



300618

**UNIVERSIDAD LA SALLE**

**ESCUELA DE QUÍMICA**  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

7/1/94  
209

**RECICLADO DE BOTELLAS DE  
POLIETILENTEREFTALATO MEDIANTE MEZCLAS  
CON POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO QUÍMICO**  
P R E S E N T A :  
**RAFAEL VEGA URRUTIA**

DIRECTOR DE TESIS I. Q. JOSE LUIS GONZALEZ DIAZ

MEXICO, D. F.

1994

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

**A mis padres  
Gracias**

## INDICE

	Página
Introducción	V
Capítulo I	
Generalidades	1
1.1 Visión General	2
1.2 Visión en México	3
1.3 Características generales del PET y del PEAD.	6
1.4 Conclusiones	7
Capítulo II	
Desarrollo experimental	8
2.1 Pruebas de resistencia al impacto	9
2.2 Impacto Izod	10
2.3 Resistencia a la tensión	11
2.4 Impacto Gardner. (Impacto de flecha en caída)	12
2.5 Temperatura de flexión bajo carga. (Punto de distorsión al calor)	13
2.6 Resistencia al calor.	14
2.7 Punto de reblandecimiento vicat para termoplásticos.	15
2.8 Obtención de botellas para el proceso	16
2.9 Diferenciación entre botellas	17
2.10 Lavado entre botellas	18
2.11 Tratamiento previo al molido	20
2.12 Preparación para la inyección	20
2.13 Secado del material	22
2.14 Inyección	23
2.15 Pruebas	25

2.16 Resultados	27
2.17 Conclusiones	35
Capítulo III	
Posibles Aplicaciones y Estudio Económico.	37
3.1 Aplicaciones	38
3.2 Análisis Costo - Beneficio para centros de plástico.	44
3.3 Análisis Costo - Beneficio para fleje de plástico.	46
3.4 Análisis Costo - Beneficio para vasos de plástico.	48
3.5 Descripción del proceso	50
3.6 Inversión en equipo	55
3.7 Retorno de la inversión	56
3.8 Conclusiones	57
Capítulo IV	
Conclusiones Finales	61
Bibliografía	64

mezcla, así como comparaciones económicas con productos existentes en el mercado.

conclusiones y recomendaciones. Por último, el capítulo III presenta opciones de aplicación para el resultado de la mezcla, así como comparaciones económicas con productos existentes en el mercado.

## Capítulo I.

### GENERALIDADES

- 1.1 Visión general
- 1.2 Visión en México.
- 1.3 Características generales del PET y del PEAD.
- 1.4 Conclusiones

## Generalidades

### 1.1 Visión General.

El reciclado de plásticos alguna vez una industria pequeña solamente rentable para algunas plantas de almacenamiento de desechos, se está convirtiendo en un gran negocio. Se encuentran en construcción nuevas plantas, materiales de desecho estan hallando nuevas rutas de distribución y algunas de las mas grandes compañías químicas del mundo ahora estan invirtiendo en la investigación y en la puesta en marcha del negocio del tratamiento de desechos plásticos .

Revisando las proyecciones del mercado (1) se puede observar un dramático crecimiento del 5 al 10 % en volumen del reciclado que en el momento actual es de 150 a 200 millones de libras en los E.U.A.. La mayoría de los observadores creen que este crecimiento se debe en gran parte a un aumento en la legislación de los desechos mas que en una economía fuerte. El consejo para el plástico en los Estados Unidos , cuenta entre sus aportaciones con 500 iniciativas de ley, como ejemplo de un solo grupo . La ciudadanía y el gobierno han instituido regulaciones para diferentes tipos de envases plásticos . Otros han establecido prohibiciones contra los llamados plásticos no reciclables.

Europa se encuentra en una posición similar . El uso de contenedores o empaques constituidos por Cloruro de Polivinilo (PVC) han sido prohibidos o se les han cargado impuestos. En Alemania, Suecia y Holanda han subido sus cuotas de 5 a 28 centavos de dolar por contenedor. Los cambios dramáticos que se han dado en la economía del reciclado está sirviendo como alerta para muchos que pudieran formar una empresa que se dedique al reciclado. En E.U.A. los plásticos constituyen alrededor del 7 % en peso de los desechos municipales pero el 30 % en volumen lo que representa un problema de espacio en los lugares de desecho. Además con el continuo incremento en el consumo de los plásticos especialmente en el módulo de empaque está proyectado que se incremente su constitución en peso un 15 % en los desechos sólidos municipales en 10 años.

### 1.2 Visión en México.

En México también se cuenta con datos interesantes sobre el tema pero son referentes a estudios ecológicos y a propiedades específicas de cada producto. El impacto por la deposición de desperdicios plásticos puede llegar a ser un problema con grandes dimensiones para la creciente producción y consumo pronosticados, en particular por dos efectos importantes :

a) El gran volumen que ocupan, por lo cual, disminuye de

manera acelerada las áreas para la deposición de desechos sólidos.

b) Su alta resistencia química y biológica.

Conjuntamente con la generación de microorganismos, se liberan gases producto de la descomposición anaeróbica como el metano, derivados amoniacales que contaminan el aire, aunque esta generación no parece presentar una dificultad lo mas peligroso, son las enfermedades que generan.

Actualmente se estima que los plásticos forman el 5 % del total de basura en los países en vías de desarrollo como es el caso de México (2) lo cual representa aproximadamente entre un 30 y un 40 % en volumen, es decir prácticamente los tiraderos o basureros parecen estar formados por desperdicios plásticos.

Estudios realizados sobre la generación de basura en el D.F. (3) señalan que las delegaciones políticas de Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Miguel Hidalgo y Benito Juárez son las que mas basura plástica producen por día, pues se calculan un promedio de 800 a 1300 Ton/día.

Por otra parte, las delegaciones de Azcapotzalco, Iztapalapa, Alvaro Obregón y Coyoacan producen entre 400 y 700 toneladas de basura plástica diariamente, mientras que Xochimilco, Tlalpan, Magdalena Contreras, Cuajimalpa y Milpa Alta producen entre 50 y 350 toneladas de desechos plásticos generados tan solo en la zona urbana.

A esto hay que añadir que en México aproximadamente el 42 % del consumo aparente de materiales poliméricos se emplean en la industria del empaque y embalaje en la fabricación de productos de vida útil muy corta (4), de tal forma que se estima que alrededor del 30 % de ellos llegan a los basureros, lo cual representa aproximadamente unas 300,000 toneladas anuales en todo el País.

## Características generales del PET y de PEAD

**Tabla 1.1**  
**Propiedades del Polietileno de alta densidad**

Bajo peso	Gravedad específica 0.94 – 0.97
Resistencia a golpes	Elongación (%) 20 – 1000
Resistencia a la tensión	Resistencia a la tensión (psi) 3100 – 5500
Excelente resistencia química	Temperatura máxima de uso (°F) 174 – 250
Bajo costo de producción	Resistencia al impacto (ft-lb/in) 0.5 – 2.0

Fuente: Encyclopedia of polymer science and engineering

**Tabla 1.2**  
**Propiedades del Polietiléntereftalato**

Transparencia comparada con el cristal	Gravedad específica 1.30 – 1.33
No tóxico e inerte	Elongación (%) 30 – 70
Alta resistencia química	Resistencia a la tensión (psi) 10000 – 11700
Resistencia, dureza y durabilidad	Temperatura máxima de uso (°F) 150 – 176
Estabilidad dimensional	Resistencia al impacto (ft-lb/in) 1 – 3

Fuente: Encyclopedia of polymer science and engineering

#### **1.4 Conclusiones.**

No es necesario hacer un estudio profundo para darnos cuenta de la problemática en el área de desechos y en especial en el de los desechos plásticos.

Como los números y las razones lo indican, es un problema el pensar que hacer con el plástico despues de usarlo. Por eso es necesario que se empiezen a dar alternativas de uso secundario o terciario en este material.

En México y en especial en la Ciudad de México estamos sobresaturados de desechos plásticos y lo que pretende el presente trabajo de aqui en adelante, es dar una solución alterna a este problema.

## Capítulo II.

### DESARROLLO EXPERIMENTAL

- 2.1 Pruebas de resistencia al impacto.
- 2.2 Impacto Izod.
- 2.3 Resistencia a la tensión.
- 2.4 Impacto Gardner. (Impacto de flecha en caída).
- 2.5 Temperatura de flexión bajo carga.  
(punto de distorsión al calor)
- 2.6 Resistencia al calor.
- 2.7 Punto de reblandecimiento vicat para termoplásticos.
- 2.8 Obtención de botellas para el proceso.
- 2.9 Diferenciación entre botellas.
- 2.10 Lavado de botellas.
- 2.11 Tratamiento previo al molido.
- 2.12 Preparación a la inyección.
- 2.13 Secado del material.
- 2.14 Inyección .
- 2.15 Pruebas .
- 2.16 Resultados.
- 2.17 Conclusiones.

## 2.1 Pruebas de resistencia al impacto .

La resistencia global al impacto de una estructura se define como la habilidad de absorber y disipar la energía que se le impone durante una colisión a una velocidad relativamente baja con otro objeto sin sufrir daños considerables que menguen sus funciones. Muchas variables de diseño afectan a la resistencia al impacto , por ejemplo : Elementos rígidos pueden reducir la resistencia al impacto de una muestra , mientras que las secciones no rígidas pueden absorber mayor energía de impacto sin dañarlas . También las esquinas y las ranuras de las muestras sujetas a tensión durante el proceso, reducen la resistencia de estas pues actúan como zonas de concentración de energía , donde si se aplica una fuerza la energía tiende a alojarse en estas zonas afectándolas. Este punto es particularmente importante para partes de material las cuales su resistencia es una función intrínseca del radio de la ranura. El espesor de la pared puede afectar también . La técnica utilizada para determinar la resistencia es : técnica de péndulo, que incluye, Impacto Izod , Impacto a la tensión e Impacto Gardner y además existen técnicas instrumentales.

## 2.2 Impacto Izod .

Este es el método mas usado para medir la resistencia al impacto de los materiales plásticos .

Requiere especímenes de 0.318 a 1.270 cm ( 0.125 a 0.5 in ) de espesor , inyectados o cortados de una hoja de extrusora. Se hace una ranura de 0.25 cm ( 0.1 in ) con una máquina a lo largo del espécimen . Este se ancla en el aparato de tal forma que la parte superior sea golpeada con el péndulo . Esto hace que la ranura quede en tensión para asi durante el impacto sea el punto a medir . La energía perdida por el péndulo y presumiblemente absorbida por el espécimen durante el impacto es dividido entre el espesor para llegar a la expresión del impacto izod, expresado en joules por metro de ranura ( J / m ) o en pies- libra por pulgada de ranura (ft-lb / in). Los resultados estan basados en estos radios. El impacto Izod es muy sensible para cambios relativos en la composición del material, morfología y orientación . Por lo tanto es un método muy utilizado por los que manufacturan los materiales para medir los estándares de calidad de sus muestras y para el personal de proceso para poder detectar alguna contaminación en los materiales asi como el material degradado o incompatible .

### 2.3 Impacto a la Tensión .

Este método utiliza materiales que no tienen ranuras, los especímenes son paletas las cuales tienen en sus dos esquinas mayor diámetro que en el centro. Estas esquinas sirven para sostener la muestra con dos prensas y la reducción en el centro es donde se lleva a cabo el experimento. Se usa el espécimen con un espesor de 0.318 cm ( 0.125 in ) . Existen de dos tipos los cortos y los largos . En general , el corto presenta en la mayoría de los casos una ruptura quebradiza haciendo que estos datos sea mas fácil reproducirlos pero no se puede encontrar una diferenciación entre materiales . Los especímenes son montados en un aparato de impacto con péndulo, este a la hora de ser soltado hará que este sea sujeto a una tensión . La energía que pierde el péndulo durante el experimento es dividida entre el área para así obtener la resistencia al impacto que se expresa en kilojoules / metro cuadrado o en pies-libra sobre pulgada. Este método se utiliza para determinar en general la resistencia al impacto de materiales recientemente inyectados y además para medir el efecto de exposición a la presión del aire a una elevada temperatura .

#### 2.4 Impacto Gardner .( Impacto de flecha en caída ).

Como el nombre lo indica el impacto Gardner o impacto de flecha en caída utiliza la energía cinética de una flecha o de un objeto cualquiera en caída para medir la resistencia al impacto del plástico. El espécimen se soporta en una base de metal con un anillo en el centro y se deja caer una flecha u objeto de peso conocido de una altura previamente identificada. El final del objeto que golpea la pieza es hemisférico y su diámetro es conocido . La muestra está soportado con un anillo metálico pero no esta fijo a ninguna base . La base del anillo descansa en esta sirviendo como sosten durante el impacto . Los especimenes estándar para los dos impactos son normalmente discos delgados . El de plástico sólido es generalmente de un espesor de 0.318 cm ( 0.125 in ).Estos se pueden obtener por inyección o cortados de una hoja de extrusora. El diámetro interior del anillo que los soporta y el diametro exterior de la tina no tienen que ser iguales . En general entre mas grande es el diámetro del anillo mayor es la deflección del espécimen durante el impacto y se observa una mayor fuerza. Los diámetros generales de los anillos para estos experimentos son : 1.586 cm ( 0.625 in ) en la tina y 1.626 , 3.175 y 7.62 cm ( 0.64 , 1.25 y 3.0 in ) para el anillo . Para determinar la resistencia al impacto de diferentes materiales de 20 a 26

especímenes son evaluados a un impacto de energía conocida . Esta energía varía incrementando el peso de la flecha o aumentando la altura de caída . Las unidades son Joules o pies-lb. Los datos para estos experimentos son usados por un diseñador para seleccionar candidatos para ciertas aplicaciones . Para hacer alguna comparación de los diferentes plásticos, sin embargo, el diseñador tiene que conocer toda la información que es relevante como el espesor, los diámetros del anillo y del exterior de la tina y la manera como se preparó el espécimen . Cualquiera de estas variables tiene un impacto muy significativo cuando se estudian los resultados del impacto . El impacto Gardner se usa también para determinar los efectos de los tratamientos a la superficie con respecto a la resistencia al impacto de varios plásticos .

## 2.5 Temperatura de Flexión bajo carga .

( Punto de distorsión al calor).

La temperatura de flexión bajo carga de un material indica el punto en el cual este comienza a ceder . Esta no se debe confundir con su resistencia al calor , que es la temperatura máxima a la cual puede usarse el material por un periodo de días o semanas . El punto de distorsión al calor es un punto

arbitrario de deformación a unas condiciones de operación . En el método ASTM D-648 , se define como una total deflección de 0.010 in. de una barra rectangular soportada en sus dos extremos bajo una presión de 264 o 66 psi . La temperatura del baño de aceite se incrementa 2°C por minuto .

## 2.6 Resistencia al Calor .

El efecto del calor en las propiedades de los materiales plásticos es de gran importancia. La temperatura máxima de operación a la cual se puede trabajar con seguridad en una parte plástica es la temperatura tal que el material mantiene las mismas propiedades bajo estas condiciones . Como regla general , los plásticos tienen baja resistencia al calor . Los fluoroplásticos PTFE mantienen una temperatura de alrededor 550 °F , pero no las mantiene con una carga. Algunos plásticos reforzados ( los silicónes , fenoles y epóxidos ) sostienen temperaturas que van desde 300 a 400 °F. La mayoría de los materiales tratados térmicamente pueden aguantar sin problemas temperaturas que van desde los 250 °F. Usualmente los materiales termoplásticos no mantienen sus propiedades cuando el calor se involucra . El óxido de polifenileno , el polisulfoneo y el Policarbonato son los materiales que mejor resisten al calor con temperaturas que varían alrededor de los 250 a 300 °F. La gran mayoría de los termoplásticos no sirven alrededor de los 200 °F.

## 2.7 Punto de reblandecimiento Vicat para Termoplásticos.

El punto de reblandecimiento Vicat es la temperatura a la cual una aguja circular de un milímetro cuadrado penetra una muestra de prueba de un milímetro . Se necesitan especificar las características de la aguja además de las temperaturas de prueba . Para correr una prueba Vicat , la muestra se sumerge en un baño de aceite el cual debe estar 50 °C abajo del punto de reblandecimiento del plástico . La temperatura del baño de aceite se incrementa 50 °C por hora . Una carga de 1000 gr. se pone en la flecha . Cuando el indicador marca una penetración de un milímetro la temperatura se registra como la temperatura Vicat del material .Este método es usado generalmente en los termoplásticos cristalinos .

## **Desarrollo Experimental .**

### **2.8 Obtención de botellas para el proceso.**

Debido a la problemática que encontramos al no existir datos precisos publicados sobre la basura plástica y en específico los envases de refresco que se generan en la Ciudad de México, para obtener los volúmenes de producción que se necesitan para la aplicación que aquí se plantea, se usaran datos de embotellado de refresqueras y se supone que este es el volumen entrante a la planta de procesado. Se parte de la base que cada botella conteniendo refresco o algun líquido despues de usarse se tiene que desechar. Se propone para conocer estos datos con exactitud un estudio estadístico completo por zonas de la ciudad en donde se evalúe la cantidad de botellas que se tiran diariamente, haciendo encuestas en los tiraderos además de las diferentes colonias de la ciudad.

### **2.9 Diferencias entre botellas.**

Existen en el mercado una variedad importante de botellas en la presentación de 2 lt. Sería demasiado selectivo e incontrolable el recolectar solamente las de un solo tipo. Aquí presentamos una descripción de las características de

las marcas y sus diferencias además de la manera como podrían afectar al proceso .

Marcas contenidas por estos envases :

Sidral, Coca cola, Pepsi cola, Squirt , Mundet Roja , Orange Agua mineral y viña real en varias presentaciones.

Despues de una inspección a las botellas las únicas diferencias que se les encontraron era la manera por la cual se pegaban las etiquetas y la unión entre el PET y el PEAD.

En el caso de las botellas de Coca Cola la etiqueta se encuentra pegada con un adhesivo a lo largo de toda la circunferencia de la botella, en las otras solamente esta pegada en una esquina evitando poner adhesivos a lo largo.

Las etiquetas de Coca Cola son de papel y presentan en su superficie una película muy delgada de plástico para protegerla contra la humedad y el frio. Las demás son de una película de plástico impresa . La tapa de todas las presentaciones es una rosca de aluminio la cual es fácil de desprender y no causa ningun tipo de contaminaciones

despues de quitarla . Los adhesivos con que están pegadas la base y el cuerpo de la botella son diferentes .

Las botellas de Coca Cola usan un adhesivo transparente mientras que las botellas de los demás refrescos es un adhesivo amarillento .

El tamaño y peso de las botellas es el mismo, la única diferencia entre algunas es el color y esta no es una

característica que se va a medir como importante en el proceso final.

#### 2.10 Lavado de Botellas.

Este paso en el proceso que se les dió a las botellas es muy importante ya que se encuentran muy sucias a la llegada de su recolección y es el momento en el que se tienen que retirar etiquetas y roscas además del residuo, pues ya seco deja una capa de azúcar que es muy pegajosa y podría dificultar pasos posteriores, como la temperatura de inyección y la fusión entre materiales.

Los pasos que se siguieron para el lavado fueron :

a) Se ponen las botellas a remojar en una solución jabonosa ( 1 litro de agua con 2 gramos de jabón ) intentando que la temperatura del agua sea mayor a la temperatura del medio ambiente alrededor de 28 grados centígrados, esto es para que las etiquetas junto con sus adhesivos se puedan remover con mayor facilidad pues uno de los pasos mas tardados es removerlas. Después de un período de media hora se retiran las botellas del agua y sin secarlas se utiliza una cuchilla para tallar la superficie , esto hará que las etiquetas se remuevan . En el caso de la presentación de Coca Cola al tener la etiqueta de papel es muy difícil retirarla por lo que después del tiempo de lavado además del tallar con la

cuchilla siempre queda un residuo pequeño de adhesivo. Además de servir para remover las etiquetas este lavado nos ayuda a eliminar los residuos de refresco y azúcar que tienen las botellas. Una alternativa es un recipiente con agitador para que se genere una corriente la cual haga que las botellas choquen entre ellas mismas y facilitar así la limpieza. Se vuelven a depositar las botellas en un recipiente con agua jabonosa a la misma temperatura otro período de media hora, esto con el objeto de que se elimine cualquier posibilidad de material extraño. Al terminar se enjuagan las botellas con agua corriente y se dejan secando al sol hasta que se elimine toda el agua de lavado. Después de secas, se checa que tengan la menor cantidad de adhesivo, esto en el caso de las botellas como las de Coca Cola. Si alguna hubiera quedado sucia o con una capa mayor de adhesivo se volverían a tratar con el procedimiento anterior. Este lavado no lleva una hora y media y el costo es bajo . El adhesivo que se encuentra uniendo el PET con el PEAD se remueve sin ningún problema con la navaja y no deja rastro posterior. Después de terminar este paso las botellas quedan limpias y separadas en sus componentes y listas para el paso previo al molido.

### **2.11 Tratamiento Previo al molido.**

El equipo con el cual se contó para el experimento no era el adecuado para la película de PET , pero por razones de tiempo se utilizó uno de menor capacidad además que era especial para material rígido como el PEAD . Por lo tanto se tuvo que adaptar el experimento para el tipo de molino con que se contaba .

El molino no permitía pedazos de botella muy grandes ya que la boca era muy pequeña . Para poder alimentar el material se cortaron los pedazos a unas dimensiones de 10 \* 15 cm con tijeras, sin embargo, se puede cortar el material con cualquier tipo de sierra, como se hizo con las de PEAD, las cuales se cortaron a la mitad.

El tiempo que tomo cortar las 100 botellas fue de 6 horas . Todas las roscas de aluminio tendrán que ser retiradas antes del corte para evitar mezclarlas con el plástico y así dañar las cuchillas del molino.

Despues de cortadas las botellas se recolectaron en bolsas de plástico y se separaron en dos corridas.

### **2.12 Preparación a la inyección.**

La manera en que se conformó el experimento fue que se tomaron de las 100 botellas cortadas, muestras para las dos corridas .

Primera corrida .

Consta de 30 partes de PET por 10 bases de PEAD . A esta corrida se le conocerá con la identificación de + PET para todas las tablas de resultados asi como para la inyección y las características de comparación.

Segunda corrida.

Consta de 20 bases de PET por 20 partes de PEAD. A esta corrida se le conocerá como - PET y asi se encontrará en los resultados.

Las dos corridas se separaron en contenedores diferentes y se molieron en forma también independiente para no mezclar ninguna de las corridas .

Las características del molino se listan a continuación:

Capacidad : 30 kg/hr.

Merge de la malla : 10 mm

Tipo de molino: Cuchillas .

El molido de las dos muestras se llevó a cabo en un tiempo de 8 hrs. y no hubo ningun problema de gravedad o alguna señal de que el experimento pudiera tener algun contratiempo. La muestra + PET se llevó mas tiempo pues el molino no era especial para película ( este molino es de aspas giratorias y

en el momento de topar con el yunque pellizcan la película en lugar de romperla y esto hacía que se tuviera que reprocesar la película al no quedar del tamaño ideal para la inyección. Con un molino especial para película y de la capacidad requerida el tiempo de la molienda se reduce . Después de tener las dos muestras molidas se pasaron a unas charolas y estas se llevaron a un horno de secado.

### 2.13 Secado de material.

Uno de los pasos mas importantes para obtener un buen resultado en la inyección es el secado del material.

Al tratarse de un material remolido la capacidad de absorción de agua así como la posibilidad de una contaminación durante la inyección causando rafagas e incompatibilidad de materiales es muy comun . Al ser esta mezcla una combinación nueva no se tenía ninguna experiencia pero se tomo en cuenta el siguiente punto : El PET es un material que retiene mucha agua por lo tanto se dejó el material secando durante un tiempo de 15 horas a una temperatura de 120°C .

Las características del horno son las siguientes :

Capacidad: 150 kg.

Temperatura máxima de secado: 200° C.

Tipo: Secador de charolas.

Después de tener el material seco se procedió a la inyección.

## 2.14 Inyección

No se tenía experiencia previa en la inyección por lo que se tomaron como en el caso del secado los datos de las comparaciones que existen de materiales de mezclados con PET además de la experiencia del operador que maneja la inyectora que fue una de las ayudas más importantes. El primer paso crítico fue el trasladar el material del secador a la tolva de la inyectora, pues el material absorbe mucha agua así que había que actuar rápido para evitar cualquier tipo de contaminación.

La ventaja fue que la distancia entre inyectora y horno es muy corta.

La primera fase de la inyección fue purgar la máquina ya que es de uso común y se necesitaba evitar problemas de contaminación por mezclado. Durante esta etapa se observa el material por primera vez fluyendo y nos pudimos dar cuenta que su comportamiento era positivo, es decir, no había tapón en la nariz ni un comportamiento anormal de flujo.

La primera muestra con la que se probó fue con la que denominamos +PET, esta muestra comenzó a trabajar las temperaturas a las cuales se inyecta el PET .

Se purgó un período de cuatro ciclos , hasta que el material salió limpio . El siguiente paso en la inyección fue encontrar las condiciones para que se llenara el molde pues

podría presentarse el problema de choque térmico, esto es, que el material en el momento de llegar al molde se enfria demasiado rápido impidiendo el llenado.

Durante las primeras pruebas no se lograba, sin embargo, el material parecía tener buenas características . Se hicieron 8 pruebas hasta llegar a las condiciones de velocidad y temperatura óptimas para el llenado, despues de estas todo lo que se buscaba ahora era encontrar las mejores características visuales y al tacto despues de dejar enfriar las muestras. Para llegar a este punto se probó con 30 corridas y se obtuvieron un total de 10 muestras de laboratorio para poder hacer las pruebas . Todas estas se consideraba cumplían con la características y podían ser buenas candidatas para obtener resultados satisfactorios. El color de las muestras era gris y la apariencia era continua y lisa. Algunas muestras de las iniciales presentaron incompatibilidad pero esto se arregló conforme la temperatura y la velocidad fueron ajustadas . Despues de terminar con ésta se procedió a elaborar la inyección para la muestra de PET. Se pensaba que ésta iba a tener propiedades similares a las del +PET asi que para purgar se procedió a poner una temperatura media la cual se sacó de la corrida anterior . Con esta no se obtuvieron los mismos resultados que con la anterior. Durante la segunda purga el material se enfrio en la nariz de la inyectora causando un tapón muy difícil de

retirar . Tanto las temperaturas como las velocidades de esta muestra se comportaron diferente y la estructura no fue la excepción. Tardó un total de 10 ciclos el purgar la inyectora de la muestra - PET , al salir de la nariz no presentaba una mezcla homogénea y costó mucho trabajo el llenado del molde. Se hicieron un total de 30 intentos para conseguir llenar el molde y con solo 10 de estos se lleo a obtener un resultado parcialmente satisfactorio. La apariencia del material era rugosa y de color negro , solamente en 3 de las 10 muestras se logró una integración del material en las demás fue parcial . Este material presentó ráfagas y esto era indicación de la falta de tiempo de secado . Asi se dió por terminada la inyección obteniendo un resultado satisfactorio en la muestra +PET, pero a las dos se les corrieron pruebas de caracterización.

#### 2.15 Pruebas .

Para lograr una identificación confiable de los materiales para poder hacer una comparación con respecto a algun uso industrial se procedió a hacer las siguientes pruebas:

- \* Modulo de Impacto.
- \* Modulo en Flexión.
- \* Temperatura de Flexión bajo carga.
- \* Impacto Gardner.

Se formaron grupos con los especímenes y se realizaron cada una de las pruebas. Los resultados obtenidos se muestran en tablas así como la comparación con los materiales vírgenes . A continuación se lista el orden en el cual serán presentados los resultados :

- \* Muestra +PET. Inyección.
- \* Muestra -PET. Inyección.
- \* Módulo de impacto.
- \* Módulo en flexión . .
- \* Temperatura flexión bajo carga .
- \* Impacto Gardner .
- \* Comparación con materiales vírgenes.

## Resultados de inyección

<b>Tabla 2.1</b>		
<b>Purga del sistema</b>		
Temperatura °F	+ PET	- PET
Zona 1	200	200
Zona 2	210	215
Zona 3	215	220
Zona 4	220	225
Nariz	100	100
Molde	50	50
Aceite	50	50
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>		
Inyección	1800	1600
Recalque	1400	1400
Continua	200	300

Fuente: Datos experimentales

<b>Tabla 2.2</b>		
<b>Estabilización del sistema</b>		
Temperatura °C	+ PET	- PET
Zona 1	200	200
Zona 2	215	210
Zona 3	220	210
Zona 4	230	210
Nariz	95	100
Molde	40	45
Aceite	40	45
<b>Presión (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>		
Inyección	1820	1820
Recalque	1440	1420
Continua	220	270

Fuente: Datos experimentales

## Resultados Inyección

Tabla 2.3		
Parámetros finales		
Temperatura °C	+ PET	- PET
Zona 1	190	190
Zona 2	215	195
Zona 3	225	200
Zona 4	230	215
Nariz	95	95
Molde	40	40
Aceite	40	40
Presión (lb/pulg <sup>2</sup> )		
Inyección	1825	1630
Recalque	1445	1450
Continua	240	260

Fuente: Datos experimentales

## Resultados Impacto Izod

<b>Tabla 2.4</b>			
<b>+ PET</b>			
<b>Impacto Izod 1/2 * 1/8 pulg</b>			
	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
V 1	0.362	0.362	0.461
V 2	0.579	0.574	0.472
V 3	0.543	0.543	0.552

Fuente: Datos experimentales obtenidos a partir de muestras

<b>Tabla 2.5</b>			
<b>- PET</b>			
<b>Impacto Izod 1/2 * 1/8 pulg</b>			
	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
V 1	0.578	0.578	0.542
V 2	0.543	0.576	0.562
V 3	0.593	0.581	0.573

Fuente: Datos experimentales obtenidos a partir de muestras

## Resultados

### Temperatura de flexión bajo carga, Impacto Gardner y propiedades mecánicas en tensión

<b>Tabla 2.6</b>		
<b>Temperatura de flexión bajo carga (HDT) en °C</b>		
Condiciones: 264 psi, barra de 1/2*1/8 pulg.		
	+ PET	- PET
Muestra 1	60-63	52-51
Muestra 2	65-61	50-49
Muestra 3	62-64	52-51

Fuente: Datos experimentales obtenidos a partir de muestras

<b>Tabla 2.7</b>		
<b>Impacto Gardner</b>		
Altura en pulgadas		
	+ PET	- PET
Muestra 1	22	5
Muestra 2	18	10
Muestra 3	25	8

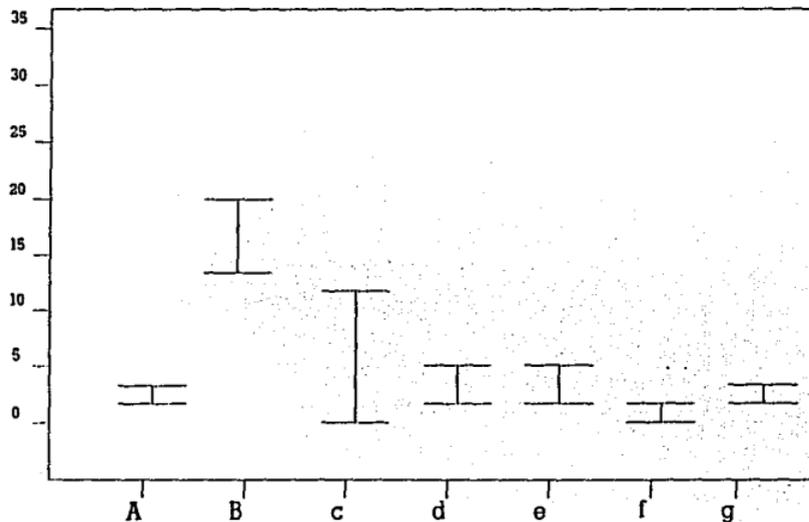
Fuente: Datos experimentales obtenidos  
a partir de muestras

<b>Tabla 2.8</b>		
<b>Propiedades mecánicas en tensión</b>		
	+ PET	- PET
Elong.(pulg)	0.1537	0.1439
% de Tension	3.842	3.597
Stress Lb/pulg <sup>2</sup>	5.925k	2.338k

Fuente: Datos experimentales obtenidos a partir de muestras

## Impacto IZOD Ranurado 1/2 \* 1/8 pulg.

Lb-pie/pulg



A : Poliester

C : Polientireno impacto

E : Polipropileno

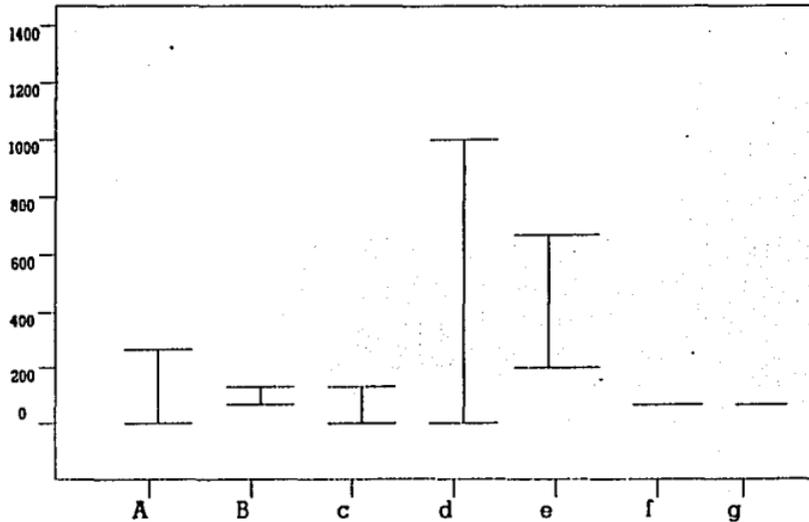
G : Muestra - PET.

B : Policarbonato

d : Polietileno lineal.

F : Muestra + PET

## Elongación a la Ruptura .



A : Poliéster

C : Poliestireno impacto

E : Polipropileno

G : Muestra - PET.

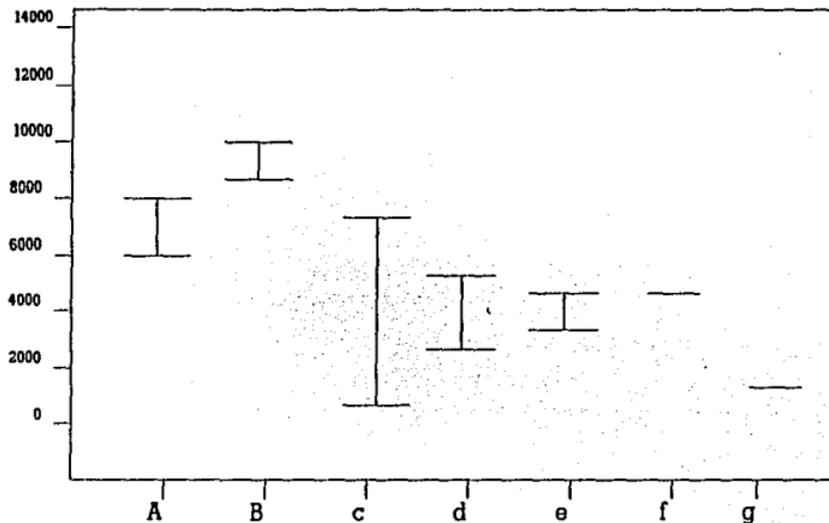
B : Policarbonato

d : Polietileno lineal.

F : Muestra + PET

## Resistencia a la Tensión al Cede.

Lb / pulg



A : Poliester

C : Poliestireno impacto

E : Polipropileno

G : Muestra - PET.

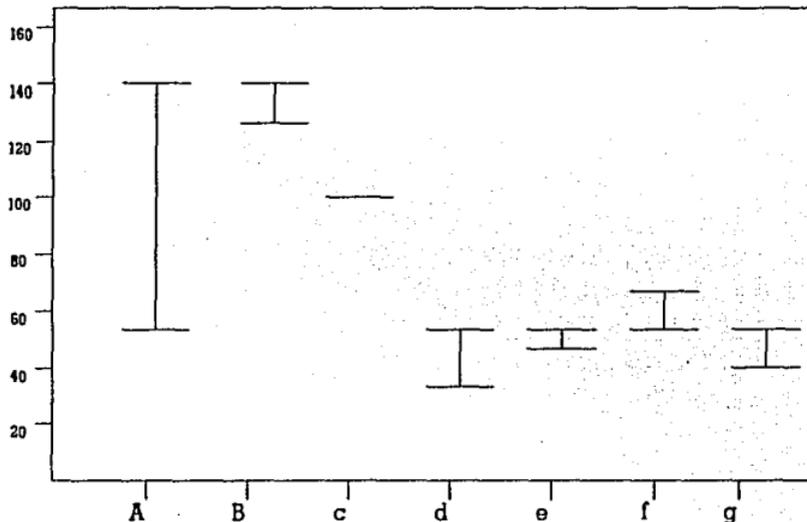
B : Policarbonato

d : Polietileno lineal.

F : Muestra + PET

## Deformación Bajo Carga @ 264 psi.

lb/pulg



A : Poliéster

C : Poliestireno impacto

E : Polipropileno

G : Muestra - PET.

B : Polycarbonato

d : Poliétileno lineal.

F : Muestra + PET

### Conclusiones del capítulo.

Despues de realizar el experimento llegamos a las siguientes conclusiones:

\* Es factible el suministro de materia prima debido a la demanda de refrescos en la Ciudad de México.

\* Tanto la separación como el lavado de la botellas es un proceso que despues de haber experimentado con el, es posible su implantación industrial.

Despues de realizar la inyección de estas botellas se llegó a las siguientes observaciones :

1. El material en general es muy noble . No presenta problemas mayores en el momento de ser inyectado .
2. La muestra +PET es de mejor procesabilidad así como de mayor calidad en su producto final que la muestra -PET , la cual, necesita mas cuidados y genera mayor desperdicio y ademas de tomar mas tiempo en llegar a un producto satisfactorio.
3. La muestra +PET como lo muestran las gráficas de comparación contra otros productos es posible de substituir al Polietileno y Polipropileno virgen en sus aplicaciones . Además presenta mejores propiedades mecánicas y de rigidez .

4. La muestra -PET sólo es factible de sustituir al Polietileno virgen .Es una muestra de menores propiedades además de presentar problemas de corribilidad en las máquinas y no ser muy confiable a la hora de tener un producto final.

5. Es importante dar a conocer el procedimiento que siguió en el caso de las temperaturas tanto de la inyección como del presecado ya que son datos poco conocidos.

### Capítulo III.

#### POSIBLES APLICACIONES Y ESTUDIO ECONOMICO.

- 3.1 Aplicaciones.
- 3.2 Análisis Costo - Beneficio para centros de plástico.
- 3.3 Análisis Costo - Beneficio para fleje de plástico.
- 3.4 Análisis Costo - Beneficio para vasos de plástico.
- 3.5 Descripción del proceso.
- 3.6 Inversión en equipo.
- 3.7 Retorno de la inversión.
- 3.8 Conclusiones.

### 3.1 Aplicaciones .

Después de realizar los experimentos para poder evaluar las posibilidades de nuestro plástico para sustituir algún material comercial y conociendo los resultados y las comparaciones que tanto en procesabilidad como en propiedades de producto final tenemos , se plantean una serie de aplicaciones posibles tomando en cuenta las necesidades del mercado de consumo masivo asi como para un manejo eficiente de los desechos para obtener resultados . Sólo se manejará para su posible comercialización la muestra a la que se llamó +PET , debido a sus características de procesabilidad en la inyección y a su respuesta como producto final. La muestra -PET presenta mayores dificultades y es necesario hacer un estudio posterior de propiedades. El producto con el que contamos se puede utilizar en la sustitución de los materiales Polietileno y Polipropileno virgen y sus características compiten sin ningun problema.

Para comenzar a revisar alguna posible opción nos basamos en las aplicaciones actuales de estos materiales . Una gran ventaja de poder sustituir cualquiera de estos dos productos es que tienen usos comerciales como : Bolsas, vasos, platos, cucharas y en general, utensilios desechables para cocina, botes de basura, tanques , recubrimientos, escobas , tuberia , juguetes , frascos para reactivos , cosméticos , separadores

acumuladores etc. Para poder hacer una elección se elaboró una tabla comparativa de las propiedades, ventajas y desventajas, de un material contra otro .

**Comparación del +PET contra el PP, PE virgen.**

**(Propiedades comerciales)**

	Color.	Resistencia.	Resistencia al calor	Permiso médico
PP	Manejable	Buena para la aplicación	Baja para la aplicación	lo tiene
PE	Manejable	Buena para la aplicación	Baja para la aplicación	lo tiene
+PET	No manejable actualmente	Mayor o igual	mayor que anteriores	no lo tiene

Fuente: Datos experimentales y Encyclopédia of Polymeric Science and Engineering.

Como se puede observar en esta tabla se obtienen mejores resultados en las resistencias al calor y al impacto pero en color y en el permiso médico nuestro material presenta desventaja. Para poder hacer un producto de venta al público es necesario tener un permiso médico además de poder manejar colores ya que en un vaso de plástico o productos en donde se ponga comida se corre peligro de degradación o reacción de plástico con alguna sustancia y que se contamine la comida o la bebida y se pueda tener problema de envenenamiento. El color además es un factor muy importante para tener éxito comercial. El color de nuestro producto, no es completamente uniforme, es un gris opaco que no es común en los productos desechables, o de consumo doméstico. Para poder lograr adquirir alguna de estas propiedades es necesario hacer una mayor investigación, como por ejemplo, el pigmentar el plástico. Para lograr que un producto de venta al público tenga permiso médico, es necesario cumplir con una serie de pruebas que en algunos casos llevan hasta 2 años dependiendo de la aplicación que se le quiera dar al material. Otra de las ventajas además en esta rama es que los productos reciclados están teniendo mucho auge. Para poder tener una mejor visión del mercado se realizó una investigación del número de empresas que hacen utensilios de cocina desechables además de escobas, cubetas etc.. También otro ramo que se podía atacar era el fleje de plástico y los

centros de plástico para material embobinado y artículos varios como separadores, carpetas y recubrimiento para cables conductores. En la rama de desechables para alimentos existen 100 empresas las cuales se dedican a la fabricación de vasos, platos, cubiertos en diferentes calidades, materiales, colores y marcas . La competencia en este ramo es sumamente grande . Existe un precio muy controlado por el mercado además de tener un margen de ganancia mínimo . Por estas razones esta aplicación no es la mas adecuada para nuestro caso y además existe la necesidad de obtener permiso médico. En lo referente a los utensilios para el hogar existen tambien 50 empresas que se dedican a este tipo de fabricación , presentándose problemas de alta competencia y bajo margen de ganancia. Tambien esta opción fue desechada.

Las siguientes posibilidades son el fleje de plástico y los centros para materiales reembobinados tales como la película de polietileno , la celulosa en rollo y las telas no tejidas. En el caso del fleje de plástico la idea es sustituir al fleje de metal . El mercado de este material es muy amplio ya que tiene una infinidad de usos pero el principal es para sujetar cajas , pacas, rollos y todo el material que se tiende a estibar. Existen 10 empresas que se dedican a la manufactura de fleje. El margen de ganancia de este material es bueno ya que los otros fabricantes de fleje lo fabrican de material virgen si es plástico y de metal . Los lugares

en donde se podría vender el fleje de plástico va desde un supermercado o una casa particular hasta la industria en general .Esta aplicación tiene la ventaja de no necesitar un color específico . Los centros para película de materiales embobinadas tiene como objetivo el sustituir a los centros de cartón . Como sabemos el carton es el último paso de la cadena de la fabricación del papel ,por esto es un material que se tiene en gran cantidad. La competencia es bastante grande pero el precio es alto ya que el problema es que se le tiene que agregar una cantidad de adhesivo para conservar sus propiedades y que en las aplicaciones resista la compresión . Por su parte el centro de plástico sería un material barato con nuestro producto . Esto se presentará en detalle a continuación. Esta aplicación tiene la ventaja , como el fleje, de no necesitar ningun color para su venta . La mayoría de los materiales que se consumen en rollos son puestos en centros de cartón, así el mercado potencial de nuestro producto en la aplicación de centro de plástico es muy grande , incluimos como clientes a todos los que manejan película , ya sea de papel o de plástico .

Otras de las ventajas de estos dos materiales es que se pueden volver a usar, no en el caso de los primeros ya que su nombre lo indica son desechables y generan una cantidad importante de desechos que hay que volver a pensar que hacer con ellos . Y no solamente se pueden usar una vez mas , se

pueden usar cuantas veces el material resista a la compresión y si el peso que se le esta imprimiendo a este es siempre el mismo , el centro se puede usar N veces. Despues de revisar las opciones de uso se puede decir que las primeras que se mencionaron están muy competidas y es un mercado muy conocido . Tienen algunas ventajas , las mas usuales son, los moldes de las inyectoras son mas baratos ya que tienden a hacerse en producción continua debido a la demanda y ademas es un proceso conocido , no hay que estar buscando la información ni investigar para encontrarla . A pesar de estas ventajas el análisis costo -beneficio no es favorable y aunque se supusiera una inversión menor y unas ventas mayores no saldrian mejores ganancias que en las otras dos aplicaciones como se demostrará a continuación. Se podrá tambien ver en estos datos la necesidad de mercado que tienen tanto el centro de carton como el fleje. Tambien es importante mencionar que todas las ventas y la distribución se está planeando solamente en el área metropolitana . Asi mismo , la materia prima sólo se alimentará desde esta área. Para poder coleccionar las botellas de otras ciudades sería necesario hacer un estudio para cada región en donde se vean consumos aproximados y la facilidad para recolectarlos y llevarlos a donde estaría la planta de tratamiento . Estos fueron los factores que en general se tomaron en cuenta para la elección del centro de plástico y el fleje .

### 3.2 Analisis Costo - Beneficio para Centros de plástico.

Cantidad necesaria para cumplir las necesidades de la planta:

Rollos de Polietileno : 600 Ton/mes

Rollos de Celulosa : 5,000 Ton/mes

Rollos de TBM : 21 Ton/mes

1 Rollo de poli pesa : 20 kg

1 Rollo de celulosa pesa : 800 kg

1 Rollo de TBM pesa : 50 kg

para surtir esta cantidad de toneladas necesitaríamos :

30,000 rollos de polietileno = 30,000 centros

6,250 rollos de celulosa = 6,250 centros

420 rollos de TBM = 420 centros

total : 36,670 centros

Cantidad de materia prima requerida :

1 centro pesa aproximadamente : 120 gr

120 gr/centro \* 36,670 centros = 4,400 kg/centros mes

148 kg/día .

1 botella pesa : 190 gr

requeriremos para cubrir necesidades : 23,158 botellas/mes

772 botellas/día

Merma esperada durante el proceso : 5 %

Con este dato se esperaría un desperdicio de 220 kg/mes

Considerando esta merma se necesitan 810 botellas/día

**Ganancias:**

Costo del centro de cartón : N\$ 12.00

Costo de la materia prima(botellas): N\$ 0.500 botella

Total al mes : N\$ 11,579.00

Precio al cual se daría cada centro :

N\$ 1.60

Ahorro por centro para el usuario: N\$ 10.40

Ganancia total :

36,670 centros/mes \* N\$ 1.60 = N\$ 58,672.00

Costo de botellas 23,158 \* N\$0.50 = - 11,579.00

-----  
Ganancia total                    N\$ 47,093.00

**3.3 Analisis Costo - Beneficio  
para el fleje de plástico.**

Cantidad necesaria para cumplir las necesidades de la  
planta :

Consumo promedio mensual :

1.5 toneladas de fleje .

Cantidad de materia prima necesaria :

Hay que considerar un 5 % de merma durante el proceso.

1.5 Ton fleje

75 kg de desperdicio total . 1.575 Ton de botellas .

1 botella pesa 190 gr .

La cantidad de botellas necesarias :

8,289 botellas /mes

2,773 botellas /mes

Pagando N\$ 0.500 por botella

Inversión por materia prima mensual :

8,289 Botellas \* N\$0.50 = N\$ 4,144.5

**Beneficio :**

1 kg de fleje cuesta : N\$ 22.00

Precio al cual se daría el fleje : N\$ 19.00

Ahorro por kg de fleje : N\$ 3.00

**Ganancia mensual :**

19,500 kg/mes \* N\$19.00 = N\$ 28,500.00

8,289 botellas \* N\$0.50 = - 4,144.50

-----  
Ganancia total mensual N\$ 24,355.50

### 3.4 Analisis Costo - Beneficio para Vasos de plástico .

Es importante mencionar que este análisis está hecho en temporada alta como en los meses de Abril y Diciembre .

Se pretende surtir en el área metropolitana :

5 Comercial Mexicana .

10 Superama .

8 Gigante .

Cantidad necesaria para cumplir estas necesidades :

Se venden alrededor de 1000 vasos a la semana .

Fuente: Directo de establecimientos

En 23 tiendas : 23,000 vasos/semana

92,000 vasos/mes

Materia Prima necesaria :

1 vaso pesa 2.50 gr en promedio .

Se necesitan : 57.5 kg para surtir esta cantidad.

El % de merma es de 10 : 5.8 kg

Total : 63.8 kg/botellas . a la semana

255.2 kg/botellas al mes .

255.2 kg/botellas / 0.025 kg/vaso = 1,337 botellas/mes

**Beneficio :****Costo de la materia prima :**

1 botella : N\$ 0.500

1,337 botellas \* 0.5 pesos/botella

Total : N\$ 668.5

1 paquete de 10 vasos cuesta : N\$ 3.25

Costo con nuestro material : N\$ 2.25

Ahorro por paquete : N\$ 1.00

**Ganancia mensual:**

N\$ 2.25 \* 9,200 paq . = N\$ 20,700.00 al mes

Costo materia prima N\$1,337 \* 0.50 = - 668.50

-----  
Ganancia total mensual N\$ 20,031.50

### 3.5 Descripción del proceso.

Esta descripción se basa en el diagrama de la figura 4.1 .

El proceso consta de las siguientes partes :

- 1 Tanque de lavado con un propela tipo hélice .
- 1 charola de secado con rejilla.
- 1 Molino de aspas.
- 1 Malla separadora de partículas.
- 1 Secador
- 1 Inyectora .

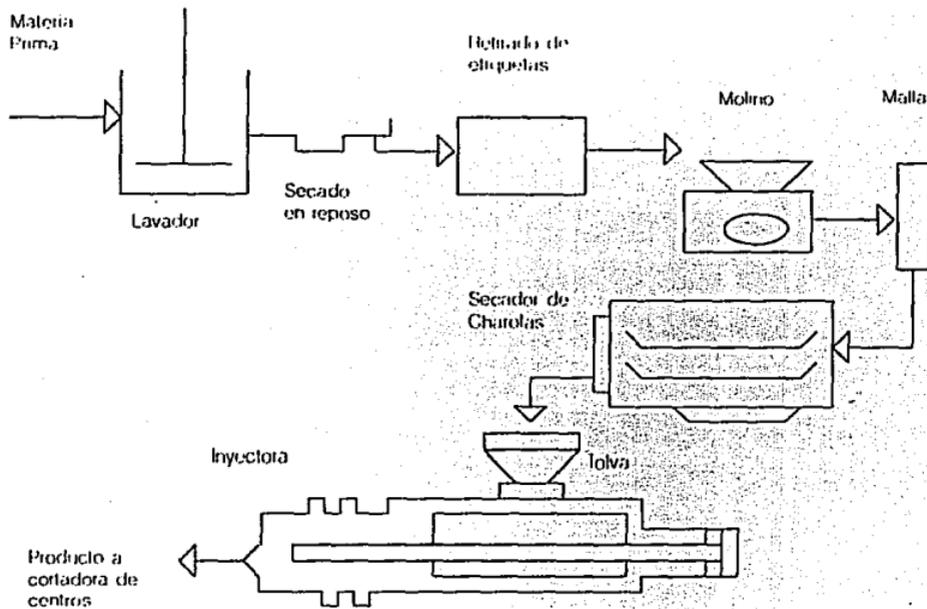
Para el cálculo de velocidad de este proceso se tomó el artículo de mayor venta que en nuestro caso son los centros de cartón . Para este caso tenemos una velocidad de 6.41 kg/hr .

El proceso tiene la siguiente secuencia :

Se introducen las botellas sin tapa en el tanque de lavado . En este paso las botellas permanecen 2 horas en movimiento continuo , se crea una turbulencia la cual es generada por una propela tipo hélice . Las botellas son recibidas en unas charolas secadoras que están girando para así lograr eliminar la mayor cantidad de agua . Después de ser secadas se pasan a un cuarto en donde se les retiran la mayor cantidad de etiquetas manualmente . Al terminar de quitar las etiquetas

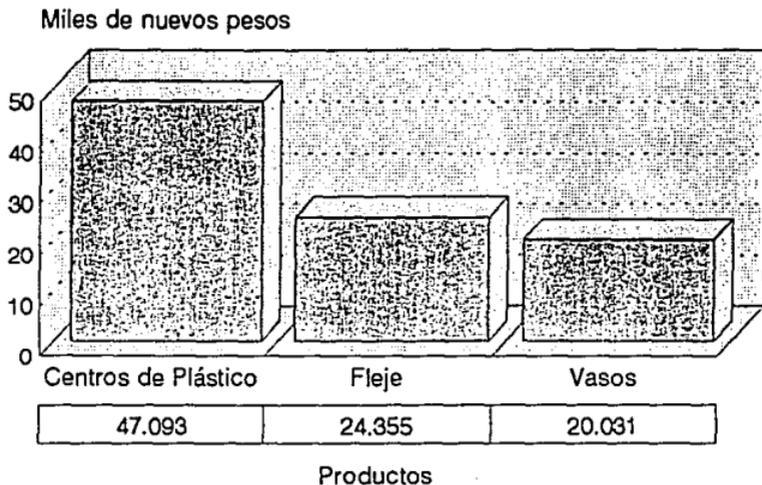
las botellas pasan al molino el cual las tritura hasta el tamaño de partícula deseado , para asegurarlo, las botellas son forzadas por una corriente de aire através de una malla . Este proceso es batch ya que las partículas que no han sido bien molidas son retiradas de la malla y pasadas por el molino cuantas veces sea necesario . El material que pasó por la malla es transportado por una banda hacia el secador, en donde permanece un periodo de 15 hr. Al terminar el secado el material es transportado directamente a la tolva de la inyectora la cual está inmediatamente a la salida del secador y así se evita contacto con el exterior . Despues de ser inyectadas , las piezas pasan por una inspección de calidad y son cortadas en las dimensiones que requiere el cliente para posteriormente ser embarcadas en camión a su destino.

## Proceso de recuperación de botellas de +PET



# Ganancias mensuales para cada producto

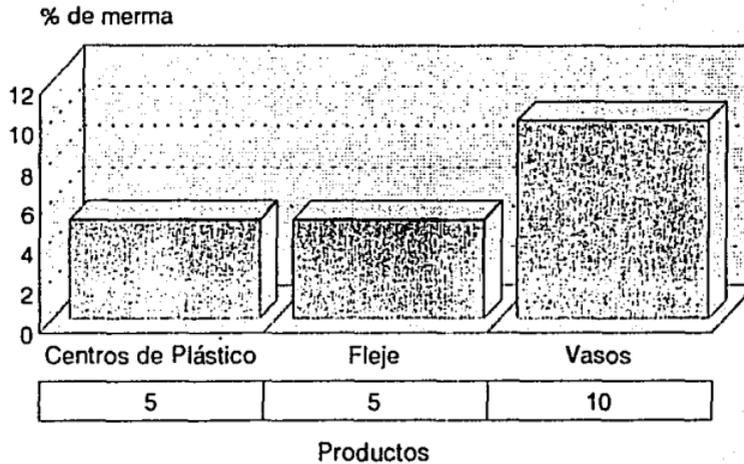
Centro , Fleje , Vasos.



Muestra + PET

# Mermas de producción

Centro , Fleje , Vasos.



Muestra + PET

### 3.6 Inversión en equipo.

Para poder hacer una evaluación realista del proyecto es necesario considerar los costos por equipo .

Se realizó una investigación en la cual se cotizaron precios de varios proveedores en los equipos que eran necesarios y se tomó el precio de los nuevos . Se pudieron haber comprado equipos usados pero es mas realista hacer una comparación con nuevos pues así tendremos una manera de saber qué tan rentable es nuestro proceso . Como ya se observó, en el campo de venta del producto terminado si tenemos manera de competir pero ya con estos datos , como se observa, el proyecto es una buena inversión. Con los centros de cartón aproximadamente en tres meses se pagaria la inversión del equipo .

#### Costos :

- Inyectora :	N\$ 80,000.00
- Molde para centros :	N\$ 80,000.00
- Molino de cuchillas :	N\$ 40,000.00
- Secador de charolas :	N\$ 30,000.00
- Malla separadora :	N\$ 10,000.00
- Cuba de lavado :	N\$ 5,000.00
- Cortadora de centros :	N\$ 5,000.00
Total	<u>N\$ 250,000.00</u>

En el caso de tomar la opción de los vasos de plástico hay que agregar N\$ 50,000.00 para el molde.

### 3.7 Periodo de devolución de la inversión .

La fórmula básica para evaluar la devolución de la inversión es la siguiente :

$$Acf = Cfc - S$$

Donde :

Acf = Flujo de capital. Ingreso Anual .  
 Cfc = Costo de capital fijo .  
 S" = Número de años productivos.(Valor de salvamento ).

Fuente: Perry. Chemicals  
 Engineerings Handbook.  
 McGraw Hill.2d Edición.

+ Costo de Maquinaria :		N\$ 250,000.00
Instalación de maquinaria : (39%)=		97,500.00
Instalación de instrumentación : (28%)=		70,000.00
Tuberías : (31%) =		77,500.00
Instalación eléctrica : (10%) =		25,000.00
		-----
Total		N\$ 520,000.00

Porcentajes segun:

Peters y Timerhauss. cap 5  
 Plant Design and Economics  
 for Chemical Engineering.  
 McGraw Hill.2d edition

+ Capital de trabajo :

Suposiciones :

- \* Las ventas se elevan un 2% anual.
- \* No se toman en cuenta inventarios.
- \* Producto producido producto vendido.

1) Materias primas :

Costo mensual de botellas(pp 45) N\$ 11,579.00 mes.  
 Costo anual de botellas(pp 44) N\$ 8,948.00 año.

## 2) Terreno :

N\$ 20,000.00 mes  
N\$ 240,000.00 año

## 3) Extras :

Sueldos	6 %
Agua	3.1 %
Luz	4.7 %
Imprevistos	15 %
	-----
	29 %

N\$ 260,695.00

Porcentajes segun :  
Peters y Timerhauss Cap. 5  
McGraw Hill 2d Edición.

Total :

N\$ 1,159,643.00

El estudio se evaluara con dos niveles de utilidad :

A : 1.6 nuevos pesos.  
B : 2.0 nuevos pesos.

Año	Proyecto A
0	-1,159,643
1	-455,579
2	-377,077
3	-284,212
4	-176,696
5	-54,237
6	83,464

Utilidad generada = 704,064 pesos/año

Año 1

$$\begin{aligned}
 X &= Cfc - Acf \\
 &= ( 520,000 + 138,948 + 240,000 + 260,695 ) - 704,064. \\
 &= -455,579.00
 \end{aligned}$$

Año 2

$$\begin{aligned}
 X &= (455,579 + 639,643) - 718,145.00 \\
 &= -377,077.00
 \end{aligned}$$

Año 3

$$X = (377,077 + 639,643) - 732,508.00 \\ = -303,660.00$$

Año 4

$$X = (284,212 + 639,643) - 747,159.00 \\ = -176,696.00$$

Año 5

$$X = (176,696 + 639,643) - 762,102.00 \\ = -54,237.00$$

Año 6

$$X = (54,237 + 639,643) - 777,344.00 \\ = 83,464.00$$

Año	Proyecto B
0	-1,159,643
1	-279,563
2	-21,524
3	254,472

Utilidad generada : 880,080.00 pesos/año

Año 1

$$X = 1,159,643 - 880,080 \\ = -279,563.00$$

Año 2

$$X = (279,563 + 639,643) - 897,682 \\ = -21,524.00$$

Año 3

$$X = (21,524 + 639,643) - 915,639 \\ = 254,472.00$$

Uno de los puntos que es importante mencionar es que la utilidad que se puede obtener al comercializar los centros de plástico es sustancial . Como se observa en la sección 3.2 el costo promedio de un centro de cartón es de N\$ 12 pesos y con N\$ 0.5 pesos que es el costo de una botella, podemos obtener un promedio de 1.2 centros, esto nos deja un rango de ganancia de N\$ 11.5 pesos. El costo del centro para la venta se fija tan bajo para lograr una mayor penetración en el mercado ya que el material no es conocido y nos enfrentamos con el problema de la desconfianza en el usuario. La razón por la cual se estudian dos niveles de utilidad es para analizar la sensibilidad a los cambios de precio y como podemos observar en los cálculos el proyecto podr+a pagarse hasta en 1 año.

## Resumen final.

Año	Proyecto A	Proyecto B
0	-1,173,059	-1,159,643
1	-455,579	-279,563
2	-377,077	-21,524
3	-284,212	254,472
4	-176,696	
5	-54,237	
6	83,464	
7		

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

### 3.8 Conclusiones

Como se puede observar a lo largo de todo el capítulo y además con las gráficas de comparación de costos y los diferentes inversiones en los equipos, es que, los procesos rentables son los centros y el fleje.

Las diferencias en ganancias y costo del proyecto, entre fleje y vasos es muy poca, pero aquí hay que tomar en cuenta que en el caso de los vasos dependemos mucho de la temporada en donde las ventas de estos productos desechables son mayores . La competencia es otra desventaja. Además es importante hacer mención que durante la fabricación de los vasos de plástico se espera tengan mayores defectos como mas merma ya que hay que controlar en exceso las piezas para que no salgan con rebabas o mal inyectadas . Otra de las conclusiones a la cual podemos llegar es que nuestra materia prima tiene una gran diversidad de aplicaciones. Esto es muy poco común en material de desecho ya que en muchas ocasiones no se llegan a obtener características parecidas a algún material virgen. Otra de nuestras ventajas es que podemos competir con casi cualquier precio en el mercado de las aplicaciones que escogimos , esto es debido a que nuestra materia prima es barata y que nuestro proceso de tratamiento es sencillo. Además los costos de operación calculados son muy bajos y no se necesitan tener muchos trabajadores para atender el proceso. Consideramos que una buena opción para colocar la planta sería el corredor industrial de Cuautitlan

ya que los principales proveedores de película plástica se encuentran en vallejo y si se tomara la decisión de tener nuestro propio sistema de distribución nos resultaría bastante fácil movernos para estos lugares .

**Capítulo IV.**  
**CONCLUSIONES FINALES**

**CONCLUSIONES FINALES**

El objetivo de este capítulo es dar a conocer las conclusiones generales sobre la tesis. Las conclusiones a las que llamamos técnicas se encuentran al final de los capítulos dos y tres. En estos se expone que el material es de buenas propiedades finales además de que su procesamiento es sencillo y no requiere mucho tiempo.

El capítulo cuatro se demuestra que es factible hacer una inversión para una planta de este material.

Uno de los puntos interesantes que no se toman en los capítulos antes mencionados, es la razón por la cual se escogió el proceso de inyección y no cualquier otro proceso de transformación de plásticos.

Para la aplicación que resultó ser la más rentable, los centros de plástico, el único método alternativo es la extrusión, pero este presenta la desventaja de tener una excelente resistencia sentido máquina pero una baja resistencia sentido transversal y para los centros es necesario tener un equilibrio de propiedades para poder dar los resultados que se requieren ya en la aplicación.

Es importante mencionar que para poder iniciar este proyecto hay que hacer una campaña extensiva de educación en materia

de desechos para así poder facilitar la recolección y reducir costos en este renglon.

Otra de las recomendaciones es hacer una investigación mas profunda sobre el proceso de obtención de la materia prima.

Es necesario hacer diferentes concentraciones de material para así obtener el punto óptimo de propiedades .

Se necesita tambien hacer un estudio estadístico a nivel macro en las ciudades en donde se quiera instalar plantas de procesamiento para conocer así la cantidad exacta de botellas que es posible recolectar en un periodo de tiempo y así conocer nuestra materia prima entrante al proceso.

En general como lo da a conocer este trabajo hay muchas oportunidades par reciclar articulos de la vida diaria y así ayudar a mejorar el ambiente.

**Bibliografia.**

**Bibliografía**

1. ASTM . Anual Book of ASTM Standards . 1990. parte 35. Plastics General Test Methods.
2. Bauman,H.A. ,Fundamentals of Cost Engineering in the Chemical Industry , Van Nostrand Reinhold, N.Y. 1964.
3. Beck Ronald. Plastic Product Design. John Wiley and Sons.
4. Bill Meyer Fred. Text Book of Polymer Science. John Wiley and Sons . 1984.
5. D. Newton . Chemical Engineering Cost Estimation. Mcgraw Hill , N.Y. 1955.
6. Mark Bikales, Over Berger.Encyclopedia of Polymer Science and Engineering . Second edition vol 1.
7. Kirk and Othmer. Encyclopedia of Chemical Technology. Second Edition. Vol 18.
8. Fleck Ronald . Plásticos . Su Estudio Científico y Tecnológico. Editorial Gustavo cili. Barcelona 1953.
9. H. Castillo . La Sociedad de la Basura , Caciquismo en la Ciudad de México . Publicación del Instituto de Ciencias Sociales de la UNAM, México (1984).
10. Instituto Mexicano del Plástico Industrial. Anuario estadístico del plástico industrial. 1988.
11. I. Restrepo y D. Phillips. La Basura, Consumo y Desperdicio en el D.F. Instituto Nacional del Consumidor, México 1982.
12. Kuhne G. El Plástico en la Industria. Mcgraw Hill,N.Y. 1976.
13. Leroy , Jean. Los Desechos y su Tratamiento. Reverte. 2da edición 1988.
14. Memorias ANIQ XVI. Convención Nacional de Fabricantes de Resinas Sintéticas. San Jose del Cabo, Julio de 1992.
15. Modern Plastics Encyclopedia. October 1989. Vol 2.
16. Nicholas Basta y Conrad Mackerron. Plastics Recycling Grows Up. Chemical Engineering, November 23 , 1987 .

17. Nicholas Basta y Eric Johnson. **Plastics Recycling Picks Up Momentum.** Chemical Engineering , July 1989.
18. Peters and Timerhauss. **Plant Design and Economics for Chemical Engineering.** 2d edition. Mcgraw Hill, N.Y. , 1968.
19. **Plastics Engineering Handbook.** Frador . Fourth edition. Society of Plastics Industry . Van Nostrand Reinhold.
20. **Resinas Sintéticas en México.** INFOTEC México,D.F. 1984.
21. Robert V. Wiler. **How Sound and Investment in Recycling plants.** Modern Plastics, July 1990.
22. Shaw Vishu. **Handbook of Plastics Testing Technology.** Mcgraw Hill. 1978.
23. Simons Herbert y Church James. **Plásticos . Formulaci3n y Moldeo.** Compa1a Editorial Continental. M3xico 1964.
24. Staudinger. **Plastics and the Environment.** John Wiley and Sons. 1980.