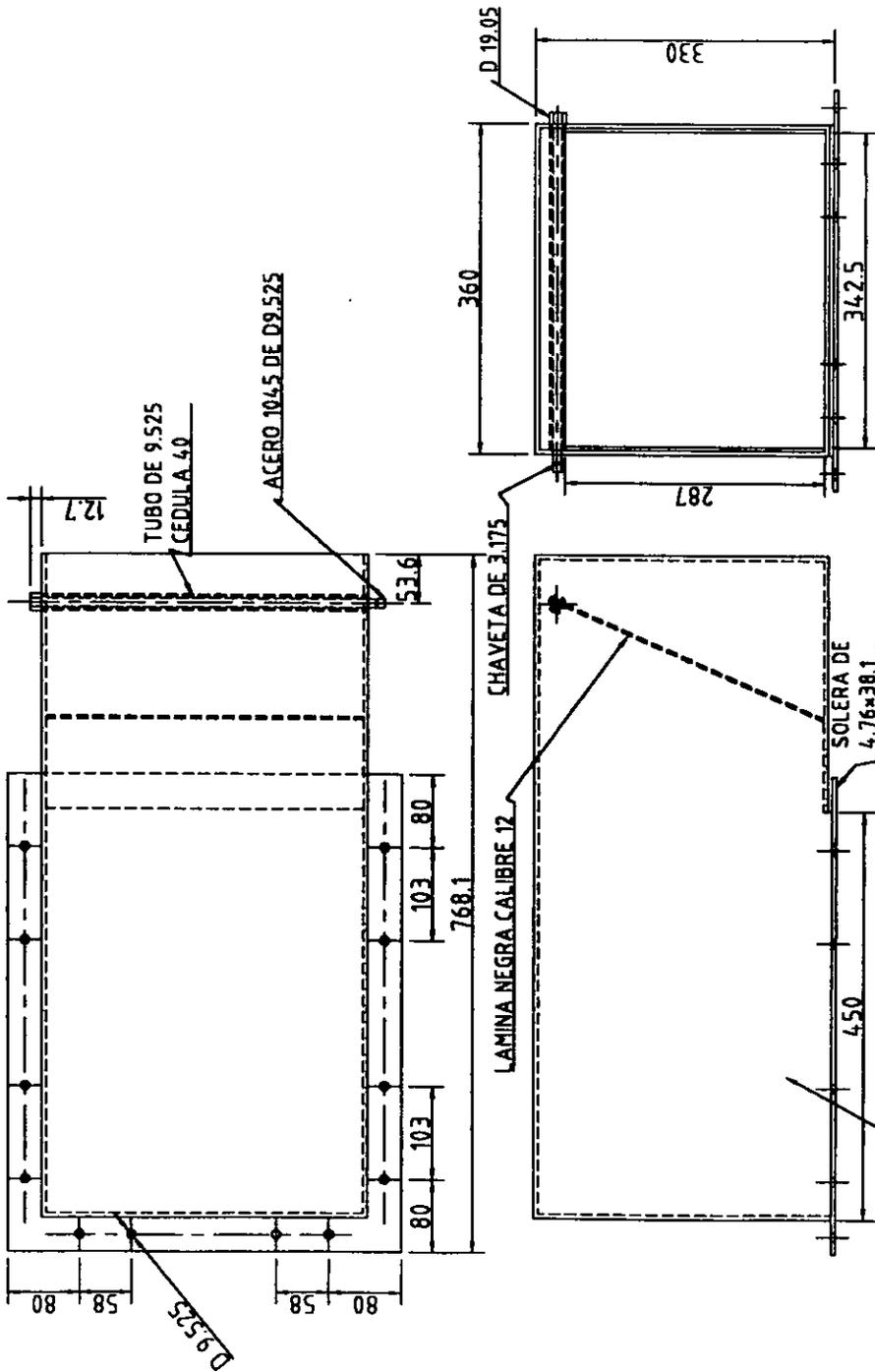
FELIPE DIAZ DEL C.

PARTE ENSAMBLADORA

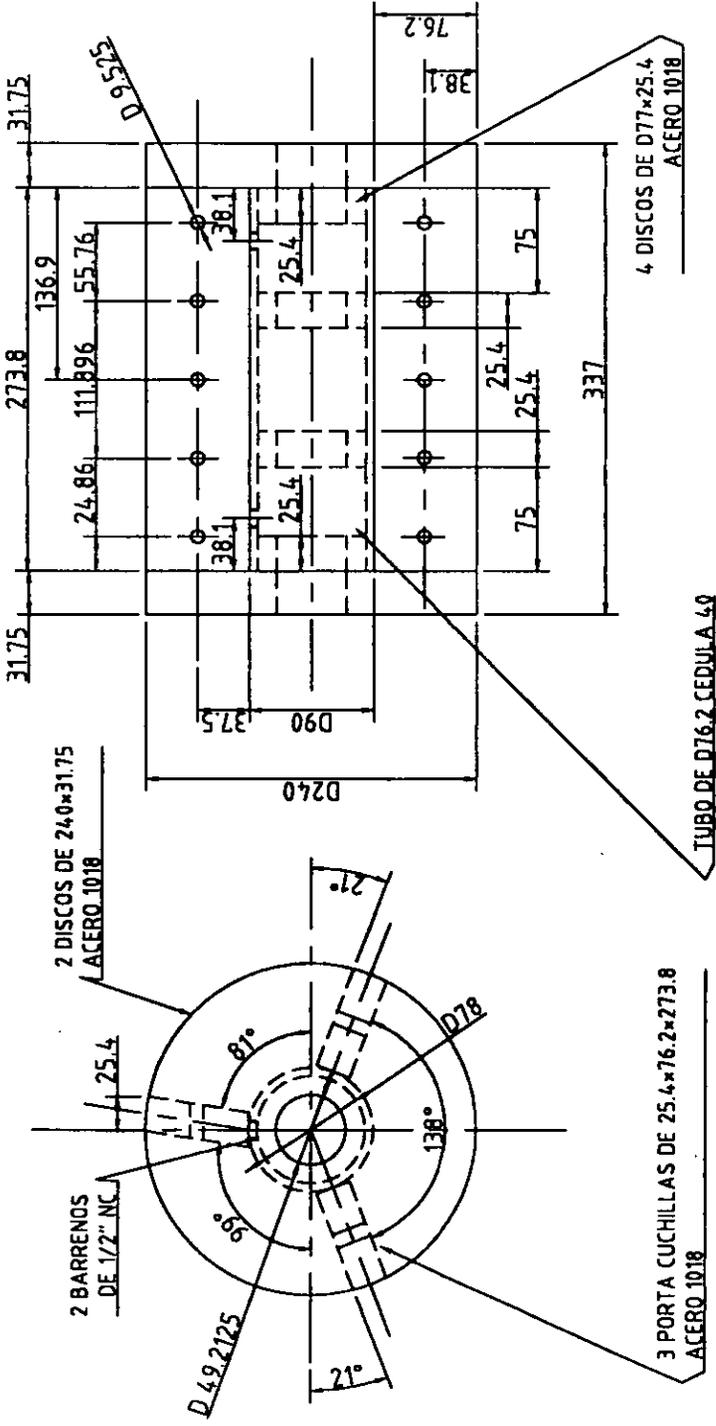
N°8.4



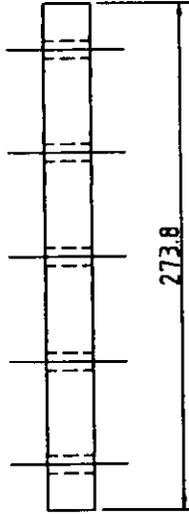
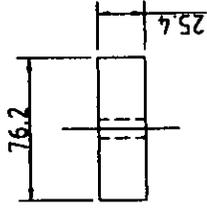
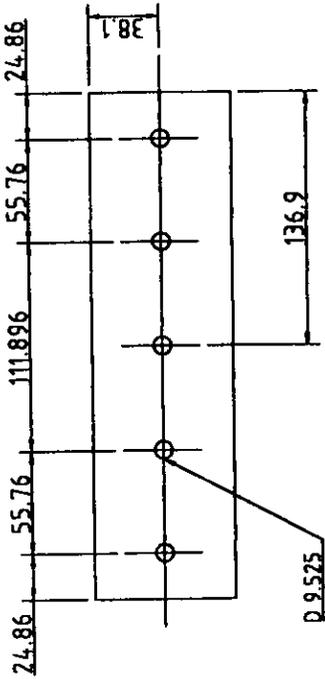
ESC:1:6	F E S CUAUTITLAN	1-SEP-98	ALEJANDRO ROMERO
ACOT:mm	DESGLIZADOR DE PRODUCTO		FELIPE DIAZ DEL C.
			N° 8.5



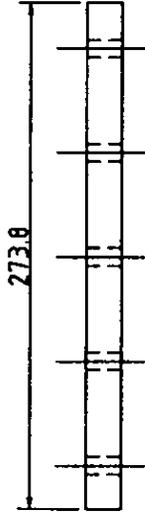
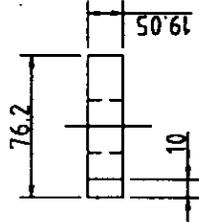
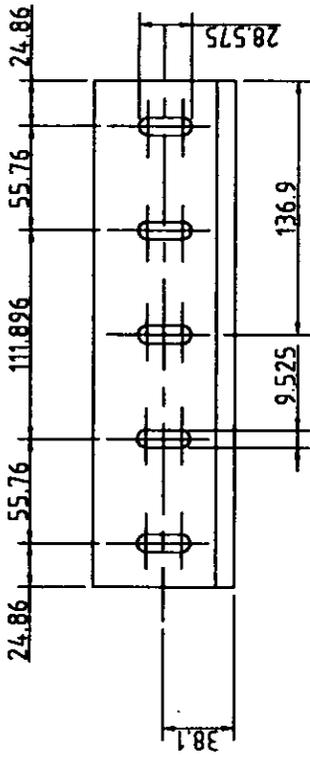
ESC: 1:6	F E S CUAUTILAN	1-SEP-98	ALEJANDRO ROMERO
ACOT: mm	ALIMENTACION		FELIPE DIAZ DEL C.
			N° 8.6



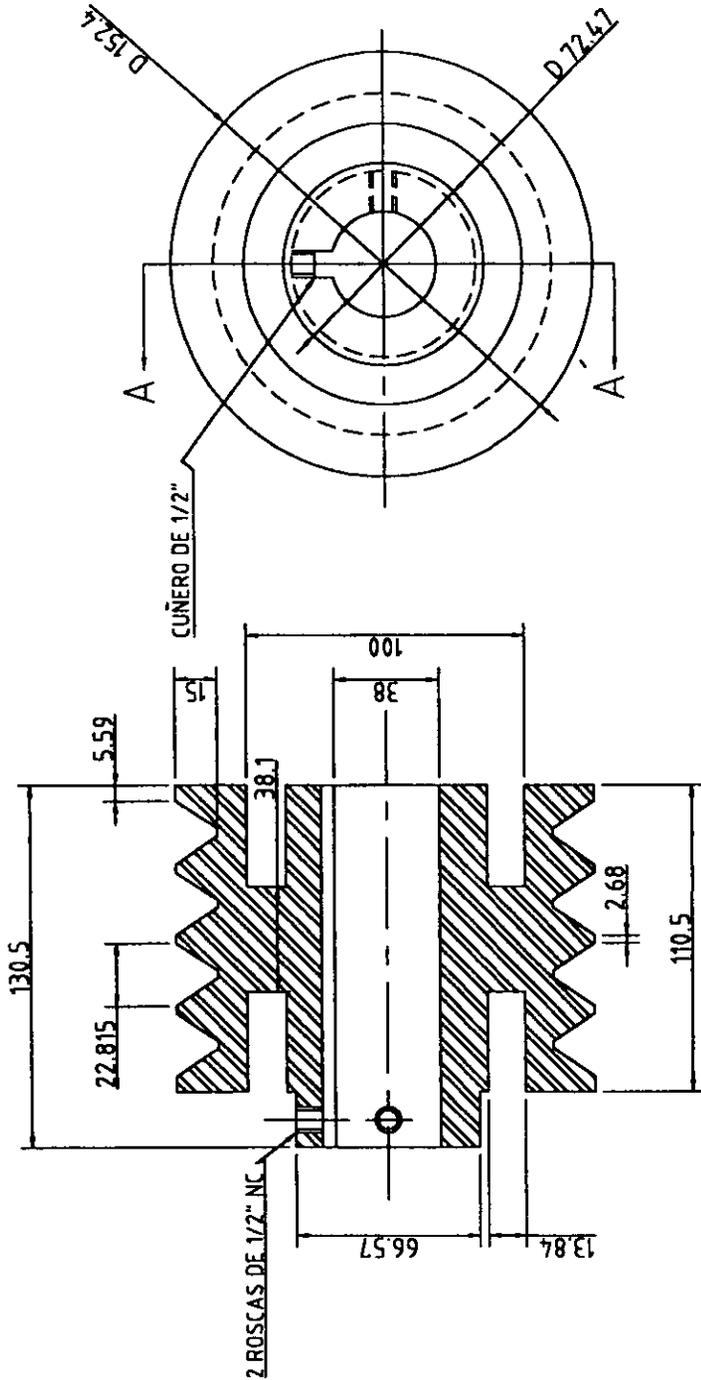
ESC: 1:4	F E S CUAUTITLAN	1-SEP-98	ALEJANDRO ROMERO
ACOT: mm	ROTOR		
			FELIPE DIAZ DEL C.
			N° 8.7



ESC:1:3	F E S CUAUTITLAN	1-SEP-98	ALEJANDRO ROMERO
ACOT:mm	PORTA CUCHILLAS MOVIL		FELIPE DIAZ DEL C.
	MATERIAL: ACERO 1045		Nº8.8

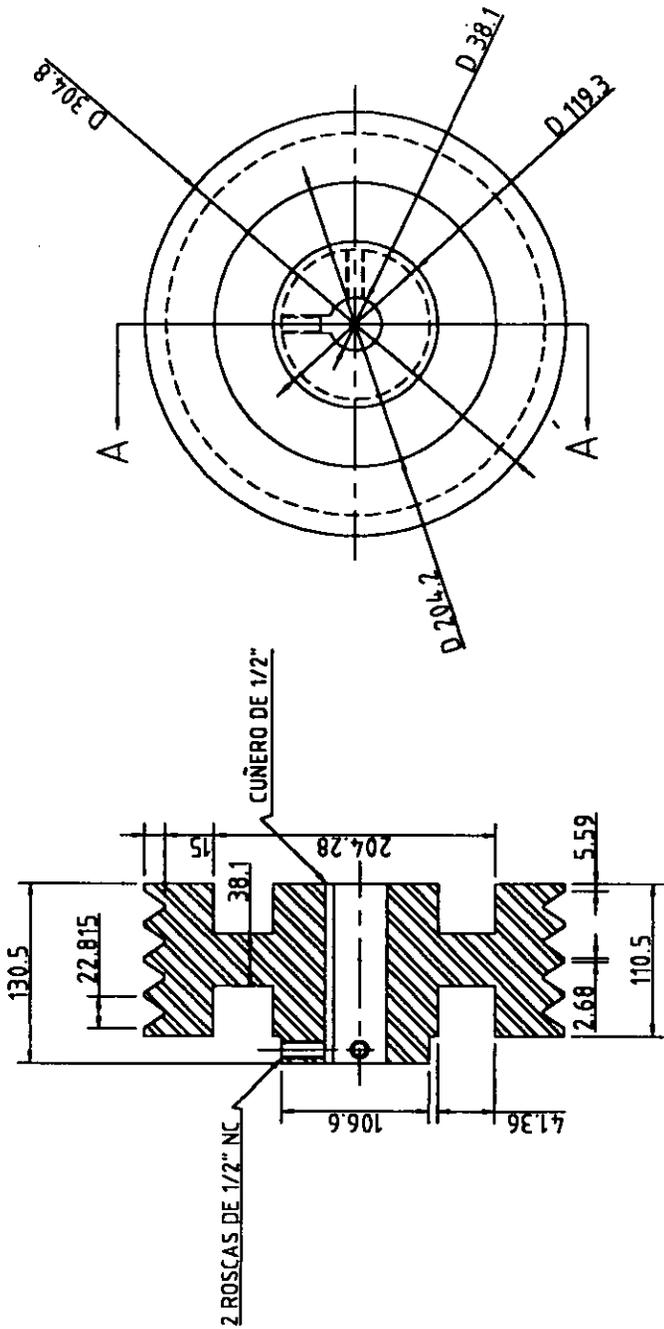


ESC:1:3	F E S CUAUTITLAN	1-SEP-98	ALEJANDRO ROMERO
ACOT:MM	CUCHILLA MOVIL		FELIPE DIAZ DEL C.
	MATERIAL: ACERO D2 T		Nº8.9

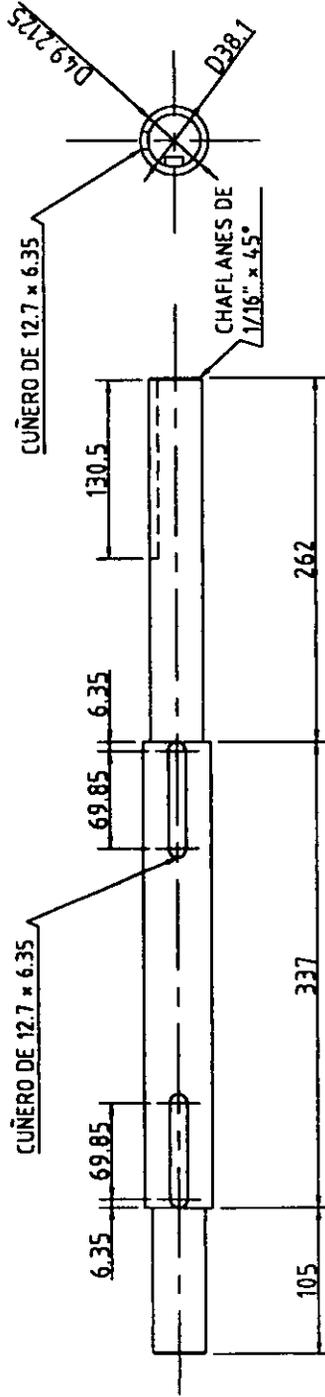


SECC. A-A

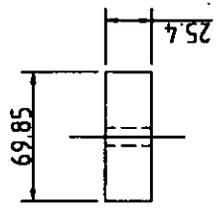
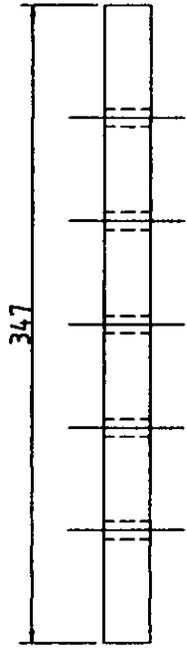
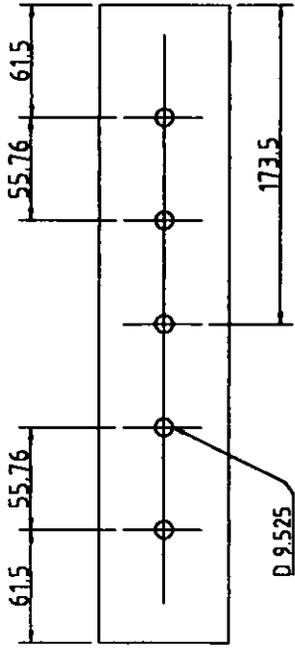
ESC: 1:2	F E S CUAUTITLAN	1-SEP-98	ALEJANDRO ROMERO
ACOT: mm	POLEA PARA MOTOR		FELIPE DIAZ DEL C.
	MATERIAL: ACERO 1045		Nº 8.10



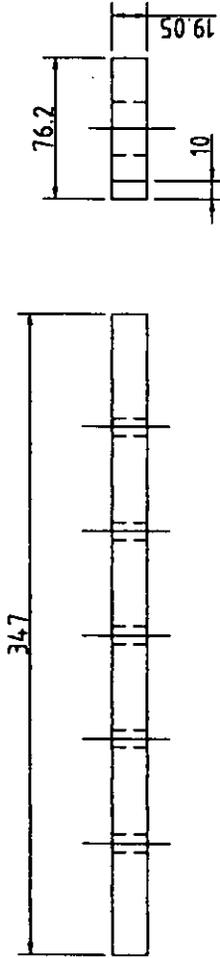
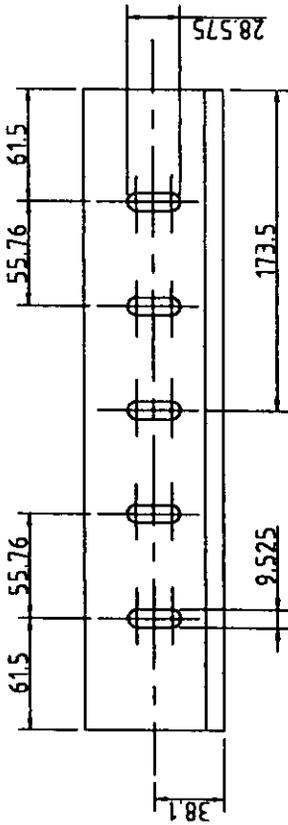
ESC:1:4	F E S CUAUTITLAN	1-SEP-98	ALEJANDRO ROMERO
ACOT:MM	POLEA PARA ROTOR		FELIPE DIAZ DEL C.
	MATERIAL: ACERO 1045		N° 8.11



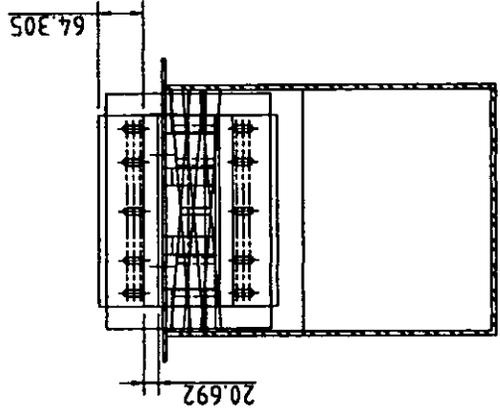
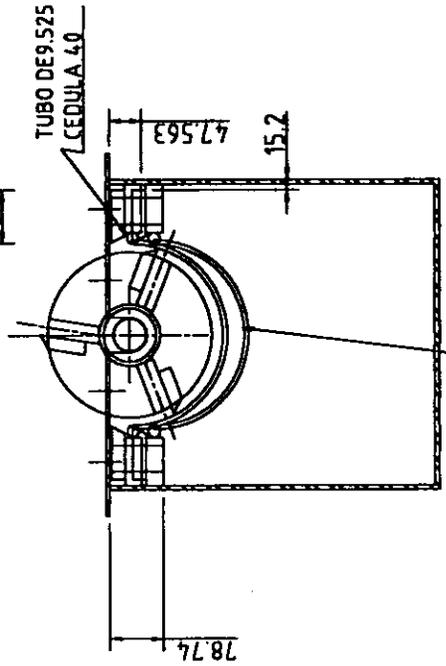
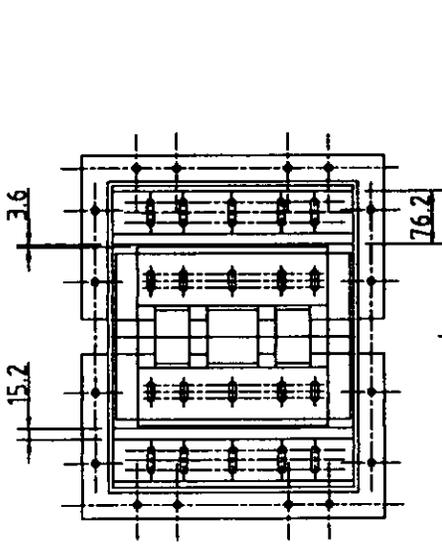
ESC: 1:4	F E S CUAUTITLAN	1-SEP-98	ALEJANDRO ROMERO
ACOT: mm	FLECHA		FELIPE DIAZ DEL C.
	MATERIAL: ACERO 4140T		N° 8.12



ESC:13	F E S CUAUTITLAN	1-SEP-98	ALEJANDRO ROMERO
ACOT:mm	PORTA CUCHILLAS FIJA		FELIPE DIAZ DEL C.
	MATERIAL: ACERO 1045		N°8.16



ESC:1:3	F E S CUAUTITLAN	1-SEP-98	ALEJANDRO ROMERO
ACOT:MM	CUCHILLA FIJA		FELIPE DIAZ DEL C.
	MATERIAL: ACERO D2 T		N° 8.17



ESC: 1:8	F E S CUAUTITLAN	1-SEP-98	ALEJANDRO ROMERO
ACOT: mm	ENSAMBLE DEL ROTOR		FELIPE DIAZ DEL C.
	MATERIALES: VARIOS		ENSAMBLE

CONCLUSIONES.

Las altas cifras de generación de residuos sólidos que se dan en todos los núcleos urbanos del mundo ponen cada vez más de manifiesto la necesidad de contar con tecnología apropiada para la disposición final de estos materiales en forma segura, eficiente, consistente y económica.

El reciclaje está surgiendo en todas partes. Corre por los pasillos de los centros de gobierno y negocios como tren de mercancías, y no hay forma de pararlo. Una buena utilización de los residuos debe favorecer su reciclaje y la utilización de materiales recuperados como fuente de energía o materias primas, a fin de contribuir a la preservación y uso racional de los recursos naturales. De esta manera se diría el adiós definitivo a la sociedad del despilfarro para pasar a una economía del reciclaje.

Lo que condujo a realizar este estudio de los materiales reciclables, en este caso el PET, por ser un material que esta teniendo un desarrollo comercial inmensamente grande y de uso cotidiano.

Es por eso que en este trabajo se analizaron tanto las propiedades de los materiales poliméricos, sus clasificaciones, sus procesos de forma, sus procesos de reciclado y un panorama general de lo que sucede en este país alrededor de los reciclables.

El PET es un material virgen, refiriéndose a lo que en reciclaje se refiere, por esa razón, todos los días se observan tiradas por todas partes botellas de este producto, pidiendo a gritos su reutilización. De manera general se puede decir que el reciclado convencional, es el sistema de procesamiento que el PET botella necesita, por ser de costo accesible, no causa mayores problemas o molestias de los que elimina y muchos otros beneficios que proporciona este proceso.

Razón por la cual se busco la manera más eficiente, un molino convencional para reciclar el PET botella, esto es haciendo el corte de las cuchillas en forma de tijera, para tener una eficiencia optima.

Las cuchillas en forma de tijera no reciben el golpe directo entre ellas, como lo son las de corte recto, donde las de corte recto reciben un golpe directo lo que restringe la vida útil de estas. El producto final que es la hojuela de PET, se cuidó que estuviera en lo estipulado, colocando así una criba que tiene 22 barrenos por pulgada cuadrada de 6mm de diámetro cada uno. También la caída de el material, antes de llegar al rotor y después de la boca de alimentación, se colocó de esa manera para el material no pueda ser regresado por el impulso que da el rotor después de ser alimentado.

Lo que se logró con este diseño es tener las variables optimas para reciclar el PET botella. Y así proponer nuevas alternativas a las industrias de nuestro país, para poder combatir uno de los desechos plásticos más utilizados en nuestros días.

Se propone también que se hagan campañas publicitarias para que la población en general se concientice y separe sus residuos, de esta manera el gobierno pueda poner en marcha sistemas de recolecta organizada ya sea en compañías privadas o publicas, generar fuentes de trabajo en la cual se tengan los recursos necesarios para la fabricación de molinos convencionales de gran capacidad, para dar abasto a la demanda que se tiene, crear compañías de limpieza en toda la república mexicana, así mismo crear seminarios de capacitación en la rama de reciclables, para así poner tener un panorama más amplio acerca de los reciclables, tanto en su variedad de procesos como de utilización.

BIBLIOGRAFIA.

- B. H., Amstead.- Procesos de Manufactura Versión S. I.- Editorial CECSA.
- LAWRENCE E., Doyle.- Materiales y Procesos de Manufactura para Ingenieros.- Editorial Prentice Hall.
- R. ASKELAND, Donald.- La Ciencia e Ingeniería de los Materiales.- Editorial Grupo Editorial Iberoamericana, S.A de C.V.- México, 1987.
- INSTITUTO MEXICANO DEL PLASTICO INDUSTRIAL.- Enciclopedia del Plástico.- Editado por el Instituto Mexicano del Plástico, S.C. .- México, 1997.
- H. DUBOIS, J.- Ingeniería de Moldes para Plástico, Tomo 5.- Editorial URMO, S.A.- España, 1982.
- MINK SPE, Walter.- Inyección de Plásticos.- Editorial G. Gilli, S.A.- México, 1981.
- F. LUND, Herbert.- Manual Mc Graw-Hill de Reciclaje, Tomo I y II.- Editorial Mc Graw-Hill.- México, 1997.
- K. SAVGORODNY , V.- Transformación de plásticos.- Editorial G. Gili, S.A.- México, 1978.
- GORDON COOK, J.- Enciclopedia del plástico.- Editorial HOBBY.- Argentina, 1967.
- CHAUSSIN, C.- Manual de plásticos.- Editorial Hispano Europea.- España, 1967.
- PARRILLA CORZAS, Felipe.- Resinas, Poliester, Plásticos Reforzados.- Editada por Talleres la Ilustración, S.A. .- México, 1973.
- REISINGER, Richard.- El Cubo para el Exito Año 2000, Moldeo por Inyección.- Editado por Eco-Therm de México, S.A de C.V.- México, 1997.

MARQUEZ GONZÁLEZ, Arturo.- Los Plásticos en la Industria de la Construcción.- Editado por la Facultad de Ingeniería UNAM.- México 1964.

RANGEL NAFAILE, Carlos E.- Los Plásticos, Materiales del Siglo XX.- Editado por la SEP y la UNAM.- México, 1986.

RAMOS DE VALLE, Luis F.- Extrusión de Plásticos, Principios Básicos.- Editorial Limusa.- México, 1993.

MORENO, Carlos.- Moldeo por Inyección de Plásticos.- Editado por Talleres de Litografía Maico, S.A de C.V. - México, 1993.

BODINI, Gianni.- Moldes y Máquinas de Inyección para la Transformación de Plásticos, Tomo I y II.- Editorial Mc Graw-Hill.- México, 1992.

REYES I, Ignacio.- Métodos de Procesos de Manufactura Metal Mecánica.- Editado por Marc Ediciones, S.A de C.V.- México, 1995.

P. GROOVER, Mikell.- Fundamentos de Manufactura Moderna, Materiales, Procesos y Sistemas.- Editorial Prentice Hall.- México, 1997.

DEFFIS CASO, Armando.- La Basura es la Solución.- Editorial Árbol.- México, 1997.

TREJO VÁZQUEZ, Rodolfo.- Procesamiento de la Basura Urbana.- Editorial Trillas.- México, 1997.

DEL VAL, Alfonso.- El Libro del Reciclaje, Manual para la Recuperación y Aprovechamiento de las Basuras.- Editorial Integral.- España, 1982.

BRAUN, D.- Métodos Sencillos de Identificación de Plásticos.- Editorial Carl Hanser Verlag V.

QUARBY, A.- Materiales Plásticos y Arquitectura Experimental.- Editorial G. Gilli, S.A. - México, 1982.

MALISHEV, A.- Tecnología de los Metales.- Editorial Limusa.- México, 1987.

A. BOCQUET, J.- Biblioteca del Mecánico.- Editorial G. Gili, S.A.- México, 1991.

AGUIRRE E, Guillermo.- Diseño de Elementos de Máquinas.- Editorial Trillas.- México, 1990.