

55

2 Ejen



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL RECICLADO DE POLIPROPILENO"

TESIS PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO PRESENTAN JIMENEZ PEREZ SAUL SALVADOR MENDOZA CAMACHO



MEXICO, D. F.

AGOSTO DE 1994

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

JURADO ASIGNADO

Presidente Prof. Jose Francisco Guerra Recasens  
Vocal Prof. Emilio M. Pradal Roa  
Secretario Prof. Laura Esther Garcia Chávez  
1er suplente Prof. Jesus Butrón Silva  
2do suplente Prof. Francisco López Serano Ramos

Sitio en donde se desarrollo el tema :

Div. de Estudios de Posgrado  
Facultad de Química



EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUÍMICA

Asesor del tema

L. E. García Chávez

M. en C. Laura E. García Chávez

Sustentante

Salvador Mendoza Camacho

Salvador Mendoza Camacho

Sustentante

Saúl Jiménez Pérez

Saúl Jiménez Pérez

DEDICATORIAS  
Y  
AGRADECIMIENTOS

A mis padres:

Porque sin su amor, apoyo y sacrificios nunca hubiera podido cumplirse el más grande de nuestros sueños.

No encuentro una palabra más adecuada para este momento que... Gracias

Los quiero mucho, que Dios los bendiga.

Romulo Jiménez Coyotzi y Catalina Pérez Aguilar

A mis hermanos:

Por formar el hogar que me impulsa a seguir adelante y por todo el amor que les tengo.

Teresa, Elisa y Hugo

A mis amigos:

Por su apoyo incondicional y por su amistad siempre sincera y desinteresada.

Maru, Miguel, Carmen, Pablo, Salvador, Martha

A mis tíos y primos:

Por todos los momentos que hemos pasado juntos y unidos.

A Luisa:

Gracias por tu cariño, comprensión y paciencia, por compartir conmigo momentos difíciles y de alegría, y porque simplemente te amo.

A Dios:

Gracias por permitirme realizar otro logro más en mi vida.

SAUL JIMENEZ P.

A DIOS

Por el amor y misericordia recibidas.

I Cor 13:1-3.

A la memoria de mi madre HILARIA CAMACHO HUGALDE

Por haberme dado la oportunidad de vivir.

A la memoria de mi abuelo MAXIMILIANO MENDOZA LARA.

Por toda la ayuda y motivación recibidos en mi vida.

A mi abuela MICAELA CORTES TEODORO

Por su apoyo incondicional.

A mi padre EDUARDO MENDOZA CORTES

Por sus sacrificios y años de paciencia.

A mis hermanos EDUARDO y ALEJANDRO

Por los momentos que hemos estado juntos y unidos.

A todos mis tíos ESPERANZA, GINA, GUADALUPE, LOURDES

A todos mis primos MARIO, LIZEET, LUIS, LETICIA

A MARIA, y GERARDO

Por todo el apoyo recibido y por formar el hogar en el que me desarrollado plenamente.

A mis amigos ROBERTO, JULIO, JAIME, GABRIEL, MAURICO  
GRISELDA, SULEMA, ANGELICA, LUPITA, NORMA.

Por que tengo un maravilloso recuerdo de su amistad.

A los compañeros de la Facultad de Química SAUL, HECTOR  
CHAVA, CRESS, OSCAR, RICHARD, PABLO, EZEQUIEL, JOEL, BETTY,  
ARTEMISA, NORMA, MARU, YARA

Por compartir su hermosa amistad durante mis estudios.

SALVADOR MENDOZA G.

Nuestro agradecimiento de manera muy especial:

A la memoria de LAURA ESTHER GARCIA CHAVEZ, por toda la ayuda y apoyo incondicional que en todo momento nos brindo.

Al Ingeniero Emilio Pradal Roa, por las contribuciones aportadas para la realización de éste trabajo.

Al Ingeniero Roberto Koch, por su paciencia, su tiempo, y por la información tecnológica y económica proporcionada.

Al Instituto de Investigación de Materiales, por la cooperación en la realización de las pruebas experimentales.

A la Facultad de Química, por la formación académica que nos brindo y por todos los conocimientos adquiridos.

A los maestros por la transmisión de sus conocimientos y experiencia.

A todos los compañeros y amigos con los que convivimos durante la carrera.

## INDICE



# INDICE

	Página
<b>CAPITULO I INTRODUCCION</b>	
1.1. Introducción	1
<b>CAPITULO II GENERALIDADES</b>	
2.1 Descripción	7
2.2 Obtención	8
2.2.1 Obtención del polipropileno en fase líquida	9
2.2.2 Obtención del polipropileno en fase gaseosa	9
2.3 Clasificación del polipropileno	10
2.3.1 Por materias primas	11
2.3.2 Por estructura química	11
2.3.3 Grados modificados	12
2.4 Propiedades del polipropileno	14
2.4.1 Propiedades físicas	15
2.4.2 Propiedades mecánicas	16
2.4.3 Propiedades térmicas	17
2.4.4 Propiedades eléctricas	18
2.4.5 Propiedades ópticas	18
2.4.6 Propiedades químicas	18
2.5 Métodos de procesamiento del polipropileno	19
2.5.1 Moldeo por inyección	19
2.5.2 Moldeo por extrusión	20
2.5.3 Moldeo por compresión	20
2.5.4 Moldeo térmico	21
2.5.5 Métodos diversos	21

2.6	Reciclado de plásticos	22
2.6.1	Disposición final de los residuos sólidos	22
2.6.2	Conceptos del reciclado de plásticos	24
2.6.3	Tipos de reciclamiento de plásticos	25
2.6.4	Técnicas para el reciclado de plásticos	26
2.6.5	Situación de los plásticos en México	28
2.6.6	Sistema codificador para contenedores de plástico	28

### CAPITULO III ESTUDIO DE MERCADO

3.1	Aspectos económicos del polipropileno en el mundo	30
3.1.1	Capacidad instalada	30
3.1.2	Empresas productoras	30
3.1.3	Consumo aparente	33
3.1.4	Segmentación del consumo	33
3.1.5	Participación y tendencias del consumo	35
3.1.6	Proyectos y perspectivas	35
3.2	Aspectos económicos del polipropileno en México	36
3.2.1	Capacidad instalada	36
3.2.2	Empresas productoras	36
3.2.3	Consumo aparente	36
3.2.3.1	Distribución geográfica del consumo aparente	38
3.2.3.2	Consumo para cada calidad	38
3.2.4	Segmentación del consumo	40
3.2.5	Participación y tendencias del consumo	40
3.2.6	Mercados finales y aplicaciones del polipropileno	41
3.2.7	Aplicaciones del polipropileno reciclado	42

3.3	Estudio de basura	43
3.3.1	Generación de basura en el D. F.	43
3.3.2	Residuos sólidos municipales	44
3.3.3	Disposición de los residuos en México	48
3.3.4	Proyección de desechos para el año 2000	49
3.4	Estudio macroeconómico y microeconómico	50
3.4.1	Crecimiento demográfico	50
3.4.2	Programas de estabilización	52
3.4.3	Entorno económico internacional	54
3.4.4	Crecimiento económico	57
3.4.5	Tratado de libre comercio	60
3.5	Mercadotecnia	62

#### CAPITULO IV ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICA

4.1	Introducción	65
4.2	Proceso de regranulado	65
4.3	Proceso de extrusión	67
4.4	Molienda criogénica	70
4.5	Selección del proceso	72
4.6	Descripción del proceso	77
4.7	Lista de equipo	83
4.8	Especificación del equipo	83
4.9	Balance de materia y energía	87
4.10	Capacidad de la planta	89
4.11	Localización de la planta	91
4.12	Bases de diseño	93

## CAPÍTULO V ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONOMICA

5.1	Introducción	95
5.2	Inversión en capital fijo	96
5.3	Capital de trabajo	102
5.4	Costo total del producto	104
5.5	Costo de manufactura	106
5.6	Gastos de generales	112
5.7	Estudio financiero	115
5.8	Estudio de sensibilidad	123

## CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	129
--------------------------------	-----

## APENDICE A

PROPIEDADES EXPERIMENTALES	135
----------------------------	-----

## APENDICE B

MEMORIA DE CALCULO PARA EL ESTUDIO FINANCIERO	144
---	-----

## BIBLIOGRAFIA

150
-----

CAPITULO I

INTRODUCCION

## INTRODUCCION

En la actualidad en México y en el mundo entero padecemos de enfermedades así como contaminación de nuestras aguas, aire y suelo debido al tratamiento inadecuado que se le da a los grandes volúmenes de basura que diariamente producimos.

El problema de la basura es difícil de visualizar porque no se presenta en forma inmediata, si no a largo plazo cuando la contaminación rebasa cualquier magnitud manejable. La contaminación debe evitarse con medidas apropiadas, de otra manera pasamos a un progresivo envenenamiento del medio ambiente.

El ciclo ecológico de la basura es un problema tan urgente como otros que apremian el país, por esta razón es el momento de analizar y plantear alternativas de acción que resulten en una mejora significativa de la situación actual.

Para ello el reciclado de algunos materiales: plásticos, papel, vidrio y cartón es una alternativa viable y económicamente factible para ir reduciendo el problema de la basura y de la contaminación.

Los desechos plásticos provenientes de materiales de postconsumo como películas, botellas, empaques y piezas inyectadas, son un problema de la sociedad contemporánea, porque generan residuos sólidos, debido a que el tiempo de vida útil del material plástico es mayor a su tiempo de uso.

Estos materiales de desecho plástico pueden ser reintroducidos en el ciclo de consumo mediante el tratamiento adecuado, generando además beneficios económicos.

Esta situación, es la causa principal que motivó para la realización de esta tesis, por lo cual se seleccionó el reciclamiento de materiales de postconsumo de polipropileno, por ser uno de los plásticos de ingeniería más importantes en nuestro país y a nivel mundial, debido a la gran variedad de aplicaciones que tiene como producto final.

Recuperar y reciclar los materiales de postconsumo de polipropileno significa que los desechos que se generan, se integren a un ciclo natural, industrial o comercial mediante un proceso económicamente factible.

Con programas enfocados a la recolección y reciclado de plásticos, se creará en los consumidores una conciencia, que los lleve a modificar sus preferencias hacia productos con empaques reciclables, modificando también sus hábitos en la manera de desechar la basura en sus casas, clasificando la basura en plásticos, metales, papel, cartón, y materia orgánica para composta.

Debido al valor económico de los desperdicios plásticos, se deben de establecer programas para ampliar la infraestructura para el acopio y venta de estos productos. El reciclado de plásticos debe verse como una oportunidad de negocio y por lo tanto un generador de empleos. (1)

Por esto, es necesario desarrollar una estrategia acorde con el escenario que más probablemente enfrentará la industria, con la característica del problema de acumulación de plásticos en México, buscando proteger el ambiente y minimizar los impactos negativos.

Los beneficios económicos asociados con el reciclado de plásticos aumentan debido al continuo crecimiento en el uso de materiales reciclados.

En algunas ciudades de países como Estados Unidos, Japón, Alemania, Canadá e Italia, se han implantado diversos programas de reciclado con éxito, basándose en la recolección diferenciada y separación de materiales reciclables, como son el vidrio, el papel, cartón, metales y plásticos para transformarlos en productos útiles nuevamente.

En estos países se reciclan grandes cantidades de plástico y su aplicación es muy diversa, entre las aplicaciones del polipropileno reciclado está la fabricación de cajas para baterías de automóviles, materiales de construcción, empaque y envase, película, productos termoformados, de inyección y de moldeo y aplicaciones en agricultura, productos ensamblados, tuberías, cajas, protecciones para cable. (2)

El empleo de materiales reciclados permite a los transformadores fabricar económicamente piezas con buenas propiedades superficiales, esta situación pone de manifiesto el interés y rentabilidad derivados del aprovechamiento de materiales plásticos de postconsumo para su reciclado y reincorporación al ciclo de consumo. (3)

La recuperación de desperdicios plásticos se desarrolla como una de las industrias de mayor crecimiento en Estados Unidos; un estudio realizado pronostica que la demanda de plásticos reciclados crecerá en un 27% anual hasta los 3.1 miles de millones de libras en 1996. (3)

Los factores que contribuyen a este crecimiento son: la legislación que ordena el uso de materiales secundarios en empaques, mejoras a la tecnología del reciclamiento, desarrollo de nuevos productos y aplicaciones, y una infraestructura de recolección en expansión.



Para 1996, en Estados Unidos, la mayoría de los plásticos reciclados provendrá en un 80% de desechos de empaque, convirtiéndose en el mercado más grande de resinas recuperadas, que suman la mitad de la demanda.

Anteriormente el reciclado de plásticos era objeto exclusivamente de la aplicación de tecnologías sencillas: básicamente operaciones de recolección, separación, limpieza, y molienda. Sin embargo, con el planteamiento de la crisis de los residuos sólidos, se han desarrollado mejores tecnologías para el reciclado de plásticos.

Existen varias compañías en los Estados Unidos y Europa Occidental que construyen plantas completas de reciclado de plásticos. Así, desde el punto de vista tecnológico actualmente la solución al problema de desperdicios plásticos está lo suficientemente avanzada como para abordarlo con éxito. (4) (5)

En este trabajo se realizará un estudio de factibilidad técnico-económico para el establecimiento de una planta para el reciclado de polipropileno, a partir de desechos plásticos, provenientes de la industria y de la separación del material a partir de la recolección de basura.

En el capítulo II se dan los procesos industriales para la obtención del polipropileno virgen, así como la clasificación, propiedades del polímero que son determinantes para su aplicación final y se describen los diferentes métodos mediante los cuales se procesa el polipropileno. En dicho capítulo se incluyen conceptos sobre el reciclado de plásticos.

En el capítulo III se contempla el estudio de mercado, la capacidad instalada, empresas productoras, consumo y segmentación del polipropileno en el mundo y en México, para conocer el mercado potencial del material reciclado en nuestro país. Se analiza la generación de basura en México, como una alternativa de materias primas.

También se presenta un análisis del entorno macro y microeconómico de nuestro país. Además se da la promoción, distribución y precio del material reciclado.

En el capítulo IV se realiza el estudio de factibilidad técnica, en donde se presentan los procesos para el reciclado de plásticos, se selecciona un proceso para el reciclado del polipropileno. Se hace la descripción detallada del proceso y se presenta el equipo para el reciclado con sus especificaciones. Además se determina la capacidad de producción de la planta y la localización de la planta, en base al estudio de mercado. Se presentan las bases de diseño, que determinan la operación de la planta, así como sus características.

En el capítulo V se presenta el análisis de factibilidad económica, para el proceso seleccionado y se determinan los costos de planta en función del equipo principal siguiendo el método de los factores de compra; se realiza un estudio financiero para evaluar el proyecto siguiendo la metodología de el valor presente neto, la tasa interna de retorno y el período de recuperación de la inversión. Se incluye un análisis de sensibilidad.

En el capítulo VI se dan las conclusiones y recomendaciones en base al trabajo desarrollado.

En el apéndice A se presenta información que se obtuvo experimentalmente en el Instituto de Materiales de la U.N.A.M, así como información experimental obtenida en el artículo de Gustave G. David titulado Recovering Polypropilene From Waste Bateries publicado en la revista Chemical & Industry en Agosto de 1991.

En el apéndice B se presenta la memoria de cálculo del estudio financiero.

Finalmente se presenta la bibliografía consultada para este trabajo.

CAPITULO II  
GENERALIDADES

## 2.1 DESCRIPCION

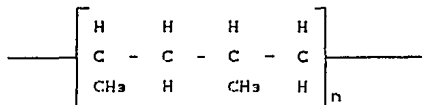
El polipropileno es un termoplástico que pertenece a la familia de las poliolefinas y se obtiene a través de la polimerización del gas propileno, este polímero fue descubierto en 1950 y comercializado en 1957 en Europa y E.U.

El polipropileno por espacio de 40 años se desarrollo de tal manera que ha ganado una posición de liderazgo en el mundo, como plástico "commodity" y actualmente en campos de ingeniería, ya que después del polietileno, el PET, y PVC, es el material plástico más consumido a nivel mundial.

Comercialmente hay dos tipos de polipropileno, el homopolímero y el copolímero. Con características diferentes, el homopolímero se puede esterilizar, es por ello, que se utiliza en la fabricación de jeringas desechables y contenedores de medicamentos. En tanto el copolímero presenta mayor resistencia al impacto por lo que una de sus aplicaciones es en la fabricación de botellas.

El gran campo de aplicación de los dos tipos, se debe a la versatilidad del material y por sus propiedades mecánicas, térmicas y eléctricas como son: resistencia a la tensión, elongación, resistencia a la punzura, elevado brillo y barrera a la humedad, por lo que se utiliza en la elaboración de películas para empaque y se espera que en los siguientes años su desarrollo sea mayor en campos como el automotriz, eléctrico, electrónico y computación. (6)(7)(8)

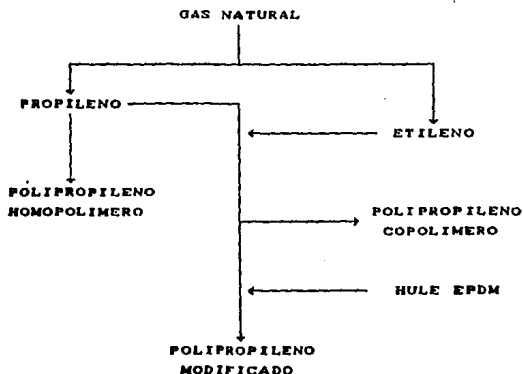
La estructura molecular del polipropileno es:



## 2.2 OBTENCION

El polipropileno se puede obtener a partir de tres fuentes de materia prima base como son: gas natural, petróleo o carbón mineral, la más común es el gas natural. Por medio de destilación se extrae el gas propileno y a través de la polimerización se obtiene el polipropileno en forma de pellets, como se observa en el esquema siguiente:

Figura 2.1 OBTENCION DEL POLIPROPILENO



Fuente: Instituto Mexicano del Plástico Industrial (CIMPI)

### 2.2.1 Obtención en fase líquida

Este tipo de polimerización, se lleva a cabo mediante la alimentación a un reactor de gas propileno, un catalizador tipo organometálico y alcohol etílico como solvente. Estos reactivos se mezclan y se lleva a cabo la polimerización por medio de presión y temperatura, al final se remueve el residuo del catalizador.

Una vez efectuado esto, el producto obtenido pasa a un tanque de descarga, en donde se evapora al monómero, dejando al polímero para que se lave y empaque, alcanzando eficiencias del 92 al 94%.

### 2.2.2 Obtención en fase gaseosa

En este proceso son utilizados dos reactores en serie. Al primer reactor se alimenta gas propileno y catalizador; por medio de polimerización y en una primera etapa se obtiene el grado homopolímero. Para el grado copolímero, en el primer reactor se efectúa sólo una prepolimerización, esta mezcla contiene catalizador y es transferida a un segundo reactor en donde se mezcla con gas etileno ya contenido en el reactor y se termina de llevar a cabo la reacción con ayuda de presión y temperatura, con esto se genera un copolímero de medio impacto. Para incrementar esta propiedad en el segundo reactor se adiciona hule EPDM, en proporción de 5 a 40%.

Efectuada la reacción, la resina pasa a un tanque de descarga, para purificarla y finalmente pelletizarla. Este proceso no utiliza solvente, por lo que el tiempo de residencia se reduce a 4 horas, con un mejor control en las propiedades del producto, alcanzándose eficiencias del 99%.

Tabla 2.1 COMPARACION DE LAS FORMAS DE POLIMERIZACION

FASE LIQUIDA	FASE GASEOSA
SE OBTIENE UN SOLO TAMANO DE PARTICULA	SE TIENE UN AMPLIO RANGO EN EL TAMANO DE PARTICULA DE 0.3 HASTA 5 MM
INDICE DE FLUIDEZ DE 0.5	AMPLIO INDICE DE FLUIDEZ FLUIDEZ QUE VA DE 0.6 A A 150 gr/10 min
DISTRIBUCION IRREGULAR DEL PESO MOLECULAR	DISTRIBUCION UNIFORME DEL PESO MOLECULAR
BUENAS PROPIEDADES FISICAS	BUENAS PROPIEDADES FISICAS
PEQUEÑO RANGO DE PUNTO DE FUSION DE 148 A 165°C	MEJOR RANGO DE PUNTO DE FUSION DE 130 A 165°C

Fuente: IMPI

### 2.3 CLASIFICACION

El polipropileno se clasifica de la siguiente forma:

1. Por materias primas

- a) Homopolímero
- b) Copolímero

2. Por estructura química

- a) Isotáctico
- b) Sindiotáctico
- c) Atáctico

3. Grados modificados



### 2.3.1 Por materias primas

#### a) Homopolímero

Para la obtención del homopolímero, se parte del gas propileno, que es la materia prima base y con la ayuda de un catalizador tipo Ziegler-Natta, se lleva a cabo la polimerización.

#### b) Copolímero

Para la elaboración del grado copolímero el gas propileno se une con gas etileno y un catalizador tipo Ziegler-Natta, se mezclan y se llevan a polimerización. De esta forma se procesa un tipo de copolímero de medio impacto, que es una de las propiedades más sobresalientes de esta materia. Para incrementar esta propiedad se le adiciona hule EPDM, que es un hule de etileno-propileno perteneciente a la familia de las olefinas. Es ésta la razón, por la que los proveedores ofrecen una extensa gama en grados de impacto de acuerdo al porcentaje de hule agregado.

### 2.3.2 Por estructura química

La estereo-regularidad en las cadenas lineales, depende del orden en que estén colocados los grupos metilo colgantes, lo cual es una propiedad denominada tacticidad, clasificándose en: isotácticos, sindiotácticos y atácticos.

En toda la polimerización, se obtiene una mezcla de ellos y se busca alcanzar los mayores porcentajes del tipo isotáctico, que es la estructura obtenida en el nuevo sistema de polimerización.

El polipropileno isotáctico se caracteriza por una sola posición estereoquímica de los radicales metilo a lo largo de las cadenas sin dejar huecos, lo que se refleja en valores altos de las propiedades mecánicas y térmicas.

En la estructura sindiotáctica del polipropileno, los radicales metilo están alternados a todo lo largo de la cadena; esto es una desventaja, porque en cuanto la siguiente cadena se alinea se forman pequeños huecos en la estructura, que es lo que le resta estabilidad al polímero.

En el polipropileno atáctico, los radicales metilo se encuentran al azar, a lo largo de la cadena, por lo que forman demasiados huecos en la estructura, causando una disminución en las propiedades en general.

Para controlar que el polipropileno sea en su mayor porcentaje isotáctico se mide durante su producción el índice de isotacticidad, que es el porcentaje de polipropileno de una muestra que no se disuelve en n-pentano. En forma comercial se maneja el polímero isotáctico por sus mejores propiedades mecánicas y esto, se logra mediante catalizadores estereoespecíficos.

### 2.3.3 Grados modificados

Por medio de aditivos, se logra gran variedad de grados, con lo que se tienen nuevas aplicaciones, los aditivos utilizados son los siguientes:

Antioxidantes. Para evitar la degradación durante la transformación debido a las altas temperaturas que se manejan, (190 a 270 °C) son utilizados los antioxidantes, como los esteratos de calcio, zinc y compuestos de fósforo.

**Lubricantes.** El lubricante incrementa el rendimiento del extrusor, y en combinación con el estearato de calcio se reducen las fricciones en el dado y el husillo. Para la fabricación de películas son utilizados como lubricante el monoestearato de glicerol y ésteres.

**Cargas.** Al reforzar al polipropileno con cargas como la fibra de vidrio, carbonato de calcio y talco, son incrementadas sus propiedades mecánicas, térmicas y físicas.

La fibra de vidrio incrementa la resistencia a la tensión, a la temperatura y a la fatiga, además de aumentar la rigidez. La desventaja de la fibra de vidrio es, disminuir los efectos de orientación, reducir la resistencia al impacto e incrementar el desgaste de la maquinaria.

El talco imparte rigidez e incrementa la temperatura de deflexión, además de proporcionarle estabilidad dimensional. La desventaja del talco es disminuir su resistencia al impacto y resistencia a la tensión a bajas temperaturas.

El carbonato de calcio, le imparte buena resistencia al impacto, puede estar en contacto con alimentos, la desventaja que presenta, es el alto índice de fluidez que conserva el material y desgaste por abrasión a la maquinaria.

**Absorbedores de luz ultravioleta.** El polipropileno es sensible a la radiación de luz ultra-violeta, por lo que son utilizados compuestos de níquel, benzofenonas y aminas.

**Agentes Nucleantes.** La aplicación de los agentes nucleantes como: bióxido de silicio y el bióxido de titanio son utilizados con frecuencia en la manufactura de artículos como botellas, películas y contenedores de alimento, para incrementar las propiedades ópticas como el brillo y sobre todo para disminuir la nebulosidad.

## 2.4 PROPIEDADES

El polipropileno, es el más largo de los termoplásticos, con gravedad específica de 0.91. Al mismo tiempo existe gran variedad de grados debido al hule EPDM que se le adiciona y las cargas utilizadas, por lo que hay proveedores que ofrecen una extensa gama de productos.

El polipropileno homopolímero presenta, alta resistencia a la temperatura por lo que puede esterilizarse por medio de rayos gamma y óxido de etileno, tiene muy buena resistencia a los ácidos y bases a temperaturas abajo de 80°C; no hay ningún solvente orgánico que lo pueda disolver a temperatura ambiente .

Tiene buenas propiedades dieléctricas, la resistencia a la tensión es muy buena en combinación con su elongación, su resistencia al impacto es buena a temperatura ambiente, pero a temperatura del orden de 4°C se vuelve frágil y quebradizo.

El tipo copolímero presenta muy buena resistencia a bajas temperaturas, es más flexible que el tipo homopolímero, su resistencia al impacto es mucho mayor y más aún si se le modifica con hule EPDM, se incrementa su resistencia a la tensión al igual a su elongación aunque su resistencia química es inferior a la del tipo homopolímero. Por otro lado, su resistencia química a temperatura elevada disminuye.

### 2.4.1 Propiedades físicas

Densidad. Esta propiedad es útil para determinar la cantidad de materia prima que se va a utilizar en la fabricación de un determinado artículo. El polipropileno es uno de los termoplásticos de menor densidad, lo cual hace que el rendimiento en producción sea mayor. Su rango de densidad es de 0.89 a 0.91 gr/cm<sup>3</sup>.

Absorción de agua. El polipropileno es un material que no absorbe humedad por lo que se evita el secado previo al procesamiento y mantiene una buena estabilidad dimensional, incluso en ambientes altamente húmedos.

Contracción de moldeo. La contracción de moldeo es considerablemente alta: 2% y debe de tomarse en cuenta para el diseño de moldes, principalmente en el proceso de inyección.

Índice de fluidez. Esta propiedad, es determinante para la elección del grado de material de acuerdo al proceso de transformación que se vaya a utilizar. A medida que es más pequeño, la rigidez es alta y cuando el índice de fluidez es elevado la rigidez disminuye, el brillo aumenta y se facilita la inyección en piezas de diseños intrincados.

## 2.4.2 Propiedades mecánicas

**Resistencia a la tensión.** La resistencia a la tensión del polipropileno está en término medio, en comparación con los demás termoplásticos; la ventaja es que su resistencia es incrementada considerablemente durante el proceso de fabricación de películas, raffia y cuerdas.

**Elongación.** La elongación de este material fluctúa entre 400 y 430 %, razón por la cual, en la fabricación de películas es posible efectuar el estiramiento en dirección longitudinal y transversal. Para la raffia y cuerdas solo se hace en dirección longitudinal, por lo que el estiramiento es de 6 a 8 veces más, lo que se refleja en un mayor rendimiento del material.

**Resistencia al impacto.** El polipropileno tiene una resistencia al impacto entre 6.8 a 8.16 cm-kg/cm, que es mayor a la de los plásticos commodities, por lo que es utilizado en carcasas de electrodomésticos, gabinetes, cascos de seguridad, portafolios, aspas de lavadoras y botellas.

**Resistencia a la flexión.** El polipropileno es semirígido, su resistencia es de 600 Kg/cm<sup>2</sup>, debido a ello se emplea en la fabricación de cuerdas, cajas y empaques.

**Módulo de flexión.** El módulo de flexión, es una medida de la rigidez del material. El polipropileno presenta una rigidez alta, la cual es mayor a la del polietileno de alta densidad, por lo que se utiliza en la manufactura de popotes, cerdas para escoba y tapas con bisagra integrada.

**Resistencia a la compresión.** Esta propiedad nos indica la carga que soporta un plástico, antes de deformarse, el polipropileno tiene un valor de 500 Kg/cm<sup>2</sup>, debido a ello se utiliza en la inyección de sillas y soportes para muebles.

### 2.4.3 Propiedades térmicas

Temperatura de ablandamiento. El polipropileno presenta resistencia a la temperatura sin deformarse por arriba de los  $85^{\circ}\text{C}$ , por lo que puede ser esterilizado con rayos gamma y óxido de etileno. Por otro lado, en el proceso de metalizado se manejan elevadas temperaturas, que este material soporta sin deformarse.

Temperatura de deflexión. A  $4.5 \text{ Kg/cm}^2$  soporta  $110^{\circ}\text{C}$ , por lo que es utilizado en la fabricación de piezas mecánicas como engranes cafeteras eléctricas y freidoras de papas.

Con una carga de  $18.5 \text{ Kg/cm}^2$  soporta  $55^{\circ}\text{C}$ , pero si se refuerza, con cargas como la fibra de vidrio, talco y carbonato de calcio la temperatura aumenta considerablemente hasta  $150^{\circ}\text{C}$ , por lo que se emplea en la fabricación de tableros automotrices, parrillas para auto y piezas mecánicas.

Conductividad térmica. El polipropileno presenta un valor muy pequeño de conductividad, por lo que el calor que absorbe, lo transmite muy lentamente, lo que se refleja en ciclos más largos de enfriamiento, durante su transformación.

Calor específico. Es la cantidad de calor que se necesita para elevar un grado centigrado su temperatura por unidad de masa, y el polipropileno es uno de los materiales que más energía requiere para su transformación.

Resistencia al calor continuo. Es la capacidad que presentan los plásticos de soportar elevadas temperaturas libres de esfuerzos mecánicos. De los plásticos commodities, el polipropileno es el que mayor resistencia presenta, por lo que se utiliza para acumuladores de automóvil.

#### 2.4.4 Propiedades eléctricas

La constante dieléctrica, es la capacidad de los materiales plásticos, para almacenar la energía dentro de ellos. El polipropileno es uno de los que menos la acumulan, por lo cual puede ser utilizado en circuitos eléctricos y electrónicos. En cuanto a la resistividad volumétrica, se requieren valores altos, para lograr mayor aislamiento eléctrico y es la razón de que este material se emplee en el recubrimiento de alambre y cable. Su desventaja es ser más rígido que el polietileno de alta densidad y el PVC.

#### 2.4.5 Propiedades ópticas

El polipropileno por naturaleza es translúcido, es decir que su transmitancia es del orden de 70 a 75%. Actualmente con la adición de agentes clarificantes, se logran transparencias de aproximadamente de un 85 a 90%. Por lo que su campo de aplicación se ha extendido a cubrir otros mercados, como es la fabricación de botellas, contenedores para alimentos y en las películas se ha logrado mayor brillantez y transparencia.

#### 2.4.6 Propiedades químicas

Este material, presenta muy buena resistencia a los ácidos y bases, fuertes y débiles, solo lo ataca el ácido nítrico concentrado por arriba de los 80°C. No hay ningún solvente orgánico, que lo pueda disolver a temperatura ambiente y a bajas temperaturas se vuelve frágil y quebradizo. Al polipropileno no lo afectan acetona, ácido fosfórico, ácido sulfúrico al 30%, etanol ni hidróxido de sodio al 10%, por otra parte el ácido acético al 5%, el formaldehído y el tolueno lo decoloran ligeramente.



## 2.5 METODOS DE PROCESAMIENTO DEL POLIPROPILENO

El polipropileno presenta diversos métodos para procesarlo, que son los siguientes: moldeo por inyección, extrusión, compresión, termoformado, soplado y otros por mencionar.

### 2.5.1 Moldeo por inyección

El polipropileno se moldea fácilmente en forma de piezas complicadas en las maquinas de moldeo corrientes. En el diseño del molde han de observarse las mismas precauciones aplicables a todos los termoplásticos para asegurar un mínimo de tensiones en el artículo final, que podrían causar alabeo. Pueden obtenerse superficies más brillantes y menor contracción en el molde con temperaturas de moldeo más bajas. La contracción en el molde es menor en el propileno (1-2.5%), que en el polietileno de alta densidad y en muchos casos la tendencia al alabeo es menos seria.

El polipropileno experimenta una caída muy rápida en la viscosidad de la masa fundida entre 232 y 273 °C, y por ello el moldeo ha de hacerse cuando la temperatura del polímero fundido esté en este intervalo. La fluidez del polipropileno es también más sensible a la presión que a la de los otros polímeros y por lo tanto el uso de altas presiones (hasta 2100 Kg/cm<sup>2</sup>) y mayores velocidades producirá objetos mejor moldeados con ciclos de moldeo más rápidos.

### 2.5.2 Moldeo por extrusión

El polipropileno mediante extrusión toma forma de lámina, película, tubo, formas de sección irregular, filamentos y revestimientos de alambre o de cables. La extrusión industrial produce películas muy finas, hasta de 0.0127 mm, de 1.60 m de ancho y lámina hasta de 26.4 mm de grueso y 1.2 metros de ancho. Para la extrusión de lámina y tubo se necesitan temperaturas de 204 a 254°C; pero para la obtención de película y de revestimiento de alambre pueden necesitarse temperaturas hasta de 260-315°C. Si se enfría la película sobre un rodillo o en un baño de agua inmediatamente después de la extrusión, se puede obtener una buena transparencia. Es posible orientar la película uniaxial o biaxialmente para mejorar la resistencia a la tracción y otras propiedades.

### 2.5.3 Moldeo por compresión

El polipropileno puede ser moldeado por compresión cuando se desean formas especiales o no es adaptable el método de moldeo por inyección.

Se necesitan temperaturas de moldeo más altas que en el moldeo por inyección para asegurar el llenado uniforme del molde, y es preciso enfriar rápidamente a presión para evitar la degradación del polímero.

#### 2.5.4 Moldeo térmico

Las operaciones de moldeo térmico en vacío se efectúan fácilmente con lámina de polipropileno. Se calienta la lámina justamente arriba del punto de fusión cristalina, preferiblemente colocándola entre calentadores de radiación del tipo de emparedado y tensándola sobre un molde de la forma requerida o introduciéndola en el molde adecuado.

Ha de regularse la temperatura de moldeo para obtener máxima uniformidad. Un enfriamiento rápido, como en el producto con niebla de agua, da la mínima contracción en el moldeo. El ciclo de calentamiento es algo menor para el polipropileno que para el polietileno de alta densidad.

#### 2.5.5 Métodos diversos

La lámina de polipropileno y otras formas obtenidas por extrusión se pueden cortar, cerrar y labrar con las herramientas ordinarias. Se puede fundir el polímero sin que sufra oxidación, mediante un soplete de gas inerte.

De este modo se fabrican cajas grandes y tanques. La lámina delgada puede estamparse en caliente y las películas para envolturas se pueden sellar por la acción del calor.

La superficie de objetos moldeados, como frascos o películas, pueden tratarse a la llama para que se adhiera de modo permanente los revestimientos; por ejemplo: tintas de imprenta, adhesivos o lacas especiales en las operaciones que requiere sinterización o fusión, como el sellado por calor.

## 2.6 RECICLADO DE PLASTICOS

### 2.6.1 Disposición final de residuos sólidos

En México y en el mundo entero actualmente se padece de contaminación de agua, aire y suelo debido al tratamiento inadecuado que se les da a los grandes volúmenes de basura que diariamente producimos.

Atendiendo estos problemas y buscando aprovechar al máximo nuestros recursos a continuación se dan las técnicas aplicadas a la disposición final de residuos sólidos. (9)

**Relleno sanitario.** Es definido como un lugar legalmente autorizado para el depósito de las basuras municipales después de la clasificación o selección de las mismas para su posterior entierro. Existen dos tipos de relleno sanitario: El relleno sanitario mecánico y el relleno sanitario rústico.

**Pepena.** Es un sistema de clasificación mecánica y/o manual de la basura en sus diferentes componentes, tales como vidrio, metales, plásticos y otros; realizada en los llamados tiraderos a cielo abierto. Requiere de un camión recolector que no compacte la basura para poderla seleccionar fácilmente y otro para transportar los desperdicios clasificados a las industrias recicladoras; además de un área que quede inutilizada por mucho tiempo y que no se encuentre lejos de los centros de producción. Esta no es un técnica eficiente debido a que un 30% de la basura producida se queda en barrancas, ríos, calles, etc y del 79% que llega los tiraderos sólo es aprovechados el 40% ya que el otro 39% no es posible separarlo, porque llega en estado de putrefacción.

**Compactación.** Consiste en reducir el volumen que ocupan los desechos municipales con la aplicación de altas presiones mecánicas ejercidas sobre ellos. Este sistema no es muy eficiente ya que en la elaboración de tabique de construcción se han encontrado fallas estructurales debido a que con el tiempo la degradación de los materiales rompe el tabique.

**Incineración.** Es el proceso mayormente utilizado para la eliminación de los desperdicios municipales para la combustión a través de la cual se transforman los desechos en gases, cenizas y escorias, con el fin de reducir el volumen y aprovechar la energía contenida en éstos.

Su costo es elevado debido a que requiere de equipo para la neutralización de gases y además requiere plantas amplias para el tratamiento en grandes cantidades.

**Composteo.** Consiste en la fermentación de las materias orgánicas contenidas en los desechos sólidos, produciendo la composta debido a la acción de gran cantidad de bacterias contenidas en el aire, ofreciendo propiedades excelentes para la agricultura.

**Pirólisis.** Consiste en el calentamiento de las fracciones de plástico a altas temperaturas en ausencia de aire para la obtención de componentes para combustible.

**Biodegradación.** Es la degradación y asimilación que sufren algunos polímeros, por la acción de organismos vivos, facilitando el rompimiento oxidativo e hidrolítico del polímero, debido a la exposición ambiental.

## 2.6.2 Conceptos del reciclado de plásticos

Algunos conceptos importantes para el reciclado de plásticos son los siguientes. (10)

Reciclado de plásticos. Es un proceso por el cual los materiales plásticos podrán de algún modo antes de ser desperdicios, sólidos ser recolectados, separados, o procesados y retornados a su uso.

Reciclar. Significa que todos los desechos que se generan en nuestras vidas, se integren a un ciclo natural, industrial o comercial mediante un proceso cuidadoso que permita llevarlo a cabo de manera adecuada y limpia.

Materiales de postconsumo. Son los productos que se generan por el consumo o negocio de plásticos que han sido separados del desperdicio de sólidos con el objeto de recolectarlos, reciclarlos y darles una disposición para su uso final.

Plástico reprocesado. Es un material de desperdicios de plásticos al cual se le adicionan químicos para reforzar sus propiedades.

Plásticos reciclados. Son aquellos materiales de post-consumo o recuperados mediante un proceso de reciclamiento procesado son reintroducidos en el ciclo de consumo.

Termoplástico. Son plásticos que pueden repetidamente ser reblandecidos por calentamiento y endurecidos por enfriamiento a través de un rango característico de temperatura del plástico y en el reblandecimiento se le puede dar forma por moldeo o extrusión.

Termofijos. Son plásticos que después que han sido tratados por el calor son infundibles e insolubles.

Reuso. Es el uso de un producto más de una vez en su forma original.

Plásticos vírgenes. Son los materiales de plásticos en forma de pellets, gránulos, líquido o polvo que no han sido sujetos a un uso de procesamiento más que la que se requiere para su manufactura inicial.

### 2.6.3 Tipos de reciclado de plástico

El reciclado de los plásticos ha sido históricamente dividido en cuatro tipos generales, que son primario secundario, terciario y cuaternario. (9)

Reciclado primario. Es el procesamiento de desechos plásticos en los mismos productos o productos similares, el reciclado de desperdicio plástico no contaminado, utilizando métodos normales de procesamiento de plásticos.

Reciclado secundario. Es el procesamiento de desperdicios plásticos dentro de materiales que han tenido características inferiores al plástico original.

Reciclamiento terciario. Es la transformación de desperdicios plásticos que son usados para químicos básicos y combustibles, los cuales corresponden a los desperdicios municipales y segregados.

Reciclamiento cuaternario. Es el proceso mediante el cual se recupera el contenido de energía de los desperdicios de plásticos mediante combustión.

#### 2.6.4 Técnica para el reciclado de plásticos

La técnica para el reciclado de plásticos se definen de acuerdo a los desperdicios que deberán de transformarse, plásticos de la misma especie y mezclas de plásticos. (6)

##### Plásticos de la misma especie

Cuando se tienen los desperdicios limpios es aplicable con una gran rentabilidad el proceso de regranulado para termoplásticos. Para que este sistema tenga buenos resultados se requiere seguir algunas reglas básicas para el manejo de desperdicios dentro de la industria que los genera; dichas reglas son:

-Los desperdicios deben tener un lugar especial dentro del ciclo de producción. Es decir poner los desperdicios en lugares adecuados. Mantener limpios los desperdicios, libres de contaminación de materiales diferentes tales como metal, papel, vidrio, otros plásticos, o sustancias extrañas. también deben de estar libres de aceites, detergentes, etc. Estos generalmente requieren de un proceso de lavado posterior a la molienda para un regranulado de buenas características.

-Se debe clasificar los desperdicios por tipo de plástico y tamaño, debido a que cada uno presenta características particulares como punto de fusión, fluidez, densidad y estructura química, lo que significa que cuando se mezclan presentan incompatibilidad y dificultad de reciclado.

Cuando se observan las reglas anteriores, entonces se obtienen desperdicios adecuados para regranularse y reincorporarse al ciclo de producción que los genero o bien para la fabricación de otros productos que no requieran de alta calidad.



## Plásticos mezclados

Cuando se tienen mezclas de distintos materiales plásticos resulta difícil de separarlos física y económicamente, por ello se han desarrollado métodos especiales para su reciclamiento, produciendo barras, placas y diversos productos moldeados. El proceso tiene las etapas siguientes:

1) Prelavado de la mezcla, si contiene un alto nivel de contaminación de materia orgánica.

2) Fragmentación de los desperdicios; las fracciones ligeras como películas son automáticamente compactadas mediante trituración.

3) Alimentación del material a un silo perforado cuya función es mezclar y almacenar; aquí el material se seca y homogeniza. En esta fase pueden agregarse los aditivos, por ejemplo pigmentos, y el silo está rotando continuamente para prevenir el apelmazamiento del material.

La mezcla se descarga desde el mezclador a una tolva intermedia dispuesta con un separador magnético de metales y que alimenta directamente al extrusor.

El extrusor ó plastificador se maneja hidráulicamente para lograr altas velocidades que calienten a la mezcla por fricción durante un corto período de residencia dentro del cilindro para evitar su degradación. Después la mezcla se lleva por compresión hacia los moldes.

Debido a que algunos plásticos son incompatibles entre sí en estado fundido, existen dificultades durante el proceso, lo cual no permite la obtención de productos de buena calidad. Por esta razón, se requiere una clasificación previa de los desechos de tal forma que uno de los plásticos componentes de la mezcla ocupe más del 50% en peso.

### 2.6.5 Situación de los plásticos en México

En México como en el mundo se pretende legislar el uso de los plásticos. La industria del plástico ha contribuido al mejoramiento económico del país, a un desarrollo tecnológico y a un mejoramiento de la calidad de vida.

En la ciudad de México el consumo de plásticos es de 45% en envase y empaque que en promedio tienen una vida útil de 72 horas. Estos plásticos generan desechos que se tiran a la basura y contaminan al medio ambiente, para evitar esta situación es necesario clasificar los plásticos y adquirir tecnologías para reciclarlos

Las fuentes de generación y los tipos de desechos plásticos en el Distrito Federal, provienen en un 70% de las familias, 20% de la industria y 10 % del comercio.

Los plásticos de desechos están compuestos por polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, policloruro de vinilo, polipropileno y poliestireno los cuales ocupan un 74% del consumo global en México. (6)

### 2.6.6 Sistema codificador para contenedores de plástico

Se ha establecido un sistema para la identificación de los materiales plásticos de desecho por el "Plastic Bottle Institute"; este sistema se creó para clasificar a los contenedores plásticos y tener una manera fácil de identificación.

Con este sistema se tiene una uniformidad para los productores, y recicladores de plásticos. Muchos productores de plástico han adoptado este sistema codificador. Este sistema fue establecido y aplicado en la mayoría de los contenedores plásticos a mediados de 1991.

Actualmente el código se está aplicando a botellas, y también a contenedores de plástico. El código está localizado en la parte inferior de la botella o contenedor, como se muestra en la tabla 2.2. (11)

Tabla 2.2 SISTEMA CODIFICADOR PARA PLASTICOS

CODIGO	MATERIAL
1 PETE	POLIETILEN TEREFTALATO
2 HDPE	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD
3 V	POLICLORURO DE VINILO
4 LDPE	POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD
5 PP	POLIPROPILENO
6 PS	POLIESTIRENO
7 OTROS	TODAS LAS DEMAS RESINAS

CAPITULO III  
ESTUDIO DE MERCADO

### 3.1 ASPECTOS ECONOMICOS DEL POLIPROPILENO EN EL MUNDO

#### 3.1.1 Capacidad instalada

La capacidad mundial instalada en 1992 fué del orden de 19.35 millones de toneladas (M TON) al año, localizada principalmente en tres regiones: Estados Unidos, Europa Occidental y Japón, las cuales integran en forma conjunta el 67% de la capacidad global, como se muestra en la tabla 3.1. (12)(13)(14)(15)

Tabla 3.1 CAPACIDAD INSTALADA. DISTRIBUCION MUNDIAL EN 1992

REGION	M TON	%
ESTADOS UNIDOS	5607	29
EUROPA OCCIDENTAL	4840	25
JAPON	2474	13
ASIA Y PACIFICO	3430	18
EUROPA DEL ESTE	1450	7
LATINOAMERICA	980	5
CANADA	373	2
AFRICA	198	1
ORIENTE MEDIO	-	-
TOTAL MUNDIAL	19 350	100

Fuente: Instituto Mexicano del Plástico Industrial (CIMPI)

#### 3.1.2 Empresas productoras

La empresa productora de polipropileno (PP) con mayor capacidad instalada a nivel mundial actualmente es Himont. En Estados Unidos en 1992 el 75% de la capacidad instalada se encuentra en seis empresas : Himont, Amoco, Exxon, Fina Oil, Shell y Aristech Chemical, como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 PRODUCTORAS DE PP EN E.U.Y CANADA

EMPRESA	M TON
HIMONT	1388
AMOCO	550
EXXON	464
FINA OIL	410
SHELL	398
ARISTECH CHEMICAL	318
REXENE	228
PHILLIPS	228
SOLTEX POLYMERS	200
TEXAS EASTMAN	188
HUNSTMAN	148
QUANTUM CHEMICAL	137
GENESIS POLYMERS	57
TOTAL	4694

Fuente: IMPI

En Europa Occidental el 68% de la capacidad instalada se encuentra en siete empresas : Himont, Hoechst, Shell, ICI, Neste, Appryl y Danubia. Con respecto a los países que representan aproximadamente el 52 % de la capacidad instalada en esa región, se encuentran Alemania, Bélgica, Francia e Italia, como se observa en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 PRINCIPALES PRODUCTORES EN EUROPA OCCIDENTAL

EMPRESA	M TON	PRINCIPALES PLANTAS
HIMONT	565	ITALIA, BELGICA
HOECHST	440	ALEMANIA, FRANCIA
SHELL	398	REINO UNIDO, FRANCIA
ICI	390	REINO UNIDO, PAISES BAJOS
NESTE	375	BELGICA, FINLANDIA
APPRYL/SNC	350	FRANCIA
OMV/DANUBIA	230	AUSTRIA
AMOCO	200	BELGICA
BASF/ROW	195	ALEMANIA, ESPAÑA
SOLVAY	150	FRANCIA
DSM	140	PAISES BAJOS
REPSOL QUIMIC	130	ESPAÑA
C. W. HUELS	120	ALEMANIA
OTROS PAISES	380	-
TOTAL	4050	-

Fuente: IMPI

Japón al igual que la mayoría de los países altamente desarrollados, ha incrementado en forma importante su capacidad, llegando a niveles de los 2 millones de toneladas en 1992 en sus 14 empresas productoras, de las cuales el 72% de la capacidad se encuentra en Mitsui Toatsu, Mitsubishi Petrochemical, Chisso Petrochemical, Idemitsu Petrochemical, Sumitomo Chemical, Tokuyama Soda, Tonen Petrochemical, Mitsui Petrochemical, Showa Denko y Ube Kosan Ind.

En la tabla 3.4 se puede observar las principales empresas productoras exceptuando las de Estados Unidos, Canadá y Europa Occidental.

Tabla 3.4 PRINCIPALES PRODUCTORAS EN EL RESTO DEL MUNDO

EMPRESA	M TON	PLANTA
KOREA PETROCHEMICAL	300	COREA DEL SUR
SINOPEC	250	CHINA
MITSUMI TOATSU CHEM	220	JAPON
MITSUBISHI PETROCHEMICAL	220	JAPON
CHISSO PETROCHEMICAL	190	JAPON
HONAM PETROCHEMICAL	190	COREA DEL SUR
TISZAI VEIGYIK	170	HUNGRIA
IDEMITSU PETROCHEMICAL	146	JAPON
SUMIMOTO CHEM	144	JAPON
PARAESTATAL	144	C. E. I
POLYOL SINGAPUR	140	SINGAPUR
TOKUYAMA SODA	140	JAPON
TONEN PETROCHEMICAL	140	JAPON
MITSUMI PETROCHEMICAL	140	JAPON
SHOWA DENKO	136	JAPON
TAIWAN PP	120	TAIWAN
HONAM OIL	120	COREA DEL SUR
YANSHAN PETROCHEMICAL	115	CHINA
UBE KOSAN IND	106	JAPON
CHEMOPETROL	105	CHECOSLOVAQUIA
NEFTOCHIN	100	BULGARIA
PPH	100	BRASIL
YUNG CHIA CHEM	100	TAIWAN
OTROS PRODUCTORES	1290	-
TOTAL	4825	

Fuente: IMPI

### 3.1.3 Consumo aparente

El consumo mundial de polipropileno ascendió en 1992 aproximadamente a 15 millones de toneladas, representando Europa Occidental, Estados Unidos y Japón el 71%. El mayor consumidor de polipropileno a nivel mundial es Europa Occidental y dentro de esta región Alemania, Italia, Reino Unido, Francia y Bélgica absorben el 76 % del consumo.

El consumo aparente en Europa Occidental y Japón han mostrado un crecimiento anual durante el período de 1989-1992 del 8.7% y 8.5% respectivamente, durante el mismo período, Estados Unidos mostró un crecimiento anual del 5.2%. En la tabla 3.5 se muestra el consumo aparente de Europa Occidental, Estados Unidos y Japón.

Tabla 3.5 CONSUMO APARENTE DE PP CM TON

AÑO	EUROPA OCCIDENTAL	ESTADOS UNIDOS	JAPON
1982	1393	1312	658
1983	1582	1655	974
1984	1858	1837	1171
1985	2028	2000	1247
1986	2283	2132	1282
1987	2610	2490	1401
1988	2979	2686	1546
1989	3257	2805	1681
1990	3683	3000	1930
1991	4175	3280	2165
1992	4669	3530	2400

Fuente: IMPI

### 3.1.4 Segmentación del consumo

Las tablas 3.6, 3.7 y 3.8 muestran los principales sectores del consumo del polipropileno a nivel mundial, y son aproximadamente : envase y empaque 32%, fibra textil 15 %, raffia 14%, mezclas y compuestos 13 % y automotriz 6%.



Tabla 3.6 SEGMENTACION DEL CONSUMO EN EUROPA

SECTOR	M TON	%
ENVASE Y EMPAQUE	1308	28
FIBRA TEXTIL	794	17
MEZCLAS Y COMPUESTOS	607	13
RAFFIA	560	12
AUTOMOTRIZ	514	11
BIENES DE CONSUMO	327	7
ELECTRODOMESTICOS	233	5
MUEBLES	93	2
OTROS	233	5
TOTAL	4669	100

Fuente: IMPI

Tabla 3.7 SEGMENTACION DEL CONSUMO EN E. U

SECTOR	CM TOND	%
ENVASE Y EMPAQUE	953	27
MEZCLAS Y COMPUESTOS	741	21
RAFFIA	600	17
FIBRA TEXTIL	494	14
AUTOMOTRIZ	177	5
BIENES DE CONSUMO	141	4
ELECTRODOMESTICOS	106	3
MUEBLES	71	2
OTROS	247	7
TOTAL	3530	100

Fuente: IMPI

Tabla 3.8 Segmentación del consumo en Japón

SECTOR	CM TOND	%
ENVASE Y EMPAQUE	864	36
MEZCLAS Y COMPUESTOS	384	16
FIBRA TEXTIL	240	10
AUTOMOTRIZ	216	9
ELECTRODOMESTICOS	168	7
BIENES DE CONSUMO	144	6
RAFFIA	120	5
MUEBLES	48	2
OTROS	216	9
TOTAL	2400	100

Fuente: IMPI

### 3.1.5 Participación y tendencias del consumo

El sector con mayor incidencia del polipropileno es actualmente el de envase y empaque. Por su parte las aplicaciones de polipropileno metalizado están creciendo rápidamente a nivel mundial y en su forma de lámina por sus aplicaciones en nuevos empaques asépticos.

El polipropileno se encuentra impactando los mercados de botella, coextrusiones y como componente de alta barrera. Desarrollos técnicos como el reforzado con fibra de vidrio, modificaciones al impacto, alto brillo y claridad, han apuntalado su penetración en el sector automotriz, empaque y mercados de aplicación doméstico y eléctrico.

En aplicaciones de ingeniería esta resina emerge como uno de los principales materiales para uso en componentes automotrices interiores y exteriores. Estados Unidos muestra actualmente una mayor participación en aplicaciones directa de la resina para elaborar mezclas y aleaciones, raffia, fibra textil, recipientes y película.

### 3.1.6 Proyectos y perspectivas

La capacidad actual para abastecer el mercado, con tasas de crecimiento anual a nivel mundial superiores al 8% se considera insuficiente, aunado a la existencia de plantas con procesos obsoletos como Shell, ICI, Hoechst, Neste, Repsol, Huels, Solvay y Amoco, han creado la necesidad de una estrategia de optimización tecnológica y la implementación de nuevas ampliaciones y plantas con desarrollos más adecuados a la realidad y perspectivas de esta resina. Existen proyectos de expansión o construcción, las principales se contemplan en Estados Unidos, Japón, Asia y Europa Occidental.

## 3.2 ASPECTOS ECONOMICOS DEL POLIPROPILENO EN MEXICO

### 3.2.1 Capacidad instalada

La capacidad instalada en México en 1993 es de 250 000 ton/año, repartidas en dos empresas que son : PEMEX con una capacidad instalada de 100 000 ton/año, que inició operaciones en septiembre de 1991, la otra productora nacional de polipropileno es INDELPRO que arrancó en marzo de 1992 con una capacidad instalada de 150 000 ton/año, inició operaciones en marzo de 1992. (12),(16),(17).

### 3.2.2 Empresas productoras

La planta de PEMEX se encuentra ubicada en el complejo Morelos, Veracruz, utilizando el proceso Mitsui Toatsu Chemical, que es la polimerización en fase líquida.

La planta de INDELPRO se encuentra ubicada en Altamira, Tamaulipas, utilizando el proceso Himont, que es la polimerización del polipropileno en fase gaseosa.

### 3.2.3 Consumo Aparente

Todo el consumo del polipropileno en México de 1984 hasta 1991, era de importación, debido a que no se contaba con producción nacional pero a finales de 1991 inició la operación de la planta de PEMEX y en marzo de 1992 inició la operación de la planta de INDELPRO.

Se redujo la importación del polipropileno de 1991 a 1993, actualmente estas empresas se reparten el mercado nacional, el consumo aparente del polipropileno en ton/año se muestra en las tablas 3.9 y 3.10.

Tabla 3.9 PROYECCION DEL CONSUMO DE PP EN MEXICO

AÑO	CONSUMO APARENTE TON	INCREMENTO DEL CONSUMO APARENTE	VALOR PROYECTADO
1984	60 651	8.9	64 462
1985	88 585	46.1	79 169
1986	93 159	5.2	93 876
1987	115 984	24.5	108 583
1988	111 760	3.7	123 291
1989	130 006	16.4	137 998
1990	147 729	13.6	152 705
1991	178 891	21.1	167 412
1992	184 178	2.95	182 119
1993	196 000	6.42	196 126
1994			211 534
1995			226 240
1996			240 948
1997			255 655
1998			270 362
1999			285 069
2000			299 777
2001			314 484
2002			329 191
2003			343 898
2004			358 605
2005			373 312

Fuente: Anuario ANIQ 19992

Tabla 3.10 PANORAMICA DEL POLIPROPILENO EN MEXICO

TON	PRODUCCION	IMPORTACION	EXPORTACION	C. APARENTE
1986	0	93159	0	93159
1987	0	115684	0	115984
1988	0	111670	0	111670
1989	0	131238	1232	130006
1990	0	147729	0	147729
1991	36045	146842	3996	178891
1992	95000	92343	3165	184178
1993	160000	36000	0	196000

Fuente: Anuario Nacional de la Industria Química 1992

### 3.2.3.1 Distribución geográfica del consumo

Como se puede observar en la tabla 3.11 el consumo de polipropileno se encuentra distribuido en zonas industrializadas, que tienen un alto crecimiento demográfico, como son los estados más importantes del país: Distrito Federal, Estado de México, Jalisco, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Nuevo León.

Tabla 3.11 DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL CONSUMO DE PP

AREA	% EN CONSUMO
D.F. y Area Metropolitana	38
Jalisco, Puebla, Querétaro y Tlaxcala	35
Zona norte	26
Zona del Sureste	1

Fuente: IMPI

### 3.2.3.2 Consumo para cada calidad

En las Tablas 3.12 a 3.15 se muestran los principales consumidores de polipropileno en 1992, para cada calidad.(18)

Tabla 3.12 CONSUMO DE PP GRADO RAFFIA

Cliente	Entidad	Consumo (Kg/mes)
Gpo San Luis	San Luis Potosi	420 000
Satusa	Tlaxcala	500 000
Gpo Jimco	Guadalajara	320 000
Rafitec	Edo. de México	350 000
Plásticos Potosinos	San Luis Potosi	400 000
Clientes pequeños y distribuidores Pemex	----	1000 000
Industrias Polimex	Puebla	60 000
Hidel	Edo. de México	200 000
Total		3250 000

Tabla 3.13 CONSUMO DE PP GRADO INYECCION

CLIENTE	CONSUMO (Kg/mes)
60 empresas y distribuidores Pemex	1500 000

Tabla 3.14 CONSUMO DE PP GRADO MONOFILAMENTO

CLIENTE	CONSUMO (Kg/mes)
7 empresas y distribuidores	200 000

Tabla 3.15 CONSUMO DE PP GRADO PELICULA

Cliente	Entidad	Consumo (Kg/mes)
Celanese Mexicana	Guadalajara	100 000
Novacel	Guadalajara	350 000
Artes Gráficas Unidas	Distrito Federal	300 000
Total		750 000

El consumo de polipropileno en sus diferentes tipos se encuentra centralizado básicamente en los estados más importantes del país, Distrito Federal, Estado de México, Monterrey, San Luis Potosí, Jalisco, Puebla Tlaxcala y Querétaro.

### 3.2.4 Segmentación del consumo

De acuerdo a la tabla 3.16, se puede observar que el mayor uso de esta resina es para, raffia, empaque y envase fibra textil y bienes de consumo.

Tabla 3.16 SEGMENTACION DEL CONSUMO

APLICACION	(M TON)	%
RAFFIA	65	33
EMPAQUE Y ENVASE	49	25
FIBRA TEXTIL	27	14
ARTICULOS DOMESTICOS	25	13
AUTOMOTRIZ	10	5
ELECTRODOMESTICOS	6	3
OTROS	14	7
TOTAL	196	100

Fuente: IMPI

### 3.2.5 Participación y tendencias del consumo

Los sectores que mayor participación han tenido durante los últimos años son: mezclas y compuestos, lámina, recipientes, película orientada y sin orientar, piezas por inyección y aplicaciones en artículos para el hogar y muebles. Por su parte la aplicación para raffia y fibras textiles han crecido en su consumo, pero su tendencia es estable, como lo muestra la tabla 3.17.

Los productores nacionales deben adecuar sus plantas productivas hacia mercados aún prácticamente vírgenes, como pueden ser: la película orientada, el envase de polipropileno clarificado, electrodoméstico y la utilización dentro del rubro de plástico de ingeniería del polipropileno modificado, principalmente para el sector automotriz. En la tabla 3.17 se muestra la participación y tendencia histórica en forma general del polipropileno en los últimos cinco años. (18)

Tabla 3.17 TENDENCIA DE CONSUMO EN MEXICO

Aplicación	1987	1990	1993	Tendencia
Raffia	40	36	33	Negetiva
Película	18	19	20	Positiva
Piezas inyectadas (1)	18	24	27	Positiva
Fibras Textiles (2)	17	15	14	Estable
Otros (3)	7	6	6	-----

(1) Incluye tapas, jugutes, domésticos y electrodomésticos

(2) Incluye fibras para alfombra, monofilamento y cerda

(3) Incluye recubrimiento de cable, popotes, botellas

### 3.2.6 Mercados finales de aplicación

Aqui se incluye la aplicación de polipropileno para empaque y envase, industria automotriz, electrodomésticos, electrónicos, art. domésticos, consumo popular y otros como se muestra en la tabla 3.18.

Tabla 3.18 Mercado finales de aplicación del PP

#### 1 EMPAQUE Y ENVASE

	METALIZADA	BOTANAS CHOCOLATES DULCES CONFITERIA
PELICULA		SOPAS CIGARROS
	BIORIENTADA	SECTOR TEXTIL FRUTAS Y VERDURAS CARNES FRIAS
BOTELLAS	VINAGRE SALSAS MAYONESAS AGUA PURIFICADA COSMETICOS	
GENERAL	GARRAFONES CONTENEDORES CAJAS COSTALES DE RAFFIA TAPAS DE TODO TIPO CONTENEDORES	



## 2 INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

ACUMULADORES DE AUTOMOVILES  
TABLEROS AUTOMOTRICES  
DUCTOS PARA CALEFACCION  
FILTROS DE AIRE  
PARRILLAS  
VENTILADORES

## 4 ELECTRICO ELECTRONICO

RECUBRIMIENTO DE ALAMBRE  
MANGOS DE HERRAMIENTAS  
GABINETES DE RADIO Y T.V  
VIDEO CASETES  
CINTAS PARA AUDIO Y VIDEO

## 6 CONSUMO POPULAR

PORTAFOLIOS  
JERINGAS DESECHABLES  
SILLAS  
JUGUETES  
ANDADERAS  
ATOMIZADORES

## 3 ELECTRODOMESTICOS

CAFETERAS  
CARCAZAS  
ASPAS DE LAVADORA

## 5 ARTICULOS DOMESTICOS

VASOS  
PLATOS  
CHAROLAS  
HIELERAS  
POPOTES  
CONTENEDORES DE ALIMENTO

## 7 OTROS

TUBERIA  
CASCOS DE SEGURIDAD  
LAMINACIONES  
COEXTRUSIONES  
METALIZADO DE TAPAS

### 3.2.7 Aplicaciones del polipropileno reciclado

Los materiales plásticos que son reciclados tienen una calidad inferior al plástico virgen, pero en este trabajo se utilizará una tecnología en la que se obtiene un producto con características semejantes al plástico original, como se describirá en el estudio de evaluación técnica.

Así el material reciclado se puede utilizar para la elaboración de empaque y envase, para fabricar película, botellas, artículos domésticos desechables, raffia, sillas, juguetes, artículos de consumo popular, tuberías, laminaciones, coextrusiones y uso general. Este termoplástico reciclado, no se puede usar para las industrias eléctrica, electrónica, automotriz, ni de artículos electrodomésticos, debido a que se requiere de una alta calidad del producto.

### 3.3 ESTUDIO DE BASURA

#### 3.3.1 Generación de basura en el Distrito Federal

Actualmente la Ciudad de México es la más contaminada del mundo, en 1950 se producían 370 g de basura "per cápita" y el tipo predominante era la considerada biodegradable. En 1993 se estima que en el Distrito Federal se producen cerca de 11 mil ton/día de basura, de las cuales cada habitante es responsable de producir más de un kilogramo. Si se considera el total de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, el volumen asciende a cerca de 19 mil ton/día y para el año 2000 se calcula que se producirán 25 mil ton/día, de las cuales 48% corresponderían al D.F. y 52% a los municipios conurbados. (19)

El gobierno de la ciudad de México ha conformado una infraestructura para el manejo integral de los residuos sólidos con 20 mil trabajadores, 235 barredoras, 1900 vehículos recolectores, 13 estaciones de transferencia, tres sitios de disposición final, una instalación de recuperación y composteo y una planta de incineración en 1992.

Así mismo, se ha prestado atención prioritaria a la disposición adecuada de los residuos sólidos por lo que se han clausurado en los últimos 10 años siete tiraderos a cielo abierto; destacan el de Santa Cruz Meyehualco y el tiradero de Santa Fé. Para sustituirlos, se han construido dos grandes rellenos sanitarios que permiten disponer cerca del 90% de los residuos sólidos.

En forma simultánea, se han hecho esfuerzos por rehabilitar socialmente a grupos humanos dedicados a la separación de residuos sólidos reutilizables.

### 3.3.2 Residuos sólidos municipales

Es necesario que los residuos sólidos generados en cualquier localidad se clasifiquen en función de las fuentes generadoras que los producen. Esta forma de agruparlos da pauta para determinar sus parámetros cualitativos para tener información de donde se pueden recuperar los desechos de plástico, como se muestra en la tabla 3.19.

Tabla 3.19 CLASIFICACION DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

FUENTE	ORIGEN ESPECIFICO	TIPO DE RESIDUO
Domiciliarios	Familiar	Comunes
Comercios	Tiendas, Almacenes Locales, Mercados Tianguis	Cartón, hule Fibre vegetal sintética
Servicios	Restaurantes, bares Hoteles y moteles Oficinas	Lata, loza, cerámica Cerámica, papel Madera
Areas Públicas	Espacios abiertos Via pública	Papel Plástico
Otros	Construcción Materiales en desuso	Plástico, Vidrio Trapos residuos
Manejo Especializado	Unidades médicas Laboratorios, Veterinaria Transporte	Farmacos, alimentos Residuos, lodos Químicos, ácidos Pinturas

Fuente: Sedesol. Instituto Nacional de Ecología 1992

Además de saber cualitativamente la fuente de los residuos sólidos municipales, también se debe conocer la composición de estos, es importante destacar que una fracción de los residuos pueden ser reciclados, en la tabla 3.20 se presenta la composición física de los residuos sólidos promedio a nivel domiciliario, y municipal.

Tabla 3.20 COMPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS 1992

Subproductos	Domiciliarios % en peso	Municipales % en peso
Cartón	4.11*	4.02*
Envase de cartón	2.19	1.56
Fibra sintética	1.75	0.31
Hule	0.24	0.34
Metales	1.72*	1.43*
Papel	11.75*	12.91*
Plástico de película	4.97*	3.77*
Plástico rígido	6.06*	2.15*
Lata	1.58*	1.26*
Vidrio	4.91	6.93
Residuo alimenticio	40.69	42.01
Otros		
Total	100.00	100.00

\*Residuos Reciclables

Fuente: Dirección General de Servicios Urbanos. DDF 1992

Para caracterizar el territorio nacional de acuerdo con la generación de los residuos sólidos municipales, el país se ha dividido en cuatro zonas como se ilustra en la tabla 3.21, para estas cuatro zonas se da el volumen estimado de residuos para los años 1991 y 1992, como se muestra en las tablas 3.22 y 3.23, la composición de los residuos es variada, como se observa en la tabla 3.24 y 3.25.

Tabla 3.21 ZONIFICACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

ZONA	LOCALIDAD
Fronteriza	Principales localidades ubicadas en una franja de 100 Km en la frontera norte
Norte	Baja California, Coahuila, Durango, Sonora Tamaulipas, Chihuahua, Nayarit, Nuevo León
Sur	Campeche, Durango, Yucatán, Oaxaca, Chiapas Quintana Roo, Tabasco
Centro	DF, Aguascalientes, Hidalgo, Michoacán, Puebla Tlaxcala, Edo de México, Veracruz, Querétaro Colima, Jalisco, Morelos, Guanajuato

Fuente: Sedesol. Instituto Nacional de Ecología 1992

Tabla 3.22 VOLUMEN ESTIMADO DE RESIDUOS 1991

ZONA	NUM. DE HABCMIL)	GENERACION Kg/hab/día	TON DIARIAS	TON ANUALES	%
Frontera	7702.57	0.734	5654	2063710	9.8
Norte	13965.24	0.711	9929	3624085	17.2
Centro	39584.32	0.629	24899	9088135	43.1
D.F.	8176.04	0.990	8168	2981320	14.2
Sureste	13335.56	0.679	9055	3305075	15.7
Totales	82763.74	0.749	57705	21062325	100.0

Fuente : Sedesol. Instituto nacional de Ecología.1992

Tabla 3.23 VOLUMEN ESTIMADO DE RESIDUOS 1992

ZONA	NUM. DE HABCMIL)	GENERACION Kg/hab/día	TON DIARIAS	TON ANUALES	%
Frontera	7859.63	0.749	5887	2148755	9.8
Norte	14250.25	0.726	10346	3776290	17.2
Centro	40886.12	0.642	26249	9580885	43.6
D.F.	8119.21	1.019	8273	3019645	13.7
Sureste	13607.72	0.693	9430	3441950	15.7
Totales	84722.93	0.766	60185	21967525	100.0

Fuente : Sedesol. Instituto nacional de Ecología.1992

Tabla 3.24 COMPOSICION POR ZONAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

MATERIAL	Frontera	Norte	Centro	Sur	D.F.
Cartón	3.01	4.28	4.16	4.51	3.5
Hule	0.71	0.78	0.90	0.31	0.98
Lata	3.13	2.46	2.10	2.80	1.40
Metales	0.73	1.03	1.41	2.37	0.59
Papel	11.36	9.17	8.80	6.90	13.0
Plástico pel.	2.68	3.79	3.32	3.96	3.20
Plástico rig	2.80	2.38	1.96	2.38	2.30
Residuo jard	15.35	7.48	6.95	7.68	5.90
Residuo alim	25.75	37.56	38.20	41.06	41.40

Fuente: Conade. Sedue 1992

Tabla 3.25 RESIDUOS FAMILIARES EN EL D.F

MATERIAL	PORCIENTO
Cartón	3.34
Metales	0.73
Papel	12.67
Plástico	9.99
Lata	1.62
Vidrio	6.95
Residuo alimenticio	45.02
Otros	
Total	100.00

Fuente: Conade. Sedue.1992

En las tablas 3.26 y 3.27 se muestra la vida útil generación y recuperación de los plásticos en México para 1992, y en el esquema 3.1 se presenta la recuperación de PP.

Tabla 3.26 PLASTICOS EN VIDA UTIL, RECUPERACION

PLASTICO	VIDA UTIL (TON)	%	RECUPERACION (TON)	%	BASURA (TON)	%
PEBD	35 750	8	46 199	34	455 488	59
PEAD	160 870	30	10 870	8	61 761	8
PVC	116 180	22	13 588	10	61 761	8
PP	62 621	12	13 371	10	108 186	14
PS	80 430	15	10 870	8	69 481	9
OTROS	79 590	15	40 765	30	15 440	2
TOTAL	535 441	100	135 663	100	772 117	100

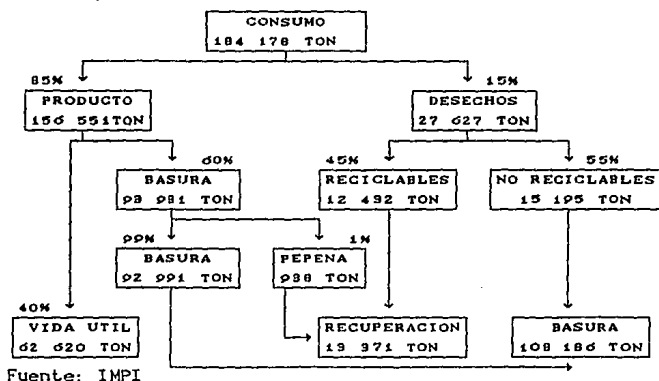
Fuente : IMPI

TABLA 3.27 RECUPERACION DE PLASTICOS

CONCEPTO	COMMODITIES (TON)	%	OTROS (TON)	%
VIDA UTIL	275 380	35	260 000	81
RECICLADO	117 792	15	50 000	16
BASURA	386 828	50	10 000	3
TOTAL	780 000	100	320 000	100

Fuente: IMPI

Esquema 3.1 RECUPERACION DE POLIPROPILENO



Fuente: IMPI

### 3.3.3 Disposición de los residuos en México

En México los servicios de recolección operan con 70% de eficiencia lo que equivale a 42 746 ton/día. De éstas 18 381 ton/día son dispuestas en 97 sitios controlados y el resto se depositan en tiraderos al cielo abierto. En la tabla 3.28 se muestra el manejo de residuos sólidos municipales en 1992.

Tabla 3.28 DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS

	Volumen ton/día	%	Miles Ton/año
GENERACION DE RESIDUOS	61 066		22 289
RECOLECCION	42 746	20	15 602
RELLENO SANITARIO	18 381	43	6 709
TIRADEROS	24 365	57	8 893

Fuente: Instituto Nacional de Ecología. Sedesol 1992

Para el relleno sanitario, de los 97 sitios controlados, sólo 11 reúnen los criterios para ser considerados como tales. En la Tabla 3.29 se muestran las plantas de tratamiento de residuos sólidos municipales.

Tabla 3.29 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS MUNICIPALES

ESTADO	LOCALIDAD	CAPACIDAD INSTALADA Ton/Día	PRODUCCION ACTUAL Ton/día	PORCENTAJE ACTUAL EN PESO
JALISCO	MEXICO DF	750	225	30
	TONALA	600	180	30
NUEVO LEON	MONTERREY	12	0	0
OAXACA	OAXACA	200	20	10
YUCATAN	MERIDA	200	50	25

Fuente: Instituto Nacional de Ecología. Sedesol 1992

Sedesol promovió el otorgamiento de un crédito del Banco Mundial con el propósito de financiar la construcción, equipamiento y asistencia técnica de proyectos específicos de residuos sólidos municipales en 14 localidades de la República, cuyo objetivo principal consiste en analizar los residuos sólidos municipales para su manejo y reciclaje.

### 3.3.4 Proyección de desechos para el año 2000

El Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Carnegie Mellon, Pittsburg PA, la Universidad de París, Francia y el Instituto Politécnico Nacional, desarrollaron en el Proyecto Interdisciplinario de Medio Ambiente y Desarrollo Integrado, relizaron un estudio que se denominó: Análisis de los Sistemas de reciclado en el Distrito Federal de México, publicado en la revista Resources Conservation and Recycling. En este estudio, se hizo una proyección de la generación de desechos sólidos hasta el año 2000 para el D.F.(20)

Tabla 3.30 GENERACION DE DESECHO SÓLIDOS PARA EL AÑO 2000

COMPONENTE	COMERCIO (TON/DIA)	FAMILIAS (TON/DIA)	TOTAL (TON/DIA)	%
MATERIALES ORGANICO	1999	6503	8502	41.0
METALES	136	570	706	3.4
PAPEL NO RECICLABLE	362	923	1258	6.1
PAPEL RECICLABLE	1574	2414	3988	19.2
CARTON	547	567	1114	5.4
PLASTICO	110	806	916	4.4
VIDRIO	100	967	1067	5.2
TEXTILES	43	402	445	2.2
OTROS	439	2277	2716	13.1
TOTAL	5310	15429	20739	100

Fuente : Resources Conservation and Recycling 1989

De acuerdo a los datos de la tabla 3.30, nos damos cuenta que se pueden recuperar los plásticos de la basura para ser reciclados. En dicha tabla de la proyección de basura para el año 2000, se tendrán 916 toneladas de plásticos reciclablea día.



Cuando se planea instalar una planta industrial, debe conocerse el entorno económico y el efecto que puede tener sobre el proyecto, considerando diversos aspectos como son:  
(21)(22)

- a) Crecimiento demográfico
- b) Programas de estabilización económica
- c) Entorno económico internacional
- d) Crecimiento económico
- f) Tratado de libre comercio

En la medida en que se disponga de esta información, se podrán tomar con oportunidad las decisiones que mejor convengan a las empresas.

### 3.4.1 Crecimiento demográfico

La demanda de materiales de postconsumo que generan desechos es proporcional al incremento de la población. La información estadística y geográfica sirve para apoyar adecuadamente los procesos de planeación y toma de decisiones, tales como la ubicación de la planta, y la capacidad de la misma.

El Censo de Población y Vivienda de 1990, registró un total de 81 249 645 habitantes en la República Mexicana, de los cuales 49.1% son hombres y 50.9% son mujeres. La población de México, comparada con la cifra de 1970, creció en la dos últimas décadas a una tasa media anual de 2.6 % inferior a la registrada en el período de 1950-1970, cuando la tasa fue de 3.2%, y superior a la correspondiente del período de 1930-1950, de 2.2%.

Considerando la población estatal, en el período 1970-1990, se observan diferencias en las tasas de crecimiento que van desde 0.9% para el D.F. hasta 8.9% para el caso de Quintana Roo, como se muestra en la tabla 3.31.

Tabla 3.31 POBLACION Y TASA DE CRECIMIENTO

ENTIDAD	POBLACION		TASA	
	1970	1990	1970	1990
AGUASCALIENTES	398142	719659	3.0	3.8
B. CALIFORNIA	870421	1660855	7.1	3.3
B. CALIFORNIA SUR	128019	317764	3.9	4.6
CAMPECHE	251556	535185	3.7	3.8
COAHUILA	1114956	1972340	2.2	2.9
COLIMA	241153	428510	4.0	2.9
CHIAPAS	1569053	3210496	2.8	3.6
CHIHUAHUA	1612525	2441873	3.3	2.1
DISTRITO FEDERAL	6874165	8235744	4.2	0.9
DURANGO	939208	1349378	2.1	1.8
GUANAJATO	2270378	3982593	2.8	2.8
GUERRERO	1597360	2620637	2.8	2.5
HIDALGO	1193845	1889366	1.7	2.3
JALISCO	3296586	5302689	3.3	2.4
MEXICO (ESTADO)	3833185	9815795	5.3	4.8
MICHOACAN	2342426	3548199	2.5	2.1
MORELOS	616119	1195059	4.2	3.3
NAYARIT	544031	824643	3.2	2.1
NUEVO LEON	1694699	3098736	4.3	3.0
OAXACA	2015424	3019560	1.8	2.0
PUEBLA	2508226	4126101	2.2	2.5
QUERETARO	485523	1051235	2.7	3.9
QUINTANA ROO	88150	493277	6.2	8.9
SN LUIS POTOSI	1281996	2003187	2.1	2.2
SINALOA	1266528	2204054	3.6	2.8
SONORA	1098720	1823606	4.0	2.5
TABASCO	768327	1501744	3.9	3.4
TAMAULIPAS	1456358	2249581	3.7	2.2
TLAXCALA	420638	781277	2.0	3.0
VERACRUZ	3815422	6228239	3.2	2.5
YUCATAN	758355	1362940	2.0	3.0
ZACATECAS	951462	1276323	1.8	1.5

Fuente: Censo General de Población y Vivienda. INEGI

El Distrito Federal, Estado de México, Puebla, Querétaro, Hidalgo, Morelos y Tlaxcala, representan el 39.1 % de la población total en México en 1990. Por otro lado, la menor participación relativa se mantiene en las entidades de Baja California, Colima, Quintana Roo y Campeche, con el 1%.

### 3.4.2 Programas de estabilización económica

La política económica cerrada de los años 70's produjo severos problemas económicos, por lo que en los años 80's y principio de los años 90's se estableció una apertura gradual, que debía ser controlada para tener un crecimiento con estabilidad, iniciándose la era de los pactos con estabilización, que se describen a continuación.

#### PACTO DE SOLIDARIDAD ECONOMICA (PSE)

Este se firmó en el año de 1987; fue un acuerdo restrictivo entre los sectores obrero, patronal, y el gobierno, basándose en los puntos siguientes:

a) Concertación entre los sectores mencionados, con la finalidad de combatir la inflación, a través del control de precios, salarios y del tipo de cambio.

b) Saneamiento de las finanzas públicas, para atacar el origen del aumento en los precios.

c) Restricción crediticia.

d) Con el objeto de consolidar el control de costos, aumentar la calidad de los productos y fijar una base para el crecimiento económico, se promueve la apertura comercial.

Se obtuvieron buenos resultados, tales como la disminución del alza en los precios rápida y sensiblemente. También la baja de la tasa del IVA. Lo anterior se logró debido a que el sector público redujo el déficit con lo que se disminuyeron los índices de precios y la inflación. Además el efecto de la apertura comercial, fué el de la regulación en los precios de los productos internos para poder competir con los productos de importación, aumentando la calidad de productos nacionales.

## PACTO PARA LA ESTABILIZACION Y EL CRECIMIENTO ECONOMICO (PECE)

En septiembre del 1989 se inició un ajuste gradual de los precios controlados cuyo rezago era considerable. Esto explica el repunte de la inflación a fines de 1989 y principios de 1990. En el segundo año del PECE la economía comienza a recuperarse, inicia el proceso de disminución de la inflación, aumenta el crecimiento económico y EL PIB incrementa su tasa. Los hechos que en este período son:

- a) Aumento en la actividad económica, empleo e inversiones.
- b) Renegociación de la deuda externa del país.
- c) Nuevo saneamiento de las finanzas públicas y reducción de su déficit.
- d) Niveles internacionales del precio del petróleo 50% arriba de lo pronosticado en 1988.

En 1991 el crecimiento económico superó al de la población y el PIB creció 3.6%, en 1990 fue 3.1%.

## PACTO PARA LA ESTABILIDAD LA COMPETITIVIDAD Y EL EMPLEO (PECE)

Este pacto se firmó el 20 de octubre de 1992 y resulta importante por: el grado de avance de la estabilización macroeconómica, la necesidad de acelerar la economía, así como de cambios en la microeconomía, incluyendo productividad y por el ambiente internacional adverso. Coincide con un momento en que las expectativas se resienten. Las autoridades ratifican que el objeto principal de la política económica es el abatimiento de la inflación, se enfrenta el reto de incrementar la productividad y la competitividad del aparato productivo.

### 3.4.3 Entorno económico internacional

El análisis de la balanza comercial en la evolución de la economía de México se debe de analizar para establecer la relación económica de México con otros países. El contexto global de la liberación comercial de México del decenio anterior (1980-1990) fué:

El sector manufacturero fué el más importante para la década ya que presenta el mayor crecimiento promedio anual: de 18.3%, siguiendo el petróleo con un incremento promedio anual de 14.18%. Los sectores con menor participación son el agropecuario y la industria extractiva.

Para 1982 hubo un decremento en las exportaciones petroleras de 39.57% a 10.36%; en tanto que por el "boom" petrolero el panorama registrado de 1982 a 1987 fué de altos precios internacionales, que se refleja en la balanza comercial ya que el incremento de la tasa fué de 13.06% para 1982 y al 36.85% para 1987. A partir de este último año la participación del sector petrolero tiende a disminuir en un 4.8% para 1987 a 37.5% para 1990, mientras que la participación del sector manufacturero paso del 48.0% en 1987 a 52.2% en 1990.

Después de la apertura del régimen de importación se emprendió una serie de medidas complementarias para continuar el ajuste estructural, tales como: la reforma del sistema aduanero y la liberación y reprivatización del mercado.

Las exportaciones totales de México a EU han tenido un comportamiento irregular en los últimos once años. El mayor porcentaje de crecimiento se alcanzó en 1989 con 15882.9 mmd. Las exportaciones del petróleo crudo que continúan siendo un renglón importante en las exportaciones de México, han disminuido, principalmente a partir de 1986.

Es decir, que para 1982 el petróleo crudo llegó a representar el 68% de la exportaciones totales de México a E.U. En los siguientes años el porcentaje disminuyó a 52% en 1985 y a 36% en 1989. Para el periodo de 1990 las exportaciones sumaron 4603 millones de dolares, lo que significó el 26.8% del total exportado de México.

Para México el más importante mercado de destino para sus exportaciones es E.U. En 1989 las ventas de productos mexicanos a E.U. representaron el 69.7% del total exportado por México, y para principios de 1990 se incrementó a 70.6%. Otros productos exportables de México son los automóviles, motores y partes para automóviles, tomate, legumbres y hortalizas, café crudo en grano y ganado vacuno. En el caso de las importaciones mexicanas provenientes de E.U., se puede observar que debido a la apertura comercial de México, el valor importado creció en los últimos tres años.

En 1987 se importaron de E.U. productos con un valor de 7875.7 mmd, para 1990 se registró un aumento en el valor importado con 20634.7 mmd. Estos aumentos determinaron el deterioro del saldo comercial de México con E.U. México importa principalmente de E.U., los productos de manufactura como son materiales para automóviles, maquinarias para proceso de información, piezas y partes para instalaciones eléctricas, pasta de celulosa para fabricar papel, maíz y sorgo, carnes frescas y semillas de soya. En las tablas 3.32 a 3.35, se presenta la balanza comercial de México en miles de millones (MM) de dólares.

Tabla 3.32 BALANZA COMERCIAL DE MEXICO. EXPORTACIONES

MMDOLARES	1987	1988	1989	1990	1991	1992
PETROLEO	8630	8711	7876	10104	6155	6158
NO PETROLEO	12026	13854	14966	16847	13944	14382
AGROPECUARIO	1543	1670	1754	2162	1882	1615
EXTRACCION	587	860	605	617	442	286
MANUFACTURERO	9907	11523	12607	14067	11665	12481
OTRAS EXP.	20656	20565	22842	26950	23108	23944

Fuente: Banco de México. INEGI

Tabla 3.33 BALANZA COMERCIAL DE MEXICO. IMPORTACIONES

MMDOLARES	1987	1988	1989	1990	1991	1992
BIENES DE CONSUMO	767	1921	3048	5059	3876	5359
BIENES DE INTERMEDIOS	8824	12950	17170	19211	17560	21473
BIENES DE CAPITAL	2630	4027	4768	6820	6011	7267
OTRAS IMP.	12223	18848	25438	31090	27438	35148

Fuente: Banco de México. INEGI

Tabla 3.34 BALANZA COMERCIAL DE MEXICO  
TASA DE CRECIMIENTO DE EXPORTACIONES. BASE 1980=100

MMDOLARES	1987	1988	1989	1990	1991	1992
PETROLEO	36.83	-22.23	17.35	17.90	-23.38	0.04
NO PETROLEO	23.67	15.20	8.02	28.28	-17.23	2.80
AGROPECUARIO	-26.45	8.23	5.02	12.56	-12.95	-14.20
EXTRACCION	11.17	16.40	-8.33	23.26	-28.36	-35.90
MANUFACTURERO	39.22	16.31	9.40	1.98	-17.07	-7.00
OTROS	28.80	0.00	11.00	11.58	-14.25	3.60

Fuente: Elaborada con datos del Banco de México. INEGI

Tabla 3.35 BALANZA COMERCIAL DE MEXICO  
TASA DE CRECIMIENTO DE IMPORTACIONES. BASE 1980=100

MMDOLARES	1987	1988	1989	1990	1991	1992
BIENES DE CONSUMO	-59.52	-98.61	27.59	-21.81	-23.38	35.60
BIENES DE INTERMEDIOS	15.61	46.75	32.58	11.88	-8.59	22.30
BIENES DE CAPITAL	-10.96	53.11	18.40	43.03	-11.86	38.20
OTROS	6.91	54.20	34.96	22.21	-11.74	28.10

Fuente: Elaborada con datos del Banco de México. INEGI

#### 3.4.4 Crecimiento económico

Con la finalidad de comprender mejor este tema, es necesario definir el producto interno bruto (PIB), ya que es el indicador del crecimiento económico más utilizado. El PIB, es el valor monetario de la suma total de bienes y servicios producidos y proporcionados en un país durante un año. También mide la capacidad real de consumo de un determinado bien o servicio. Para fines prácticos la capacidad adquisitiva de una nación se puede medir mediante el producto interno bruto.

Para comprender el crecimiento económico, se debe de conocer como se ha desarrollado la economía, como respuesta a las diferentes políticas adoptadas, en este caso se tomará a partir de la década de los setentas.

En los setentas el proteccionismo marcado frenó el desarrollo del país: el crecimiento dependía de la capacidad para captar divisas por parte del sector productivo. Por el contrario se incrementó la deuda externa y rebasó la tasa de crecimiento del producto interno bruto (PIB). En 1976 el peso se devaluó en 80% y a principios de 1978 se tenía una inflación acumulada de 84%.

Para los ochentas la política económica presentada fue de correcciones, se busco implantar varios programas de estabilización económica, que lograron éxitos en la balanza de pagos, no así en el desequilibrio interno de los precios, enmarcado por factores como la recesión económica mundial, que trae como consecuencia la caída del precio del petróleo. A fines de 1983 se inicia la reestructuración imponiendo reformas económicas, recortando el gasto público, renegociando la deuda externa y liberalizando la economía. Como resultado de estas medidas el déficit del PIB del 8% en 1982 se convirtió en superávit en 1987



Como resultado de los programas económicos en la economía de 1991 destacan los siguientes datos:

El crecimiento del PIB estuvo mayor por tercer año consecutivo que el incremento de la población. La inversión privada aumento en más del 13% por segundo año consecutivo. En diciembre de 1991 la inflación acumulada era de 18.8% y para 1992 del 12%.

Actualmente tiene vigencia el Pacto de Estabilidad, la Competitividad y el Empleo PECE, el cual redujo la inflación en 1993 a menos del 10%.

Con respecto al panorama del crecimiento económico, se observa que el tercer trimestre de 1992, se tenía un superávit financiero de 38.8 billones de pesos, incluyendo los ingresos provenientes de la venta de empresas del gobierno. En septiembre de 1992 el saldo de la deuda externa bruta desciende 3048 millones de dólares respecto a diciembre de 1991. La deuda interna por su parte disminuye 21 billones de pesos, esto es 25% en términos reales.

Continúa el deterioro de la balanza comercial, afectada por la recesión internacional que significó que en septiembre de 1991 el déficit era de 159% mayor al del período del 1991. Las importaciones aumentaron 28.1% mientras que las exportaciones suben 3.8%. De acuerdo con la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, la mayor productividad y las buenas expectativas sobre el país continúan alentando la inversión extranjera.

Para 1994 se espera un año de retos y riesgos potenciales para el gobierno, las empresas e intermediarios financieros. También existen beneficios, la restricción fiscal y monetaria trae consigo crecimiento moderado, pero así se asegura una actividad dinámica en el futuro.

Es viable tener un superávit por segundo año consecutivo. Se busca reducir la deuda pública total que fue de alrededor del 3-4% del PIB en 1993. Es necesario fortalecer las relaciones con Norteamérica y con el resto del mundo, mediante atracción de capitales y acuerdos comerciales. Ser más competitivos y eficientes.

Los puntos del crecimiento económico para 1994 son:

- 1) Seguir reduciendo la inflación, de acuerdo con la de los socios comerciales del norte, pero sin afectar el crecimiento económico.
- 2) Promover el empleo, con un crecimiento del PIB, del 2.5 al 3%, mayor al de la población.
- 3) Fomentar la eficiencia y productividad de las empresas, mejorando las reformas estructurales.
- 4) Impulsar el desarrollo social, apoyando a los sectores desprotegidos.

#### Industria Química en México

El análisis de este sector de la economía, adquiere importancia en el presente trabajo, puesto que a éste pertenece el polipropileno. La industria química ha sido tradicionalmente considerada como una de los sectores de mayor crecimiento dentro del contexto general de la economía.

A pesar de las condiciones que afectaron el comportamiento económico nacional, así la industria química participa con el 3% del PIB. México tiene ventajas que aún no han sido suficientemente explotadas en la industria como son:

Un mercado potencial con el grado de estabilidad y crecimiento actual: además se espera un aumento en el consumo de productos químicos.

En cuanto al costo de mano de obra se cuenta con un margen a favor, aunque no debe considerarse como una ventaja comparativa en el largo plazo.

Se cuenta con el personal técnico especializado, requerido para la operación de la industria.

Se tiene una recuperación económica sostenida y orientada hacia las industrias exportadoras. Esto puede estimular la demanda de productos químicos.

El caso del reciclamiento de plásticos como el polipropileno se ajusta a los puntos anteriores, y además como se ha indicado que sus expectativas de crecimiento van paralelas a la tasa de crecimiento poblacional.

### 3.4.5 Tratado de libre comercio

La necesidad de limitar o eliminar las medidas unilaterales proteccionistas del comercio, hace viable la posibilidad de un acuerdo dentro del GATT. El requerimiento de regiones definidas en el mercado y el impacto de las exportaciones sobre la economía, mueven a los países a buscar el libre tránsito de mercancías: las exportaciones manufactureras y servicios benefician a los industrializados principalmente.

El acuerdo comercial más importante de México es el Tratado de Libre Comercio (TLC), con Estados Unidos y Canadá, en donde se definen los objetivos de limitar las barreras arancelarias que dificultan el intercambio de productos comerciados, constituyendo la mayor zona de libre comercio.

Estados Unidos y Canadá por su parte consolidan su presencia comercial en nuestro mercado, el de mayor crecimiento para sus productos en los últimos cuatro años y estimulan a sus empresas para la producción compartida.

Para México el Tratado de Libre Comercio de América del Norte representa un complemento valioso a la estrategia económica. Concretamente el TLC ofrece amplias posibilidades en los siguientes aspectos:

- a) Asegurar el acceso permanente de sus exportaciones a los mercados vecinos del norte, promoviendo la creación de empleos permanentes y bien remunerados, incrementando el atractivo del país para la inversión extranjera.
- b) Alentar la asociación entre empresas mexicanas y extranjeras, a fin de desarrollar esquemas de producción y comercialización compartidos, propiciando la especialización y transferencia de tecnología.
- c) Propiciar mayor simplicidad en la reglamentación económica interna, en apoyo a las empresas mexicanas.
- d) En los próximos años debido a este tratado, el PIB, el empleo y los salarios reales pueden crecer. Se estima que nuestra economía puede crecer con mayor rapidez, al 2% durante los próximos años.

### 3.5 MERCADOTECNIA

A continuación se dan los objetivos, para la empresa de reciclado de polipropileno.

- Alcanzar una participación importante en el mercado de polipropileno reciclado, en los próximos tres años.

- La distribución será en los lugares en que se procese el polipropileno.

- Se penetrará al mercado, con un producto más barato y podrá ser usado para obtener productos de buena calidad.

- Beneficiar a los consumidores, empresarios y sociedad, mediante el consumo del material reciclado de buena calidad.

El mercado de los plásticos reciclados aumenta en función de la tasa de crecimiento de la población, en la cual existen preferencias no satisfechas.

Es importante destacar que el negocio está determinado por los clientes, no por los productos o productores, y éstos son los que determinan el futuro del mercado, por lo que se deben de entender sus necesidades y satisfacerlas.

Los consumidores del polipropileno reciclado, serán los mismos que el polipropileno virgen, en las aplicaciones como material de envase y empaque, raffia y piezas moldeadas.

### Materias primas

La materia prima para reciclar el polipropileno son materiales de desecho de la industria química, que tienen un costo, pero que se encuentran con un alto grado de pureza, ya que se desechan por presentar defectos en su fabricación. La manera de recoger estos desperdicios es directamente en las fábricas. También se pretende recuperar materiales de postconsumo de polipropileno de la basura, aunque son materiales sucios que tienen que ser acondicionados para procesarlos, son muy baratos.

### Precio

El precio de los plásticos está determinado por el mercado y sirve para que el producto pueda ser competitivo dentro del mercado, debido a que es un material reciclado de buena calidad, con características similares al producto procesado, el precio tiene que ser lo suficientemente bueno para que se obtengan utilidades, pero sin desequilibrar el mercado, pero por otra parte tiene que estar abajo del plástico virgen. El precio de venta se debe basar en el precio de venta de la competencia, tipo de consumidores y la reacción de los competidores. A continuación en la tabla 3.36 se muestra el precio del polipropileno virgen hasta 1993, para los demás años se obtiene por regresión lineal.

Tabla 3.36 PRECIO DEL PP, PESOS CORRIENTE

AÑO	VALOR \$/Kg	AÑO	VALOR N\$/Kg
1985	150.6	1994	2.88
1986	330.6	1995	2.97
1987	746.8	1996	3.11
1988	1 520.2	1997	3.24
1989	2 150.0	1998	3.37
1990	2 357.5	1999	3.50
1991	2 468.2	2000	3.63
1992	2 582.1	2001	3.77
1993	2 696.0	2002	3.90

El precio fijado para el polipropileno reciclado es de N\$ 2.5 por Kilo, para 1994.

## Promoción

De acuerdo a las características del producto y la dimensión del mercado existente, así como las condiciones de competencia, el tipo de promoción que se establece para nuestro producto, se basa en dos aspectos fundamentales, el precio y la calidad. El polipropileno, al igual que los termoplásticos, es la materia prima para la elaboración de artículos de plástico.

Se promocionará al producto con visitas personales en donde se procesa este material, ofreciendo las ventajas, económicas y de calidad que ofrece este material reciclado. También se pueden ofrecer pruebas sobre el material y descuentos por introducción del producto.

## Distribución

Se utilizará un canal de distribución directo, es decir se entregarán directamente los pedidos, evitando así los intermediarios, que incrementarían el precio del producto, y ya no sería tan atractivo para los compradores.

Para la distribución del polipropileno reciclado se utilizarán sacos de 25 Kg, en los camiones con los que cuenta la empresa. El reparto se programará con rutas preestablecidas y con respecto a las necesidades del mercado.

Cada unidad llevará un chofer, que será el responsable de la venta y se encargara de depositar el producto en el interiores de las empresas compradoras.

CAPITULO IV  
ESTUDIO DE  
FACTIBILIDAD TECNICA



#### 4.1 INTRODUCCION

Se estudiarán los procesos para el reciclado de polipropileno y se elegirá un proceso para reciclar el polipropileno mediante un reciclado primario.

Los procesos para el reciclado de plásticos en general son:

- I.- Regranulado.
- II.- Proceso directo.
- III.- Molienda Criogénica.

#### 4.2 PROCESO DE REGRANULADO

Se utiliza para reprocesar desperdicios plásticos, hasta alcanzar el tamaño de partícula del termoplástico virgen. Para este propósito se utilizan los regranuladores, que pueden ser de varios tipos dependiendo de los requerimientos de tamaño, de las piezas a granularse y la forma física de los residuos plásticos. (23)

##### Descripción del Proceso

Los regranuladores constan de una tolva, cámara de corte (de rotor con cuchillas), una criba y un motor. La tolva es diseñada en función de las formas específicas de la alimentación y pueden ser equipada con rodillos para manejar películas plásticas, además la tolva debe tener una inclinación específica y contar con deflectores, cortinas o mallas para evitar que el material salga despedido.

La cámara de cortado es en donde se lleva acabo la granulación, esta construida de material muy resistente como es el acero. En esta parte del equipo es de suma importancia la geometría de la entrada de la alimentación.

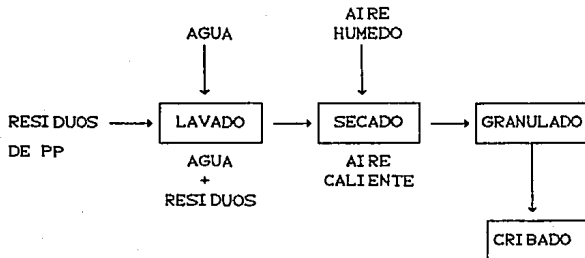
Los cuchillos se colocan en rotores abiertos o cerrados; con el aumento del tamaño de estos también se incrementa la velocidad de operación, pero disminuye el volumen efectivo de la cámara, el número de cuchillos más común es de dos o tres.

Otro parámetro muy importante del diseño de la cámara de granulación es el arreglo que presentan los cuchillos, como por ejemplo: cuchillos paralelos, con un cuchillo rotatorio inclinado, arreglo simple en V, arreglo doble en V.

El granulador cuenta con un área de cribado que varia en el intervalo del diámetro de 1/4 a 3/8 de pulgada, y un equipo de seguridad que impide el acceso a la cámara de cortado mientras el rotor esta funcionando.

La figura 4.1 muestra un esquema del proceso de regranulado.

Esquema 4.1 Proceso de Granulado



#### 4.3 PROCESO DE EXTRUSION

Los residuos plásticos como películas fibras o espumas pueden ser reprocesados directamente en un equipo de extrusión para procesar pellets plásticos o con menor frecuencia polvos, esto es una limitante para materiales de baja densidad y no pueden ser procesados con eficiencia en este tipo de equipos. Sin embargo para materiales de media o alta densidad no se presenta este problema. (23)(24)

##### Descripción del Proceso

Los desperdicios plásticos limpios y secos pasan por un molino en donde se cortan hasta alcanzar un tamaño de partícula adecuado. La compactación de la alimentación de material es realizada en la sección de alimentación del extrusor, en donde el diámetro de la sección mencionada es más grande que el resto del husillo.

De esta forma se alimenta el plástico en un proceso continuo al cañon de la extrusora. Este cañon posee a su alrededor resistencias que calientan al material y en su interior un husillo girará para plastificar al material, comprimirlo y forzarlo a transportarse a lo largo del cañon.

Al final del cañon existe un adaptador, en el que se colocan mallas para aumentar la presión del material, homogenizarlo y filtrar cualquier impureza que hubiera llegado a esta parte del proceso. Alineado al adaptador existe el dado que será la parte de la maquinaria que le proporcionará la forma final al material.

De acuerdo a lo anterior y siguiendo el proceso descrito se deben de controlar las siguientes variables de operación: velocidad del husillo, temperatura del cañon, presión en cabezal, y potencia del motor.

En el proceso de extrusión se tienen conceptos muy importantes, los cuales se describen a continuación.

Relacion L/D. Relaciona el diámetro con la longitud del husillo, las relaciones de L/D más comunes son 20:1, 24:1, 30:1, 36:1, de esta relación dependerá la plastificación y el mezclado, además de afectar el control de la temperatura.

Relación de compresión. Es la relación de cuantas veces cabe la altura de la primera cuerda en la altura de la última cuerda, al principio se comprime el material para ablandarlo y al final se deja paso al material plastificado.

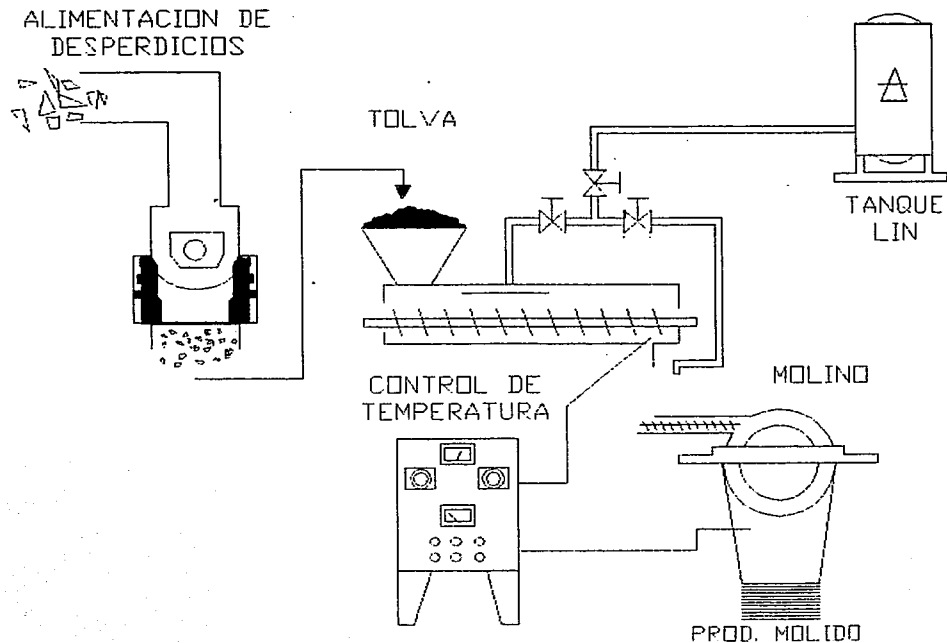
Zonas de los husillos. Los husillos se dividen en tres zonas de acuerdo a la variación de la profundidad de éste.

Las máquinas de extrusión se clasifican por: tipo de proceso, por tipo de husillo y por tipo de dado.

El tipo de proceso puede ser continuo y discontinuo. El proceso continuo utiliza extrusores de husillo y extrusores de tambor. El extrusor de husillo sigue el principio básico de la extrusión y en el extrusor de tambor el material es alimentado por una tolva y cae en el espacio que queda entre el rotor y el cañon, por el movimiento el material se va plastificando hasta llegar al dado.

En el proceso discontinuo se tiene el proceso de émbolo, y el reciprocante. El proceso de émbolo que es el ideal para adecuarlo al proceso de inyección y soplado, pero presenta limitantes en la capacidad limitada de fundido y temperatura no uniforme de fundirlo. Existen dos procesos de émbolo que son el de émbolo simple y de émbolos múltiples. El reciprocante difiere con el de émbolo, en que en lugar de tener un pistón, tiene un husillo, que gira y entonces inicia el avance a lo largo del cañon por lo que el material se va comprimiendo y plastificando hasta llegar al dado.

# MOLIENDA CRIOGENICA

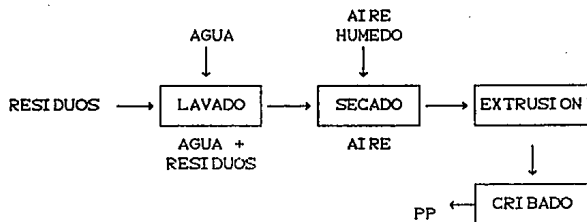


Por tipo de husillo tenemos el monohusillo, venteado, doble husillo y multihusillo.

El de monohusillo que es el más común debido a su bajo costo y diseño directo; en este caso se alimentan los pellets por la tolva, fluyendo por gravedad hasta el cañon en donde al caer, se comprimen, transportan y plastifican hasta llegar al dado, debido al husillo que gira. El venteado presenta en el cañon orificios por los que escapan ó se extraen volátiles, además de presentar la posibilidad de adicionar aditivos ó cargas a lo largo del cañon, y tienen una zona de compresión y otra de descompresión. El de doble husillo se caracteriza por el corto tiempo de residencia del material y por el bajo perfil de temperaturas que manejan. Estos parámetros son los que se deben cuidar en materiales sensibles al calor. El de multihusillos integra más de dos husillos para plastificar con cuidado.

Por tipo de dado se tiene el general, el plano y el tubular. Se denomina dado general al que va a ser utilizado para obtener tubería, perfiles, recubrimientos de alambre ó cable y monofilamento, es decir que el dado comunmente va a ser circular. En el de dado plano se obtiene película monoorientada, película biorientada, lámina, raffia, laminaciones y coextrusiones. En el dado tubular se obtienen toda la película doble.

Esquema 4.2 Proceso de Extrusión



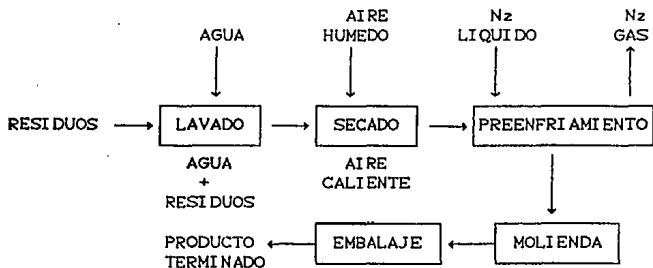
#### 4.4 MOLIENDA CRIOGENICA.

Las técnicas criogénicas utilizan nitrógeno líquido, y son ampliamente utilizadas en los plásticos en operaciones de molido ultrafino. La estructura amorfa a temperaturas suficientemente bajas, presenta las características de los vidrios, incluyendo la dureza, rigidez y fragilidad. El plástico se muele en forma de polvo con un tamaño de partícula por debajo de 35 mallas en un molino de rozamiento horizontal obteniéndose un producto mejor que los métodos de reciclado a temperatura ambiente, para los polímeros de baja densidad. (23)(25)

#### Descripción del Proceso

El proceso de molienda para residuos plásticos esta compuesto de las siguientes etapas: cortado del material, lavado, secado, compactado, preenfriamiento y molido del material como se muestra en el esquema 4.3

Esquema 4.3 Proceso de Molienda Criogénica



## Cortado preliminar

El material limpio y seco es cortado en una cortadora rotatoria efectuando varios cortes, evitando degradar al material por fricción.

## Compactación

A continuación se pasa el material plástico a una etapa de compactación que tiene la finalidad de aumentar la densidad aparente del material. La compactación ocurre cuando se aplica una fuerza a un sistema, dentro de un espacio confinado.

## Enfriamiento

Se tiene primero una parte de preenfriamiento y se realiza en un transportador helicoidal, montado en un eje que gira. Para enfriar se utiliza nitrógeno líquido que es aplicado por inyección directa al transportador para así tener mayor eficiencia en el enfriamiento.

## Molido del material

En esta parte del proceso el material es granulado a pesar de que el material ya está enfriado se realiza una inyección adicional de nitrógeno líquido, para prevenir que al ser molido el calor degrade al material. La descarga del molino cuenta con una criba o rejilla que sirve como un clasificador interno. Este tipo de molino se utiliza para el procesamiento de materiales suaves.

## Descarga del material

Esta etapa es para empaquetar al material. El empaque se realiza en bolsas o sacos.



#### 4.5 SELECCION DEL PROCESO

La primera decisión que se debe de tomar es la de escoger un proceso para el reciclado del polipropileno por lo cual en la tabla 4.1 se hace una comparación entre las tres alternativas que tenemos:

I.- Regranulado

II.- Proceso de extrusión

III.- Molienda criogénica

Se selecciona un proceso mediante la realización de una escala de evaluación de las variables de los procesos, en la que se asignará un valor a cada variable de cada proceso en base a la siguiente metodología: (26)

- 1.- Se genera una tabla comparando para cada proceso, las variables y criterios tomados en cuenta.
- 2.- Se asigna a cada variable una escala de evaluación, debido a que no todas las variables tienen la misma importancia.
- 3.- Se suman para cada proceso, los valores asignados a cada variable.
- 4.- Los procesos que obtenga menor puntuación se desecharán.
- 5.- En caso de que dos o más procesos tengan una puntuación parecida, se compararán los criterios especificando las ventajas de cada uno.
- 6.- Finalmente tomando en cuenta todos los puntos anteriores, se elige un proceso.

Las variables a evaluar y los criterios empleados son:

**Presión.** La presión atmosférica tendrá la escala máxima, se preferirán a los procesos que trabajen a una presión mayor a la atmosférica que a los que trabajen a vacío, evitando el uso de más equipos que repercutan en el costo del proceso, el valor asignado a esta variable dada su importancia es de cero a diez.

**Temperatura.** La máxima evaluación para esta variable será la temperatura ambiente, se evitará trabajar a alta o baja temperatura, evitando el aumento en el costo del proceso, se prefiere calentar que enfriar, el valor asignado a esta variable es de cero a nueve.

**Propiedades del Producto.** La máxima calificación se asigna para el proceso cuyo producto obtenido sea de mejor calidad, este criterio es muy importante porque de estas propiedades dependerá la venta y el precio de venta del producto, el valor asignado es de cero a diez.

**Seguridad del proceso.** Se prefieren los procesos que presenten menores riesgos de operación, y no maneje sustancias tóxicas, inflamables, explosivas, etc, el valor asignado es de cero a diez.

**Eficiencia del Proceso.** La máxima evaluación se considerará para un 100% de eficiencia, debido a que se obtiene mayor cantidad del producto con respecto a la materia prima, el valor asignado a esta variable es de cero a siete.

**Tiempos muertos de proceso (T.M.P).** Este criterio se basa en la obtención del menor número de fallas que retarden el proceso de producción, así como el tiempo que se necesita para abastecer de materia prima al proceso y descarga del producto, el valor asignado es de cero a cinco.

Servicios Auxiliares. Se prefieren los procesos que tengan menor cantidad de servicios auxiliares, el valor asignado para este caso es de cero a cuatro.

Controles automáticos. Se prefiere el proceso que sea más fácil de adaptar a controles automáticos, éste repercute en el control del proceso, el valor asignado es de cero a cuatro.

Otras variables como materia prima, catalizadores, agentes químicos, no son tomados en cuenta, porque los criterios a evaluar en estas variables son los mismos, debido a que los tres procesos utilizan el mismo material.

A continuación se muestra en la tabla 4.1 las variables tomadas en cuenta, el valor de éstas para cada proceso y las escalas de evaluación para cada variable.

Tabla 4.1 Selección del Proceso

VARIABLE	PROCESO			ESCALA DE EVALUACION
	I	II	III	
PRESION	10	9	9	0-10
TEMPERATURA	9	8	6	0-9
PROPIEDADES	6	10	10	0-10
SEGURIDAD	10	9	7	0-10
EFICIENCIA	4	7	7	0-7
TIEMPO MUERTO	3	5	5	0-5
S. AUXILIARES	4	3	3	0-4
CONTROL AUTO.	2	4	4	0-4
TOTAL	48	55	51	

De acuerdo con tabla 4.1 se observa que el proceso que tiene menor puntuación es el proceso I, que es el proceso de regranulado, aunque para los tres procesos se tienen puntuaciones muy parecidas.

En el proceso de regranulado se obtuvo una puntuación alta debido a que en los criterios de temperatura y presión obtiene altas puntuaciones porque se trabajan a condiciones ambientales, y en el aspecto de seguridad no involucra ningún agente tóxico, explosivo, inflamable, etc, pero en las variables de eficiencia, tiempos muertos de proceso y propiedades del producto, tiene baja puntuación, siendo estas variables de proceso las más importantes, porque de ellas depende la calidad del producto terminado, la capacidad de producción sin presentar paros en la planta.

Los problemas que se presentan en el regranulado son cambios en la viscosidad, variaciones del color, reducción del peso molecular por ruptura de cadenas poliméricas, aumento del peso molecular por entrecruzamiento, contaminación del plástico reprocesado. Es por todo esto que el proceso de regranulado queda descartado.

#### Proceso de extrusión vs molienda criogénica

Para el caso del proceso de extrusión y el de la molienda criogénica, como se puede notar en la descripción del proceso, son muy parecidos, para el proceso de extrusión modificado el material se hace pasar por un extrusor y se calienta el material para plastificarlo, para después ser cortado en forma de pellets y guardado en sacos. En la molienda criogénica se hace pasar el material por un transportador helicoidal para compactar el material, es enfriado con nitrógeno líquido para ser cortado finamente y ser guardado. Estos dos procesos son los mejores para el tratamiento de desechos plásticos, observando nuevamente la tabla 4.1 vemos que para los casos de la puntuación de las variables para presión, eficiencia del proceso, propiedades del producto terminado, controles automáticos, tiempos muertos de procesos y servicios auxiliares, ambos procesos obtienen el mismo puntaje.

En el caso de la temperatura de proceso hay una diferencia mínima, en el caso del proceso de extrusión modificado tiene un valor de ocho, la forma de aumentar la temperatura es mediante resistencias mientras que para el caso de molienda criogénica la variable temperatura tiene un valor de seis, porque enfria con nitrógeno líquido. El criterio de temperatura dice que se prefieren proceso a temperatura ambiente, después los que calientan y al último los que enfrian.

Para el caso de seguridad de proceso, en el caso del proceso de extrusión modificado, maneja agua y aire para lavar y secar el desecho plástico, calienta con resistencias y enfria con agua. En el caso de la molienda criogénica, maneja agua y aire para lavar y secar el desecho plástico, y enfria con nitrógeno líquido para cortarlo. El criterio de seguridad dice que se prefieren procesos que no presenten riesgos de operación y que no manejen sustancias con riesgos de explosión, tóxico, e inflamable. El proceso de molienda criogénica maneja nitrógeno líquido, que es riesgoso de manejar, se requiere de recipientes especiales para tenerlo a presión y a  $-196^{\circ}\text{C}$ , aumentando además el costo del equipo.

La molienda criogénica se utiliza cuando se trabaja con materiales que son más sensibles a la temperatura, como es el caso de materiales de baja densidad, como el polietileno de baja densidad y hules, debido a que no se presenta calor que los pueda degradar.

La ventaja que tiene el proceso de extrusión, es un control estricto de la temperatura para plastificar sin degradar al material, los materiales que se pueden manejar son: PET, PS, PP, poliamidas, etc.

Por todo lo antes expuesto, y debido a que se trabajará con el polipropileno se elige utilizar el proceso de extrusión para reciclar los desechos plásticos.

#### 4.6 DESCRIPCION DEL PROCESO

De acuerdo a lo analizado, se seleccionó el proceso de extrusión. La recuperación de los plásticos está compuesta de las siguientes etapas: lavado, secado, molido, compactado, extrusión, filtración, pelletización, cribado y empaclado del material.

Para reciclar el polipropileno se utilizará una planta completa de reciclado, la tecnología es de Erema High Technology Recycling, con un equipo tipo RGA-80.

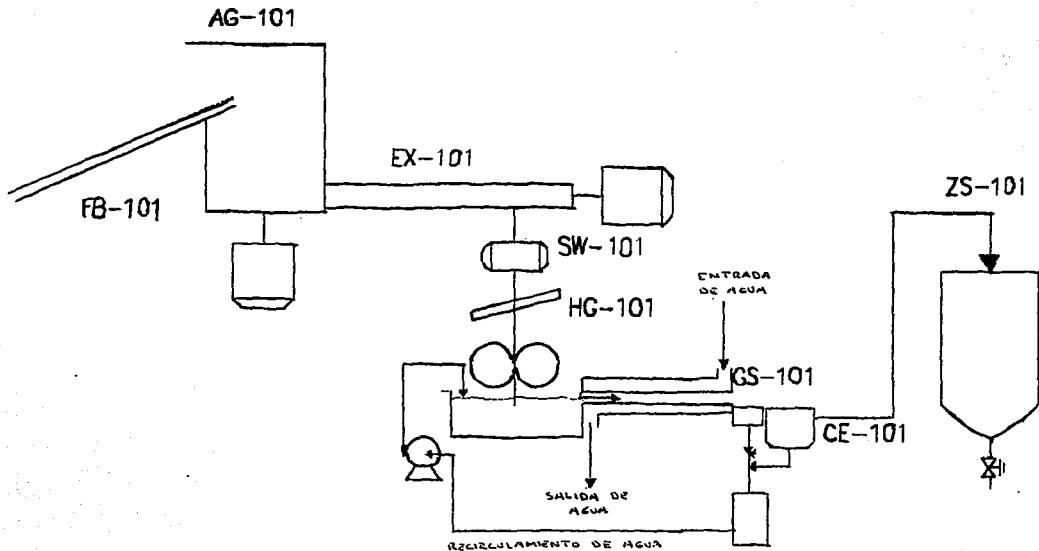
Las ventajas que presenta esta tecnología, son:

- Una combinación directa de un aglomerador con la extrusora evitando transportes y silos intermedios.
- La combinación directa de la extrusora con materiales precompactados y calentados que repercute en una longitud menor de la extrusora.
- Menor deterioro de la camisa y el husillo.
- Mínimo deterioro del material a procesar.
- Posibilidad de reciclar materiales con una humedad hasta de un 4%.
- Construcción compacta que requiere poco espacio.
- Mínimo mantenimiento.
- Lo más importante: obtiene un producto de alta calidad.

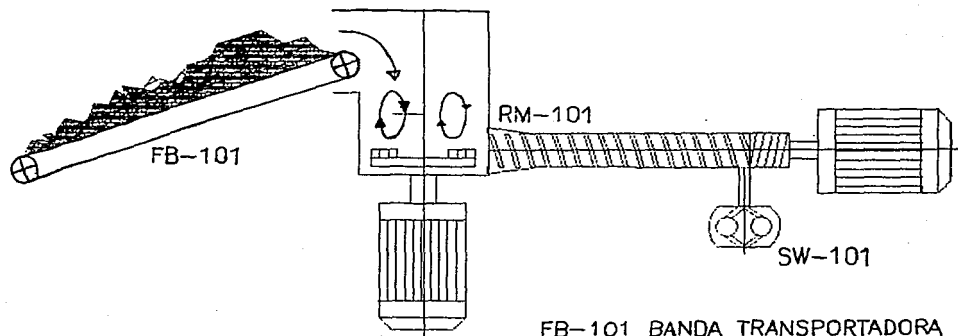
Etapa de Lavado:

La etapa de lavado es necesaria para asegurar propiedades adecuadas del producto final, el equipo utilizado para la realización de esta etapa es un tanque con agitación ya que permite trabajar con altas capacidades de producción.

# PROCESO DE EXTRUSION



# PLANTA DE RECICLADO GRANULACION POR CORTE EN CALIENTE



FB-101 BANDA TRANSPORTADORA  
RM-101 AGLOMERADOR-EXTRUSOR  
SW-101 CAMBIADOR DE FILTROS.



En el tanque FA-101 se lleva a cabo la limpieza del polipropileno y trabaja con agua como medio de lavado y se adiciona un agente tensoactivo como detergente para la eliminación de contaminantes tales como mugre, lodo etc.

El funcionamiento de este equipo es el siguiente: se alimentan los residuos plásticos de polipropileno, el agua y el detergente al tanque cilíndrico vertical, el cual está constituido por agitadores montados sobre un eje vertical, la agitación tiene la función de aumentar la eficiencia de la operación de lavado porque hace que el agua con el detergente entre en contacto con la mayor parte de la superficie sucia del plástico.

Terminado este paso que toma en promedio 20 minutos, se procede al drenado de la solución para lo cual el cilindro cuenta con un fondo falso que funciona como un filtro separando de esta forma el polipropileno del agua. En caso de ser necesario se procede a un segundo lavado.

#### Etapa de secado

La mayor parte del agua que está en contacto con los residuos plásticos del polipropileno se elimina en el drenado, pero los materiales quedan aún con humedad para ser alimentados al equipo principal, por lo que se tiene un secado antes de alimentar al material al proceso.

El equipo usado es el secador horizontal BA-101 de transportador de criba. Su funcionamiento se basa en el soplado de aire caliente a través de un lecho de material mojado, el polipropileno es transportado sobre un manto horizontal perforado o de mallas mientras se hace pasar aire caliente en sentido ascendente.

El secador consta de un ventilador y de varios serpentines colocados en serie que constituyen una cubierta o tunel, a través del cual se mueve la malla transportadora. El aire se expulsa continuamente por el ventilador de escape.

#### Etapa de Alimentación

En la banda transportadora FB-101 se colocan los desechos de polipropileno limpio y seco, con una humedad del 4%, la alimentación del polipropileno se efectúa automáticamente en la banda transportadora FB-101, depositando el material en el aglomerador AG-101.

En esta etapa del proceso no es necesario que el personal de operación dosifique el material sobre la banda, debido a que el amperaje del triturador del aglomerador AG-101 se encuentra relacionado con el motor de banda de alimentación, y regula la entrada del material en el aglomerador AG-101.

#### Etapa de trituración

Esta etapa es la más importante del proceso porque la calidad del producto final depende del tratamiento que se le da al material. El polipropileno es alimentado en el aglomerador AG-101, mediante la banda transportadora FB-101: el material es continuamente triturado mezclado y precompactado en una sola fase de operación, mediante cuatro cuchillas rotatorias del aglomerador AG-101.

El movimiento rotatorio de las cuchillas, hace tener fricciones continuas entre el polipropileno y el equipo, logrando que se genere calor suficiente para que el polipropileno comience a precalentarse, precompactarse y plastificarse. También las cuchillas producen la fuerza necesaria para la carga directa y continua del material a la extrusora monohusillo EX-101.

## Etapa de extrusión.

El polipropileno proveniente del aglomerador AG-101 se alimenta a la cavidad del cañon de la extrusora monohusillo EX-101. Para plastificar y homogenizar al polipropileno. Como se mencionó el polipropileno entra al extrusor precalentado y precompactado , pero para que siga manteniendo su estado viscoelástico son colocadas alrededor del cañon dos zonas de calefacción. En esta etapa se tiene un gran ahorro de energía ya que el hecho de que el material entre precalentado hace que la capacidad de las zonas de calefacción sea menor.

La extrusora cuenta con un monohusillo que girará para plastificar al material, comprimirlo y forzarlo a transportarse a lo largo del cañon. La extrusión cuenta con tres etapas que son: alimentación, compresión y descarga. La alimentación del material tiene como función tomar al material y transportarlo, comprimirlo y alimentarlo a la zona de compresión.

La compresión es llamada así porque se efectúa la transición del polímero de su estado sólido a un estado viscoelástico. De esta forma el material logra estar lo suficientemente viscoso y deformable para que se mezcle homogéneamente y se transporte a la zona de descarga.

La zona de descarga mantiene el estado viscoelástico del material y termina por homogenizarlo para enviarlo a la zona de filtrado a una presión constante.

Dependiendo del tipo de material con el que se trabaje serán la características del husillo, ya que cada polímero requiere de diferentes esfuerzos para su plastificación. De hecho cada husillo se diseña para trabajar con un tipo particular de materiales. Por otro lado, el dado es el que define la forma final del material.

## Etapa de Filtración

La etapa de filtrado sirve para aumentar la presión del material, homogenizar y filtrar cualquier impureza que hubiera llegado a esta parte del proceso.

El polipropileno compactado, homogenizado y plastificado proveniente de la etapa de extrusión, tiene que ser filtrado en el cambiador automático de filtros SW-101, este equipo cuenta con diferentes tamaños de malla que se utilizarán dependiendo del grado de filtración requerido.

El cambiador de filtros tiene dos pistones deslizantes en forma de cilindros, tanto los pistones como todo el material están hechos de materiales extremadamente duros y pueden trabajar sin desgaste alguno.

El material plastificado pasa a través de las vías de admisión del filtro. Si se produce una elevación en la presión, uno de los pistones se desplaza hacia arriba, en posición para autolimpiarse, después recupera su nivel de presión de trabajo y regresa a su posición de filtración.

Los pistones deslizantes se elevan y bajan hasta la posición requerida por medio de cilindros hidráulicos.

## Etapa de pelletizado

Después que el material ha sido filtrado pasa por la cabeza del pelletizador HG-101, el polipropileno caliente entra al pelletizador, que es una placa rompedora circular con 24 orificios por donde sale el polipropileno en forma de hilos, los cuales son cortados tangencialmente por dos cuchillas obteniendo pellets cilíndricos de aprox. 3 mm de diámetro y una longitud entre 7 y 8 mm.

## Etapa de enfriamiento

Los pellets caen en un tanque cilíndrico horizontal, por el que fluye agua limpia en dirección tangencial a la de los pellets logrando que se enfríe el polipropileno. Se usa una bomba para hacer fluir la cantidad mínima de agua para que se forme una mezcla agua-pellets la cual pueda fluir a un intercambiador de calor de tubos concéntricos, por cuya coraza circula agua de enfriamiento y por el tubo interior y a contracorriente la mezcla agua-pellets, la cual se enfría.

## Etapa de secado

En la etapa de secado la mezcla agua-pellets fríos entran a una criba la cual está vibrando, el exceso de agua se separa de los pellets y escurre a un tanque donde el agua se almacena y se recircula al tanque cilíndrico horizontal. Los pellets son transportados a la centrifuga CE-101, para secarlos.

## Etapa de ensacado

Los pellets se transportan a una estación ensacadora ZS-101 con la ayuda de un ciclón que proporciona la potencia necesaria a los pellets para poder ser transportado por tubería y llegar al silo, para que el polipropileno reciclado sea empacado.

La estación cuenta con una llave de paso para poder alimentar los pellets en sacos de 25 Kg.

#### 4.7 LISTA DE EQUIPO DE PROCESO

A continuación se muestra en la tabla 4.2 la lista de equipo del proceso de extrusión.

Tabla 4.2 LISTA DE EQUIPO

CLAVE	EQUIPO
FA-101	TANQUE DE LAVADO
BA-101	SECADOR HORIZONTAL
FB-101	BANDA TRANSPORTADORA
AG-101	AGLOMERADOR
EX-101	EXTRUSORA MONOHUSILLO
SW-101	CAMBIADOR AUTOMATICO DE FILTRO
HG-101	PELLETIZADOR
GS-101	TANQUE-CRIBA SEPARADOR DE AGUA
CE-101	CENTRIFUGA
ZS-101	ESTACION DE ENSACADO

#### 4.8 ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

##### TANQUE DE LAVADO FA-101

Capacidad 3 m<sup>3</sup>

Motor de agitación con potencia de 3 HP

Agitadores montados sobre el eje vertical

Material de construcción: acero inoxidable 304

Característica: fondo falso

Material de manejo: polipropileno, agua y jabón

Condiciones de operación: P y T ambiente

## SECADOR HORIZONTAL DE TRANSPORTADOR DE CRIBA BA-101

Capacidad: 300-350 Kg/hr

Longitud: 5 metros

Diámetro: 1 metro

Potencia: 3 HP

Profundidad del lecho: 3 pulgadas

Material que maneja: aire

Material de construcción: acero inoxidable 304

## BANDA TRANSPORTADORA FB-101

Capacidad: 300-350 Kg/hr

Longitud: 6 metros

Ancho: 1.5 metros

Potencia motor: 0.55 Kw

Material que maneja: polipropileno

Materiales de construcción: acero y plástico

Condiciones de operación: P y T ambientes

## AGLOMERADOR AG-101

Capacidad: 300-350 Kg/hr

Diámetro tambor triturador: 1 metro

Potencia motor triturador: 37 Kw

Material que maneja: polipropileno

Característica: cuenta con 4 cuchillas en el fondo

Material de construcción: acero inoxidable

Condiciones de operación: P entre 0 y 500 bar y T 110<sup>o</sup>F

#### EXTRUSORA MONOHUSILLO EX-101

Capacidad: 300-350 Kg/hr

Diámetro husillo extrusor: 95/80 mm

Longitud efectiva de husillo: 1.2 metros

Potencia motor husillo extrusor: 45 Kw

RPM husillo aproximado: 1600 rpm

Zonas calefacción cilindro: 2, capacidad de 12 Kw.

Material que maneja: polipropileno plastificado

Material de construcción: Acero inoxidable

Condiciones de operación: P entre 0 y 500 bar y T 400°C

Condiciones máximas de operación: P 500 bar y T 450°C

#### CAMBIADOR AUTOMATICO DE FILTROS SW-101

Capacidad: 300-350 Kg/hr

Diámetro filtro: 104/104 mm

Superficie filtro: 340 cm<sup>2</sup>

Capacidad calefactora: 4 x 2 Kw

Material manejado: polipropileno plastificado

Material de construcción: acero inoxidable

Condiciones de operación: P entre 0 y 350 bar y T 400°C

Condiciones máximas de operación : P 400 bar T 450°C

#### PELETTIZADOR HG-101

Capacidad: 300-350 Kg/hr

Característica: Placa con 24 orificios de 2.5 mm.

Número de cuchillas: 2

Velocidad de corte: 700-5000 rpm

Potencia motor: 1.5 Kw

Capacidad calefactora: 2 Kw

Material manejado: polipropileno plastificado

Material de construcción: acero inoxidable

Consumo de Agua: 2 lt/kg de pellet

Condiciones de operación: P y T ambiente:



## TANQUE-CRIBA SEPARADOR DE AGUA GS-101

Capacidad: 300-350 Kg/hr

Dimensiones criba: 1.4 m x 0.3 m

Característica: con bomba de recirculación de 1.1 Kw

Material de construcción: acero inoxidable

Condiciones de operación: T y P ambiente

## CENTRIFUGA CE-101

Capacidad: 300-350 Kg/hr

Dimensiones de criba: criba de 350 x 300 mm

Potencia motor: 2.2 Kw

Material manejado: pellets de polipropileno.

Característica: Capacidad centrífuga de pellets 8 m de distancia y dos curvas.

Condiciones de operación: T y P ambiente

## ESTACION DE ENSACADO ZS-101

Capacidad: 300-350 Kg/hr

Característica: tubo de conducción de 5.5 m y 2 codos de 90°, con una llave de paso.

Apertura llave de paso: 0-160 mm

Altura de descarga: máxima 1.82 m

mínima 1.32 m

Material que maneja: pellets de polipropileno

Material de construcción: acero inoxidable 720 L

Condiciones de operación: P y T ambiente

#### 4.9 BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

##### TANQUE DE LAVADO FA-101

Material	Entrada	Salida
PP	300 Kg/hr	300 Kg/hr
		Humedad 0.005
Agua	500 Kg/hr	473 Kg/hr

##### SECADOR HORIZONTAL DE TRANSPORTADOR DE CRIBA BA-101

###### BALANCE DE MATERIA

Material	Entrada	Salida
PP	300 Kg/hr	300 Kg/hr
	Humedad 0.005	Humedad 0.001
Aire	1011 Kg/hr	1011 Kg/hr
	Humedad 0.01	Humedad 0.025

###### BALANCE DE ENERGIA

PP	$T_e = 20^{\circ}\text{C}$	$T_s = 25^{\circ}\text{C}$
	AH = 45755 J/Kg	AH = 47956 J/Kg
Aire	AH = 121264 J/Kg	AH = 120646 J/Kg

##### BANDA TRANSPORTADORA FB-101

Material	Entrada	Salida
PP	300 Kg/hr	300 Kg/hr

##### AGLOMERADOR AG-101

Material	Entrada	Salida
PP	300 Kg/hr	300 Kg/hr

**EXTRUSORA MONOHUSILLO EX-101**

Material	Entrada	Salida
PP	300 Kg/hr	300 Kg/hr

**CAMBIADOR AUTOMATICO DE FILTROS SW-101**

Material	Entrada	Salida
PP	300 Kg/hr	300 Kg/hr

**PELLETIZADOR HG-101**

Material	Entrada	Salida
PP	300 Kg/hr	300 Kg/hr
Agua	2 l/Kg	2 l/Kg

**TANQUE CRIBA SEPARADOR DE AGUA GS-101**

MATERIAL	ENTRADA	SALIDA
PP	300 Kg/hr	300 Kg/hr
	HUMEDAD = 0.001	HUMEDAD = 0.002

**CENTRIFUGA CE-101**

Material	Entrada	Salida
PP	300 Kg/hr	300 Kg/hr

**ESTACION DE ENSACADAO**

Material	Entrada	Salida
PP	300 Kg/hr	300 Kg/hr

#### 4.10 CAPACIDAD DE LA PLANTA

Actualmente en México no existe una planta de reciclado de polipropileno que ofrezca un producto con calidad parecida al plástico virgen. Existen pequeños procesadores de plásticos reciclados, cuya capacidad es reducida y la calidad del producto es baja.

El consumo aparente de polipropileno en México se muestra en la tabla 3.9, la planta nacional operó en 1993 al 64% de su capacidad de 250 000 ton/año, el consumo aparente fue de 196 000 ton/año, lo que significa que se importaron 36 000 ton/año.

Entre las aplicaciones directas del polipropileno reciclado se encuentra la fabricación de raffia: de acuerdo a la tabla 3.12 representa un consumo total, en 1992 de 3250 ton/mes, y para la zona céntrica del país de 1110 ton/mes.

También el polipropileno reciclado se utiliza en empaque y envase, esto representa el 25% de la producción total, como se muestra en la tabla 3.16. El polipropileno reciclado también se puede utilizar en moldeo, tubería, película, contenedores, uso general. Estos productos tienen una tendencia estable y positiva, excepto para la raffia que tiene una tendencia negativa, como lo muestra la tabla 3.17.

En cuanto a la materia prima de acuerdo a la tabla 3.26 y esquema 3.1, en 1992 muestra que 13 371 ton/año de polipropileno se recuperan y son usadas como materia prima.

De acuerdo con el estudio de basura para el año 2000 se producirán 25 000 ton/día, de las cuales según la tabla 3.30 20 739 ton/día pueden ser reciclables, y al plástico le corresponden 4.4%, lo que representan 916 ton/día.

De las 916 ton/día de material reciclable, de acuerdo a la tabla 3.26, el 10% de los plásticos recuperables es polipropileno y suponiendo que para el año 2000 se mantenga esta relación, en la basura se tendrán alrededor de 91.6 ton/día de polipropileno reciclable en el año 2000. Toda la información de plástico, es sin considerar la contribución de los desechos producidos por la industria.

Para 1992, de acuerdo a la tabla 3.26 se tienen 13 371 ton/año de polipropileno recuperado, lo que corresponden a 40.5 ton/día, sin contar los desechos de la industria, lo cual indica que se tiene materia prima suficiente.

Por esto y por todo lo anterior se elige una producción de equipo de 300 Kg/hr, que de acuerdo a las bases de diseño representan una producción de 4.8 ton/día, siendo menos del 10% del mercado potencial y con el factor de servicio de 0.916 corresponde a una producción de 1 585 ton/año.

Esta capacidad de producción es pequeña si la comparamos con el mercado potencial, y la disposición de materia primas, pero se planea esta producción debido a que se pretende asegurar el mercado para el material reciclado. El equipo de proceso tiene una capacidad de producción de 300 a 350 Kg/hr.

#### 4.11 LOCALIZACION DE LA PLANTA.

En la localización de la planta deben de considerarse fundamentalmente factores tales como la disponibilidad de materias primas y cercanía del mercado, lo que significa que los costos de producción y distribución sean mínimos. También otros factores que se deben de analizar, son: facilidad de transporte, suministro de agua para uso industrial, disponibilidad de energía eléctrica, disponibilidad de mano de obra, servicios públicos.

Por disposición gubernamental tanto en el área metropolitana como en el Distrito Federal no se permite la instalación y operación de nuevas plantas químicas.

Se procederá a continuación a evaluar algunas ciudades que se presentan como opciones para instalar la planta, estas son:

- 1) Parque Industrial de Guadalajara.
- 2) Parque Industrial de San Luis Potosí.
- 3) Parque Industrial de Querétaro.
- 4) Tlaxcala, Hidalgo, Puebla

Estas ciudades se eligieron porque presentan las siguientes opciones.

En cuanto al mercado y las materias primas, tienen cercanía a los centros de consumo y distribución, debido a la ubicación de centros de acopio de desechos de polipropileno y plantas de plásticos a las cuales se les compran desechos plásticos. También están próximos los mercados finales de consumo. La elección de estas opciones significa que los costos de producción por efecto de las materias primas y los de distribución por la cercanía de mercados finales sean mínimos.

Referente a la mano de obra, los costos de mano de obra están uniformándose en la mayor parte del país, pero en la zona centro son un poco menores.

En cuanto al transporte disponible es fácil mandar pedidos a varios compradores en un mínimo de tiempo, y las tarifas por flete serían mas económicas para ellos.

En cuanto a la disposición de servicios auxiliares, tales como son agua y energía eléctrica de uso industrial, así como red de drenajes, se cuenta con una amplia infraestructura en todas las opciones.

De los aspectos evaluados, tales como la disposición de servicios auxiliares y la infraestructura de los medios de transporte, las opciones las cumplen satisfactoriamente.

En cuanto al abastecimiento de materia prima, se tiene una diferencia considerable en los desechos de polipropileno producidos en la zona centro del país, así como en las plantas que procesan este plástico.

En la tabla 3.12, se aprecia que el consumo del polipropileno grado raffia, que es una de las mayores aplicaciones del polipropileno reciclado, es de 60000 Kg/mes para Puebla, 500000 Kg/mes para Tlaxcala, y 550000 Kg/mes para el Estado de México.

La elección de la ubicación de la planta será Tlaxcala por ser un área cercana al D.F y por su disponibilidad de materias primas, contando con todos los servicios y acceso a los mercados de consumo.

#### 4.12 BASES DE DISEÑO

##### Factor de servicio

La planta operará 330 días al año, lo que equivale a un factor de servicio de 0.918. Lo anterior se debe a que la planta requiere mínimo mantenimiento, según información del proveedor, según la cual podría trabajar los 365 días del año las 24 horas del día.

##### Capacidad

La capacidad normal de la planta es de 300 Kg/hr, trabajando dos turnos de 8 horas, siete días a la semana, trecientos treinta días al año, lo que equivale a una producción de operación de 1584 toneladas por año.

##### Flexibilidad de operación.

La planta no seguirá operando si falta la energía eléctrica, pero si trabajará si el falla de agua, ya que la mayor parte del agua se ocupa para lavar el material y parte del agua en el proceso se recircula.

Dada la capacidad de operación de la planta, se prevé un aumento gradual de producto procesado con el objeto de satisfacer la demanda.

##### Áreas de la planta

La tabla 4.3 muestra las extensiones de áreas para la planta de reciclado de polipropileno.



Tabla 4.3 Areas de la Planta

CONCEPTO	AREA M <sup>2</sup>
EQUIPO DE PROCESO	200
OFICINAS	100
BODEGA DE MATERIA PRIMA	100
BODEGA DE PRODUCTO	100
LABORATORIO	50
ZONA DE CARGA Y DESCARGA	100
ESTACIONAMIENTO	50
FUTURAS AMPLIACIONES	200
NO PREVISTOS	100
<b>TOTAL</b>	<b>1000</b>

Eliminación de desechos.

Se tendrán los siguientes tipos de drenaje:

**Aceitoso.** Se tendrá un circuito que colecte las purgas de las bombas y equipos en general, a si mismo se enviarán a una fosa preseparatora.

**Sanitario.** Se tendrá el requerido, las características de los efluentes estarán ajustados en el reglamento y normas oficiales mexicanas correspondientes, sobre equilibrio ecológico y medio ambiente.

#### Sistemas de seguridad

Los sistemas de seguridad se elaborarán de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana en vigor y el reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Se tendrá una red contra incendio, elaborándose un plano preliminar de la localización de hidrantes y monitores.

Para la protección del personal, se contará con lavabos, lentes de protección, duchas etc, según las Normas Mexicanas de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

CAPITULO V  
ESTUDIO DE  
FACTIBILIDAD ECONOMICA

## 5.1 INTRODUCCION

Para realizar el estudio de factibilidad económica se debe de efectuar una estimación del costo total del producto y de la inversión total. Esta información se utiliza posteriormente, para el análisis financiero, en el cual se determina la viabilidad del proyecto.

Para este estudio se deben de tomar en cuenta todos los costos que intervienen en la fabricación del producto, es decir costos de manufactura y gastos generales. La inversión total incluye la inversión en capital de trabajo y la inversión fija.

Para el presente análisis, se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se cuenta con el capital necesario para la construcción de la planta.

- El horizonte de planeación es de diez años. Esto se determinó ya que el período de recuperación de la inversión para una planta química es aproximadamente de cinco a siete años, además por ser el tiempo de vida fiscal de los equipos puesto que se depreciarán en en ese mismo período.

- La planta comenzará a producir durante el primer año de operación, ya que durante el año cero, será la instalación, prueba y arranque del equipo.

- El primer año trabajará al 80% de su capacidad y el segundo año al 90%. Del tercero al décimo año trabajará al 100% de su capacidad.

La estimación de costos se realizó a pesos constantes de diciembre de 1993, eliminando así las tendencias inflacionarias incidentes en el proyecto.

Esto se realizará con vistas a obtener primero una posición dentro del mercado y en los años siguientes llevar a cabo una expansión en nuestra producción.

## 5.2 INVERSION EN CAPITAL FIJO (ICF)

La inversión fija es el capital necesario para instalar el equipo de proceso con todos los auxiliares necesarios para la operación de una planta. Algunos ejemplos típicos de los costos que se incluyen bajo este concepto son: tubería, instrumentación, aislamiento, cimentación, preparación de terreno, etc. Así mismo abarca algunos costos que no están relacionados directamente con el proceso de operación, tales como edificios, oficinas administrativas, almacenes, transportes, etc.

La inversión fija será calculada mediante el método de los factores de compra que consiste en asignar a cada elemento un factor predeterminado, el cual se multiplica por el costo total del equipo. El valor de estos factores serán estimados por el método de Chilton, el cual permite ver la variación de las partes importantes del costo de la planta, de acuerdo con el criterio del estimador y con su conocimiento de la situación en particular.

Esta inversión está dada por la suma de los siguientes factores:

COSTO FISICO DE PLANTA (CFP)

- a1 Costo de equipo principal
- a2 Costo de equipo auxiliar
- a3 Costo de instalación.
- a4 Costo de tubería.
- a5 Costo de instrumentación.
- a6 Costo de instalaciones eléctricas.
- a7 Costo de aislamiento.
- a8 Costo de edificios y estructuras.
- a9 Costo de terreno.

A) COSTOS DIRECTOS DE PLANTA (CDP)

- a(1-9) COSTO FISICO DE LA PLANTA
- a10 COSTO SERVICIOS AUXILIARES

B) COSTOS INDIRECTOS DE PLANTA (CIP)

- b1 COSTOS DE INGENIERIA DE DETALLE Y CONSTRUCCION
- b2 COSTO DE VEHICULOS

C) COSTO TOTAL DE PLANTA (CTP)

- c1 COSTO DIRECTO DE PLANTA (CDP)
- c2 COSTO INDIRECTO DE PLANTA (CIP)

D) COSTOS DE PREOPERACION Y ARRANQUE

E) CONTINGENCIAS

INVERSION EN CAPITAL FIJO (ICF) = CTP + D + E

A) Costos directos de planta (CDP)

a1 Costo de equipo principal

La tabla siguiente muestra que el costo del equipo principal para la planta de reciclado de polipropileno es de: N\$ 732 697

NUM. UNID	CLAVE EQUIPO	NOMBRE DEL EQUIPO	PRECIO N\$
1	FB-101	Banda transportadora	46 040
1	RM-101	Aglomerador-extrusor	408 802
1	SW-101	Cambiador de filtros	125 862
1	HG-101	Peletizador	52 756
1	GS-101	Tanque-criba	39 636
1	GZ-101	Secadora-centrífuga de Pelet	43 086
1	ZS-101	Estación de ensacado	16 515
COSTO DE EQUIPO =			N\$ 732 697

a2 Costo de equipo complementario y auxiliar.

Se considera un equipo de lavado de residuos plásticos y un secador. Se destinará un 12% del equipo principal.

$$\text{N\$ } 732\ 697 \times 0.12 = \text{N\$ } 87\ 924$$

a3 Costo de instalación

Se considera como un 15% del costo del equipo.

$$\text{N\$ } 732\ 697 \times 0.15 = \text{N\$ } 109\ 904$$

a4 Costo de tubería

Debido a que es una planta de reciclado completa, los costos de tubería ya están incluidos en la cotización de la planta.

a5 Costo de instrumentación

Los costos de instrumentación fueron dados en la cotización de la planta y son los siguientes:

	N\$
-Sistema de control de predensificación en el triturador para procesar polipropileno.	404
-Sensor de choques del triturador.	7 212
-Indicador de presión de masa.	10 349
-Control de temperatura del agua para intercambiador de calor.	2 349

COSTO DE INSTRUMENTACION = N\$ 20 314

a6 Costo de instalaciones eléctricas

Se considera el 4% del costo del equipo.

$$N\$ 732 697 * 0.04 = N\$ 29 308$$

a7 Costo de aislamiento

Los costos de aislamiento no se consideran, porque ya están incluidos en la cotización de la planta.

a8 Costo de edificios y estructuras

Incluye edificio de proceso, bodega para producto terminado, así como para la recepción de la materia prima y oficinas. Debido a que es una planta pequeña se considerara un 20% del costo del equipo.

$$N\$ 732 697 * 0.20 = N\$ 146 539$$

a9 Costo del terreno

Considerando un terreno en Tlaxcala, con una superficie de 1000 m<sup>2</sup> y un costo de N\$ 60.00 / m<sup>2</sup>, tenemos:

$$1000 \text{ m}^2 * N\$ 60.00 / \text{m}^2 = N\$ 60 000$$

El monto total del costo físico de la planta es:

a1	Costo de equipo principal	N\$ 732 697
a2	Costo de equipo aux. y complem.	N\$ 87 924
a3	Costo de instalación	N\$ 109 904
a4	Costo de tubería	N\$ -----
a5	Costo de instrumentación	N\$ 20 314
a6	Costo de instalaciones eléctricas	N\$ 29 308
a7	Costo de aislamiento	N\$ -----
a8	Costo de edificios y estructuras	N\$ 146 639
a9	Costo de terreno	N\$ 60 000

COSTO FISICO DE PLANTA (CFP) = N\$ 1 186 686

a10 Costo de servicios auxiliares

Los costos de servicios auxiliares, están incluidos en el costo del equipo principal.

El monto total de los costos directos de planta son:

a(1-9)	Costo físico de la planta	N\$ 1 186 686
a10	Costo de servicios auxiliares	N\$ -----

COSTO DIRECTO DE PLANTA (CDP) = N\$ 1 186 686

B) Costos indirectos de planta (CIP)

b1 Costos de ingeniería de detalle y construcción

Se destinará como un 10% del costo directo de planta.

$N\$ 1\ 186\ 686 \times 0.1 = N\$ 118\ 669$

b2 Costo de vehículos

Se requieren para el abastecimiento de materia prima y distribución del producto. Se requeriran dos camiones de ocho toneladas. El costo por camión es de N\$ 105 000

$N\$ 105\ 000 \times 2 = N\$ 210\ 000$



El monto total de los costos indirectos de planta es:

b1 Costos de ingeniería y construcción	N\$ 118 669
b2 Costos de vehículos	N\$ 210 000

COSTO INDIRECTO DE PLANTA (CIP) = N\$ 328 669

C) Costo total de la planta (CTP)

c1 Costo directo de planta	N\$ 1 186 686
c2 Costo indirecto de planta	N\$ 328 669

COSTO TOTAL DE LA PLANTA (CTP) = N\$ 1 515 355

D) Costos de preoperación y arranque (CPA)

Debido a que es una planta automatizada se considerará el 5% del costo directo de la planta.

$$N\$ 1 186 686 * 0.05 = N\$ 59 334$$

E) Contingencias (CON)

Se consideran como imprevistos, factores de los costos directos no anticipados o no tomados en cuenta. Se tomarán como el 5% de los costos directos de planta.

$$N\$ 1 186 686 * 0.05 = N\$ 59 334$$

La inversión en capital fijo es:

a) Costos directos	N\$ 1 186 686
b) Costos indirectos	N\$ 328 669
c) Costos de preoperación y arranque	N\$ 59 334
d) Contingencias	N\$ 59 334

ICF = N\$ 1 634 023

### 5.3 CAPITAL DE TRABAJO (CTD)

El capital de trabajo se define como la inversión en materiales, temporales o consumibles, representando de esta manera los fondos necesarios para mantener en operación una planta, es parte de la inversión total. Al capital de trabajo lo componen los siguientes elementos.

- A) Inventario de materia prima
- B) Inventario de producto en proceso
- C) Inventario de producto terminado
- D) Cuentas por cobrar
- E) Efectivo en caja
- F) Cuentas por pagar

El capital de trabajo se calculará mediante la operación:

$$\text{CAPITAL DE TRABAJO (CTD)} = A + B + C + D + E - F$$

#### A) Inventario de materias primas

La producción normal es de 300 Kg / hr, trabajando 16 horas al día, se tiene una producción diaria de 4 800 Kg/día y a un precio de N\$ 0.50 / Kg, el costo de materia prima por día será:

$$4\ 800 \text{ Kg/día} * 0.5 \text{ N\$/Kg} = \text{N\$ } 2\ 400 / \text{ día}$$

Al costo obtenido se aumentará un 3% por concepto de desperdicios y devoluciones, por lo que el costo total de materia primas por día es de:

$$\text{N\$ } 2\ 400 * 1.03 = \text{N\$ } 2\ 472 / \text{ día}$$

El inventario de materia prima será para un mes, por lo que el costo de materia prima en inventario será de:

$$\text{N\$ } 2\ 472 * 30 = \text{N\$ } 74\ 160$$

B) Inventario de producto en proceso

El tiempo de residencia del polilpropileno en el proceso es mínimo, se considerará medio día de materia prima.

$$\text{N\$ } 2\,472 \times 0.5 = \text{N\$ } 1\,236$$

C) Inventario de producto terminado

La producción normal diaria es de 4 800 Kg / día y a un precio de N\$ 2.50 / Kg, el costo de producto terminado por día será:

$$2.5 \text{ N\$/Kg} \times 4.800 \text{ Kg/día} = \text{N\$ } 12\,000 / \text{día}$$

Se tendrá un inventario de producto terminado de una semana, por lo que el costo del inventario de producto terminado será:

$$\text{N\$ } 12\,000 \times 7 \text{ días} = \text{N\$ } 84\,000$$

D) Cuentas por cobrar

Se considerarán 30 días de producto terminado.

$$12\,000 \text{ N\$/día} \times 30 \text{ días} = \text{N\$ } 360\,000$$

E) Efectivo en caja

Sera igual a 30 días del costo de materia prima.

$$\text{N\$ } 2\,472/\text{día} \times 30 \text{ días} = \text{N\$ } 74\,160$$

F) Cuentas por pagar

Se considerarán 30 días del costo de materia prima.

$$2\,472 \text{ N\$/día} \times 30 \text{ días} = \text{N\$ } 74\,160$$

#### EL CAPITAL DE TRABAJO ES:

C1 Inventario de materias primas	N\$ 74 160
C2 Inventario de producto en proceso	N\$ 1 236
C3 Inventario de producto terminado	N\$ 84 000
C4 Cuentas por cobrar	N\$ 360 000
C5 Efectivo en caja	N\$ 74 160
C6 Cuentas por pagar	(-) N\$ 74 160

CAPITAL DE TRABAJO (CTD)

N\$ 519 396

#### 5.4 COSTO TOTAL DEL PRODUCTO (CTPR)

Son aquellos costos y gastos en que incurren las empresas al comprar o utilizar los recursos necesarios para la producción, se dividen en costos de manufactura y gastos generales. Los costos de manufactura son aquellos que están involucrados directamente con la operación o equipo en una planta de proceso. Los gastos generales constan de los gastos administrativos, gastos de ventas, gastos de investigación y desarrollo y contingencias. En general, la clasificación de los costos de producción es la siguiente:

- |                                 |                             |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1) COSTOS DE MANUFACTURA        | 2) GASTOS GENERALES         |
| A) Costos directos de operación | D) Gastos administrativos   |
| B) Costos indirectos de planta  | E) Gasto de ventas          |
| C) Costos fijos                 | F) Gastos de inv. y desarr. |
|                                 | G) Contingencias            |

Para el cálculo de los costos de manufactura y gastos generales es necesario hacer previamente un estudio administrativo, con la finalidad de proponer un esquema general de la estructura organizativa de la empresa.

Toda empresa requiere para su buen funcionamiento de gerencias y una dirección general. A continuación se propone la siguiente estructura organizativa y se explica brevemente las funciones de cada área.

**GERENCIA DE CONTROL DE CALIDAD:** Tendrá la responsabilidad de supervisar que el producto terminado cumpla con las normas establecidas de calidad aceptando o rechazando los lotes de producción. Contará con un laboratorista y un auxiliar de laboratorio.

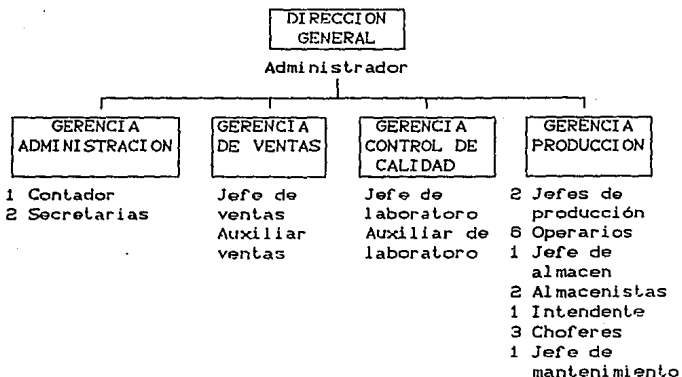
**GERENCIA ADMINISTRATIVA:** Tendrá la responsabilidad de supervisar el estado financiero, contable y económico de la empresa, esta gerencia tendrá también a su cargo todo lo relacionado con el personal de la empresa: selección, capacitación, nóminas, prestaciones, contando con un administrador, un contador y dos secretarías.

**GERENCIA DE PRODUCCION:** Tendrá a su cargo la administración de la planta y supervisará todos los aspectos involucrados con el proceso productivo. Se requerirá de dos jefes de producción, seis operarios, dos almacenistas, un intendente, un jefe de almacén, un jefe de mantenimiento y tres choferes.

**GERENCIA DE VENTAS:** Se encargará de colocar en el mercado el producto, cumpliendo con los objetivos de participación en el mercado potencial. Esta área contará con un jefe de ventas y un auxiliar de ventas.

En el esquema 5.1 muestra el organigramá de la empresa.

Esquema 5.1 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



## 5.5 COSTOS DE MANUFACTURA

### A) Costos directos de operación

#### a1 Materia prima

Se considera el costo anual de materia prima, tomando en cuenta que se trabajará 330 días al año.

$$2\,472 \text{ N\$/día} \times 330 \text{ día/año} = \text{N\$ } 815\,760 / \text{año}$$

#### a2 Costos de mano de obra directa

Para la operación de la planta se requieren los siguientes elementos:

CONCEPTO	NUMERO PERSONAS	SUELDO MENSUALC N\$	
		INDIVIDUAL	TOTAL
Jefe de producción	2	2 000	4 000
Operadores	6	1 000	6 000
Jefe de mantenimiento	1	1 200	1 200
TOTAL	10		11 200

Prestaciones (40%) N\$ 4 480

Total mensual N\$ 15 680

Total anual N\$ 188 160

Costo de mano de obra directa = N\$ 188 160

#### a3 Costo de mantenimiento

Incluye el mantenimiento preventivo y correctivo de la planta, dependiendo del tamaño y características, este costo tiene un rango del 3-10% de la inversión fija. Por ser una planta pequeña se considerara el 5%

$$\text{N\$ } 1\,634\,023 \times 0.05 = \text{N\$ } 81\,701$$

a4 Costo de materiales para mantenimiento

Estos costos son por ejemplo, lubricantes, químicos de prueba, en general los no comprendidos dentro de la materia prima y servicios auxiliares. Se considera el 15% del costo de mantenimiento.

$$\text{N\$ } 81\ 701 * 0.15 = \text{N\$ } 12\ 255$$

a5 Costo de servicios auxiliares

Se consideran los costos totales anuales de servicios tales como agua de proceso y enfriamiento, electricidad y detergente para lavar al plástico.

A continuación se presenta el cálculo de los servicios auxiliares.

Costo de energía eléctrica

UNIDADES	CONCEPTO	ENERGIA CONSUMIDA (Kw/hr)
1	Tanque del agitador	2.23
1	Secador	2.23
1	Motor banda transportadora	0.55
1	Motor del triturador	37.00
1	Motor del husillo extrusor	43.06
1	Capacidad de calefacción del aglomerador	12.00
4	Capacidad calefactora de los filtros	8.00
1	Capacidad calefactora pelletizador	2.00
1	Motor del pelletizador	1.50
1	Bomba de circulación de agua del tanque criba	1.10
1	Motor de la centrifuga	2.20
1	Motor de la estación de ensacado	1.00
		112.87 Kw/hr
	Otros servicios e iluminación	10.00 Kw/hr
	TOTAL	122.87 Kw/hr
	122.875 Kw/ hr * 16 hr/día * 330 día/ año	
	= Kw 648 780 / año	

### Costo de agua

AGUA	CONSUMO (m <sup>3</sup> )		COSTO
	hr	año	N\$/año
De proceso	0.75	3 960	5 940
De servicios generales	0.50	2 640	3 960
<b>TOTAL</b>	<b>1.25</b>	<b>6 600</b>	<b>9 900</b>

El costo unitario del m<sup>3</sup> del agua es de N\$ 1.50

### Costo de detergente

Se considerará que 0.250 Kg de detergente se utilizará para un m<sup>3</sup> de agua.

$$0.25 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 6\,600 \text{ m}^3 / \text{año}$$

$$= \text{N\$ } 1\,650 / \text{año}$$

### Tabla de Servicios Auxiliares

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL ANUAL (N\$)
Agua de proceso y servicios generales	6 600 m <sup>3</sup> / año	N\$ 1.50/m <sup>3</sup>	9 900
Electricidad	648 780 Kw/año	N\$ 0.25/KW	162 195
Detergente	1 650 Kg/año	N\$ 4.50/Kg	7 425
<b>TOTAL</b>			<b>N\$ 179 521</b>

### a6 Costos de laboratorio

En el laboratorio se revisarán las especificaciones del producto terminado y de los residuos plásticos. Además se realizarán pruebas en cuanto a innovaciones en el producto. Se estima un 15% del costo de mano de obra directa.

$$\text{N\$}188\,160 \times 0.15 = \text{N\$ } 28\,224$$



El costo directo de operación está compuesto por:

	N\$
a1 Costo de materia prima	815 760
a2 Costo de mano de obra directa	188 160
a3 Costo de mantenimiento	81 701
a4 Costo de materiales para mantenimiento	12 255
a5 Costo de insumos y servicios	179 521
a6 Costos de laboratorio	28 224

COSTO DIRECTO DE OPERACION    N\$ 1 305 621

B) Costos indirectos de planta

b1 Costo de mano de obra indirecta

CONCEPTO	NUMERO PERSONAS	SUELDO MENSUAL(N\$)	
		INDIVIDUAL	TOTAL
Jefe de Lab.	1	2 000	2 000
Auxiliar laboratorista	1	1 200	1 200
Almacenista	2	950	1 900
Jefe de almacen	1	1 200	1 200
Choferes	3	900	2 700
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>		<b>9 000</b>

Prestaciones (40%)    N\$ 3 600

Total mensual    N\$ 12 600

Total anual    N\$ 151 200

Costo de mano de obra indirecta = N\$ 151 200

Más el 50% del costo de la mano de obra directa, que corresponde a supervisión, mantenimiento y producción,

N\$ 188 160 \* 0.50 = N\$ 94 080

El total de los costos indirectos de operación es

	N\$
b1) Costo de mano de obra indirecta	151 200
b2) Otros	94 080

COSTO INDIRECTO DE PLANTA    N\$ 245 280

C) Costos fijos

c1) Seguro de planta

Este se considera como el 1% de la inversión fija.

$$\text{N\$ } 1\ 634\ 023 \times 0.01 = \text{N\$ } 16\ 340$$

c2) Impuestos locales

Se considera como el 1.2 % del costo del terreno y de las edificaciones y estructuras.

$$(\text{N\$}60\ 000 + \text{N\$ } 146\ 539) \times 0.012 = \text{N\$ } 2\ 478$$

c3) Depreciación y amortización

Los activos fijos se deprecian y los activos diferidos se amortizan, para su cálculo se considera lo siguiente:

- Disminución en línea recta.
- Valor de rescate igual a cero, para fines de cálculo, ya que no se venderá el equipo al final de su vida útil.
- 10 años de vida útil del equipo.
- El valor de las construcciones se depreciará en un período de 20 años.
- Los vehículos se depreciarán en 5 años.

La depreciación sobre activos fijos es la siguiente:

CONCEPTO	INVERSION INICIAL N\$	% DEPRC ANUAL	DEP ANUAL N\$
1) Terreno	60 000	0	0
2) Maquinaria y equipo			
a) Equipo principal	732 697	10	73 270
b) Equipo auxiliar	87 924	10	8 792
c) Tubería	0	10	0
d) Instrumentación	20 314	10	2 031
e) Aislamiento	0	10	0
3) Edificios y estructuras	146 539	5	7 327
4) Vehículos	210 000	20	42 000
5) Contingencias	59 334	10	5 933
<b>Total de depreciación</b>			<b>139 353</b>

La depreciación anual de este estudio es de: N\$ 139 353

La amortización sobre activos diferidos es la siguiente:

CONCEPTO	INVERSION INICIAL N\$	% AMORT ANUAL	AMOR. ANUAL N\$
1) Ingeniería de detalle y construcción	118 669	10	11 867
2) Preoperación y arranque	59 334	10	5 933
3) Instalación	139 212		
a) de equipo principal	109 904	10	10 990
b) de inst. eléctricas	29 308	10	2 931
<b>Total de Amortización</b>			<b>31 721</b>

La amortización anual de este estudio es de: N\$ 31 721

Los costos fijos de producción están compuestos por:

c1) Seguro de planta	N\$ 16 340
c2) Impuestos locales	N\$ 2 478
c3) Depreciación	N\$ 139 353
c4) Amortización	N\$ 31 721

**COSTOS FIJOS DE PRODUCCION = N\$ 189 892**

Sumando los terminos anteriores tendremos el monto total de los costos de manufactura.

a) Costos directos de operación	N\$ 1 305 621
b) Costos indirectos de operación	N\$ 245 280
c) Costos fijos de producción	N\$ 189 892

**COSTOS DE MANUFACTURA = N\$ 1 740 793**

## 5.6 GASTOS GENERALES

### D) Gastos administrativos

Dentro de estos gastos se consideran los salarios de ejecutivos, costos legales y de ingeniería, mantenimiento de oficinas, servicios de comunicación, etc. Los parámetros incluidos en los gastos administrativos son los sueldos de:

CONCEPTO	NUMERO PERSONAS	SUELDO MENSUAL N\$	
		INDIVIDUAL	TOTAL
Administrador	1	3 000	3 000
Contador	1	2 000	2 000
Secretaria	2	1 500	3 000
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>		<b>8 000</b>

Prestaciones (40%)	N\$ 3 200
Total mensual	N\$ 11 200
Total anual	N\$ 134 400

**TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS = N\$ 134 400**

Más un 10% de la mano de obra directa de operación  
 $N\$ 134\ 400 + (N\$ 188\ 160 \times 0.1) = N\$ 153\ 216$

### E) Gastos de ventas

Dentro de esta categoría se incluyen los salarios, suministros, comisiones, gastos de viajes para los vendedores, gastos de embarque, de publicidad y gastos por servicios técnicos de ventas. Abarca los sueldos de:

CONCEPTO	NUMERO PERSONAS	SUELDO MENSUAL N\$	
		INDIVIDUAL	TOTAL
Jefe de ventas y compras	1	2 250	2 250
Auxiliar	1	1 250	1 250
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>		<b>3 500</b>

Prestaciones (40%)	N\$ 1 400
Total mensual	N\$ 4 900
Total anual	N\$ 58 800

Más gastos de promoción que se considera un 5% de los costos directos de operación.

$$\text{N\$ } 1\ 305\ 621 * 0.05 = \text{N\$ } 65\ 281$$

Por lo tanto los gastos de ventas son:

$$\text{N\$ } 58\ 800 + \text{N\$ } 65\ 821 = \text{N\$ } 124\ 081$$

F) Gastos de investigación y desarrollo

Se consideran el 3% de las ventas totales

$$\text{N\$ } 12\ 000/\text{día} * 330 \text{ días} * 0.03 = \text{N\$ } 118\ 800$$

G) Contingencias

Se consideran factores extraordinarios o externos, tomando para este proyecto el 4% del costo directo de operación:

$$\text{N\$ } 1\ 305\ 621 * 0.04 = \text{N\$ } 52\ 225$$

El total de gastos generales es:

d) Gastos administrativos	N\$ 153 216
e) Gastos de ventas	N\$ 124 081
f) Gastos de investigación y des.	N\$ 118 800
g) Contingencias	N\$ 52 225

$$\text{GASTOS GENERALES} = \text{N\$ } 448\ 322$$

COSTO TOTAL DEL PRODUCTO

COSTOS DE MANUFACTURA N\$ 1 740 793

GASTOS GENERALES N\$ 448 322

$$\text{COSTO TOTAL DEL PRODUCTO} = \text{N\$ } 2\ 189\ 115$$

## Financiamiento

La fuente de financiamiento que se tendrá para hacer frente a la inversión será mediante un crédito bancario otorgado por un banco a través del programa PROMYP de Nacional Financiera. El monto del crédito es de N\$ 732 697, que es equivalente al costo de la planta de reciclado.

Monto del Préstamo = N\$ 732 697

C. P. P = 13.22% Diciembre de 1993

Tasa de interés = C. P. P + 6 = 19.22%

Años a pagar = 10

A continuación se presenta la tabla de Financiamiento:

AÑO	INTERES	MONTO INICIAL	AMORTIZACION DE CAPITAL	PAGO ANUAL	MONTO DE DEUDA
1	140 824	873 521	73 270	214 094	659 427
2	126 742	786 169	73 270	200 012	586 158
3	112 659	698 817	73 270	185 929	512 888
4	98 577	611 465	73 270	171 847	439 618
5	84 495	524 113	73 270	157 764	366 349
6	70 412	436 761	73 270	143 682	293 079
7	56 330	349 409	73 270	129 599	219 809
8	42 247	262 056	73 270	115 517	146 539
9	28 165	174 704	73 270	101 435	73 270
10	14 082	87 352	73 270	87 352	0

Pago de intereses = Monto de deuda \* tasa de interés

Monto inicial = Monto de deuda + pago de intereses

Amortización de C. = Monto del préstamo / años a pagar

Pago anual = Amortización + pago de interés

Monto de la deuda = Monto inicial - pago anual

## 5.7 ESTUDIO FINANCIERO

Los estados financieros son documentos que contienen la información financiera básica de cualquier empresa. Lo que se obtendrá es la rentabilidad de los recursos utilizados para el proyecto a lo largo de la vida útil del mismo, para poder tomar la decisión de aceptarlo o rechazarlo. (23)(27)(28)(29)

Los estados financieros tienen como finalidad:

- Realizar una decisión de aceptación o rechazo del proyecto.
- Establecer prioridades en la ejecución de los proyectos en función de su rentabilidad.
- Replantear los objetivos del proyecto para buscar una alternativa más rentable.

### Evaluación del proyecto

Para la evaluación económica de los proyectos industriales, existen diversos métodos que se difieren básicamente en las formas de considerar los flujos netos de efectivo, para calcular, ya sea la rentabilidad, o el tiempo de recuperación de la inversión.

Los métodos empleados en este trabajo son el método del valor presente neto, la tasa interna de retorno y el período de recuperación que se aplican directamente al flujo neto de efectivo (FNE). El flujo neto de efectivo se define como el total de ingresos menos el total de egresos. La metodología de cálculo se presenta en el apéndice B.

## Valor presente neto

El valor presente neto (VPN) es el valor que se obtiene al calcular para cada año el capital que se debe tener para obtener beneficios, mostrado por los flujos netos de efectivo que se dan en la vida del proyecto, a una tasa de descuento fija predeterminada.

$$VPN = \sum_{j=0}^n (FNE_j) / (1 + i)^j - I_0$$

## Tasa interna de recuperación

La tasa interna de recuperación (TIR) es la tasa de descuento que aplicada a los flujos netos de efectivo esperados durante la vida útil del proyecto, reduce el valor presente neto a cero, es decir la tasa de interés más alta que el inversionista podría pagar sin perder dinero. Para calcular la TIR, se prueban varias tasas de actualización hasta encontrar que el valor al cual éste se hace cero.

$$\sum_{j=0}^n (FNE_j) / (1 + TIR)^j - I_0 = 0$$

## Período de recuperación de la inversión

El período de recuperación de la inversión (PRI) es el tiempo en el cual se recupera la inversión, sin tomar en cuenta el valor del dinero en el tiempo, se calcula de la siguiente manera:

$$\sum (FNE_{acumulado}) = 0$$

- VPN = Valor presente neto
- TIR = Tasa interna de recuperación
- FNE<sub>j</sub> = Flujo neto de efectivo al año j
- I<sub>0</sub> = Inversión inicial
- j = Año cero del proyecto
- n = Años de vida útil
- i = Tasa de retorno



Tabla 5.1 COSTOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO ECONOMICO (Nº DIC 1993)

<b>COSTO DIRECTO</b>		<b>ACTIVO CIRCULANTE</b>	<b>Capital Social = 1634023</b>
Materia prima =	815760	Efect. en caja =	74180
Mano de obra dir =	188160	Cuent. por cob. =	360000
Mantenimiento =	81701	Inv. mat. prima =	74180
Mater. p/mito. =	12255	Inv. mat. pr. proc =	1236
Servicios aux =	179521	Inv. prod. term. =	84000
Laboratorio =	28224		
			<b>VENTAS</b>
			Produc. PP Kg/b = 300
			Precio N\$/Kg = 2.50
<b>COSTO INDIRECTO</b>		<b>ACTIVO FIJO</b>	Prod. ton/año = 1584
Mano obra ind. =	151200	Terrenos =	60000
Otros =	94080	Meg. y equipo =	840935
		Edif. y estruc =	146539
		Vehiculos =	210000
		Contingencias =	59334
			Ventas brutas = 3960000
<b>COSTOS FIJOS</b>		<b>ACTIVO DIFERIDO</b>	Depreciación
Seguro de planta =	18340	Ing. del. y const. =	118669
Deprec. y Amort. =	171074	Preop. y arran. =	59334
Impuestos =	2478	Costo de instal. =	139212
			Del año 1 al 5 = 139353
			Del año 6 al 10 = 97353
			Amortización = 31721
<b>GASTOS GENERALES</b>		<b>PASIVO</b>	
Administración =	153216	Pas. cor. plazo =	74160
Ventas =	124081		
Investigación =	118800		
Contingencias =	52225		

Tabla 5.2 COSTOS ANUALES DE PRODUCCION (Nº DIC 1993)

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>COSTO DIRECTO</b>											
Materia prima	0	652608	734184	815760	815760	815760	815760	815760	815760	815760	815760
Mano de obra dir.	0	188160	188160	188160	188160	188160	188160	188160	188160	188160	188160
Mantenimiento	0	81701	81701	81701	81701	81701	81701	81701	81701	81701	81701
Mater. para mtto.	0	12255	12255	12255	12255	12255	12255	12255	12255	12255	12255
Servicios aux.	0	143617	161569	179521	179521	179521	179521	179521	179521	179521	179521
Laboratorio	0	28224	28224	28224	28224	28224	28224	28224	28224	28224	28224
<b>TOTAL COS. DIRECTO</b>	<b>0</b>	<b>1106565</b>	<b>1206093</b>	<b>1305621</b>	<b>1305621</b>	<b>1305621</b>	<b>1305621</b>	<b>1305621</b>	<b>1305621</b>	<b>1305621</b>	<b>1305621</b>
<b>COSTO INDIRECTO</b>											
Mano de obra ind.	0	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200	151200
Otros	0	94080	94080	94080	94080	94080	94080	94080	94080	94080	94080
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO.</b>	<b>0</b>	<b>245280</b>	<b>245280</b>	<b>245280</b>	<b>245280</b>	<b>245280</b>	<b>245280</b>	<b>245280</b>	<b>245280</b>	<b>245280</b>	<b>245280</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>											
Seg. de planta	0	16340	16340	16340	16340	16340	16340	16340	16340	16340	16340
Deprec. y Amortia.	0	171074	171074	171074	171074	171074	129074	129074	129074	129074	129074
Impuestos locales	0	2478	2478	2478	2478	2478	2478	2478	2478	2478	2478
<b>TOTAL COSTOS FIJOS</b>	<b>0</b>	<b>189892</b>	<b>189892</b>	<b>189892</b>	<b>189892</b>	<b>189892</b>	<b>147892</b>	<b>147892</b>	<b>147892</b>	<b>147892</b>	<b>147892</b>
<b>GASTOS GENERALES</b>											
Administración	0	153216	153216	153216	153216	153216	153216	153216	153216	153216	153216
Ventas	0	99265	111673	124081	124081	124081	124081	124081	124081	124081	124081
Investigación	0	95040	106920	118800	118800	118800	118800	118800	118800	118800	118800
Contingencias	0	44263	48244	52225	52225	52225	52225	52225	52225	52225	52225
<b>TOTAL Gtos. Gerales.</b>	<b>0</b>	<b>391783</b>	<b>420053</b>	<b>448322</b>	<b>448322</b>	<b>448322</b>	<b>448322</b>	<b>448322</b>	<b>448322</b>	<b>448322</b>	<b>448322</b>
<b>COSTO ANUAL PRODUC</b>	<b>0</b>	<b>1933520</b>	<b>2061318</b>	<b>2189115</b>	<b>2189115</b>	<b>2189115</b>	<b>2147115</b>	<b>2147115</b>	<b>2147115</b>	<b>2147115</b>	<b>2147115</b>

**TABLA 5.3A PUNTO DE EQUILIBRIO.**  
**CALCULO DEL PRECIO DE VENTA (N\$/TON) (Nº DIC 1993)**

ARO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C. TOT. DE PRODUCCION	0	1541737	1641265	1740793	1740793	1740793	1698793	1698793	1698793	1698793	1698793
PRODUCCION NORMAL	0	1267	1426	1584	1584	1584	1584	1584	1584	1584	1584
PREC. DE VENTA EN EL PTO. DE EQUILIBRIO	0	1217	1151	1099	1099	1099	1072	1072	1072	1072	1072

**TABLA 5.3B PUNTO DE EQUILIBRIO.**  
**CALCULO DE LA PRODUCCION MINIMA ECONOMICA (TON/ARO)**

ARO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTOS VARIABLES	0	1351845	1451373	1550901	1550901	1550901	1550901	1550901	1550901	1550901	1550901
CAPACIDAD NORMAL	0	1267	1426	1584	1584	1584	1584	1584	1584	1584	1584
C. VARIABLE UNITARIO	0	1067	1018	979	979	979	979	979	979	979	979
PRECIO UNITARIO	0	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
COSTOS FIJOS	0	189892	189892	189892	189892	189892	147892	147892	147892	147892	147892
PRODUCCION MINIMA ECONOMICA	0	132	128	125	125	125	97	97	97	97	97

TABLA 5.4 ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA (Nº DIC 1993)

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VENTAS BRUTAS	0	3168000	3564000	3960000	3960000	3960000	3960000	3960000	3960000	3960000	3960000
PATENTES Y REGALIAS	0	31680	35640	39600	39600	39600	39600	39600	39600	39600	39600
VENTAS NETAS	0	3136320	3528360	3920400	3920400	3920400	3920400	3920400	3920400	3920400	3920400
COSTO DE MANUFACTURA											
COSTO DIR. OPERAC.	0	1106565	1206093	1305621	1305621	1305621	1305621	1305621	1305621	1305621	1305621
COSTO IND. OPERAC.	0	245280	245280	245280	245280	245280	245280	245280	245280	245280	245280
COSTOS FIJOS	0	189892	189892	189892	189892	189892	147892	147892	147892	147892	147892
COSTO TOT. DE MANUF.	0	1541737	1641265	1740793	1740793	1740793	1698793	1698793	1698793	1698793	1698793
UTILIDAD BRUTA	0	1594583	1887095	2179607	2179607	2179607	2221607	2221607	2221607	2221607	2221607
GASTOS GENERALES	0	391783	420053	448322	448322	448322	448322	448322	448322	448322	448322
UTIL. DE OPERACION	0	1202800	1467042	1731285	1731285	1731285	1773285	1773285	1773285	1773285	1773285
PAGO INT. X FINANC.	0	140824	126742	112659	98577	84495	70412	56330	42247	28165	14082
UTI. ANTES DE IMPUE.	0	1061975	1340301	1616626	1632708	1646791	1702873	1716955	1731038	1745120	1759203
IMPUESTOS I. S. R.	0	371691	469105	566519	571448	576377	596006	600934	605863	610792	615721
REPARTO UTIL. P.T.U	0	106198	134030	161863	163271	164679	170287	171696	173104	174512	175920
UTILIDAD NETA	0	584086	737165	890244	897989	905735	936580	944325	952071	959816	967561

TABLA 5.5 BALANCE GENERAL PROPORMA (Nº DIC 1993)

ARO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ACTIVOS</b>											
<b>ACT. CIRCULANTE</b>											
Efect. en caja	0	59328	66744	74160	74160	74160	74160	74160	74160	74160	74160
Cuentas x cobrar	0	288000	324000	360000	360000	360000	360000	360000	360000	360000	360000
Inventarios	0	127517	143456	159396	159396	159396	159396	159396	159396	159396	159396
mat. prima	0	59328	66744	74160	74160	74160	74160	74160	74160	74160	74160
mat. prima proc.	0	989	1112	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236
prod. terminado	0	67200	75600	84000	84000	84000	84000	84000	84000	84000	84000
<b>TOTAL ACTIVO CIRC.</b>	<b>0</b>	<b>474845</b>	<b>534200</b>	<b>593556</b>	<b>593556</b>	<b>593556</b>	<b>593556</b>	<b>593556</b>	<b>593556</b>	<b>593556</b>	<b>593556</b>
<b>ACTIVO FIJO</b>											
Terrenos	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000
Maquin. y equipo	840935	840935	840935	840935	840935	840935	840935	840935	840935	840935	840935
Edif. y estruc.	146539	146539	146539	146539	146539	146539	146539	146539	146539	146539	146539
Vehiculos	210000	210000	210000	210000	210000	210000	210000	210000	210000	210000	210000
Contingencias	59334	59334	59334	59334	59334	59334	59334	59334	59334	59334	59334
Deprec. acumul.	0	139353	278706	418059	557412	696765	794118	891471	988824	1086177	1183530
<b>TOTAL ACT. FIJO</b>	<b>1316808</b>	<b>1177455</b>	<b>1038102</b>	<b>898749</b>	<b>759396</b>	<b>620043</b>	<b>522690</b>	<b>425337</b>	<b>327984</b>	<b>230631</b>	<b>133278</b>
<b>ACTIVO DIFERIDO</b>											
Ingenieria + constr	118669	118669	118669	118669	118669	118669	118669	118669	118669	118669	118669
Preop. arranque	59334	59334	59334	59334	59334	59334	59334	59334	59334	59334	59334
Costos de instalac.	139212	139212	139212	139212	139212	139212	139212	139212	139212	139212	139212
Amortizacion acum.	0	31721	63442	95163	126884	158605	190326	222047	253768	285489	317210
<b>TOTAL ACT. DIFERIDO</b>	<b>317215</b>	<b>285494</b>	<b>253773</b>	<b>222052</b>	<b>190331</b>	<b>158610</b>	<b>126889</b>	<b>95168</b>	<b>63447</b>	<b>31726</b>	<b>5</b>
<b>TOTAL ACTIVOS</b>	<b>1634023</b>	<b>1937794</b>	<b>1826075</b>	<b>1714357</b>	<b>1543283</b>	<b>1372209</b>	<b>1243135</b>	<b>1114061</b>	<b>904987</b>	<b>855913</b>	<b>726839</b>
<b>EXCESO EN CAJA</b>	<b>0</b>	<b>1213165</b>	<b>1982113</b>	<b>2904139</b>	<b>3885850</b>	<b>4875307</b>	<b>5853609</b>	<b>6839656</b>	<b>7833449</b>	<b>8834987</b>	<b>9844270</b>
<b>ACT. NETO TOTAL</b>	<b>1634023</b>	<b>3150959</b>	<b>3808188</b>	<b>4618496</b>	<b>5429133</b>	<b>6247516</b>	<b>7096744</b>	<b>7953717</b>	<b>8818436</b>	<b>9690900</b>	<b>10571109</b>
<b>PASIVOS</b>											
Pas. corto plazo	0	59328	66744	74160	74160	74160	74160	74160	74160	74160	74160
Pas. largo plazo	0	873521	786169	698817	611465	524113	436761	349409	262056	174704	87352
<b>TOTAL PASIVO</b>	<b>0</b>	<b>932849</b>	<b>852913</b>	<b>772977</b>	<b>665625</b>	<b>598273</b>	<b>510921</b>	<b>423569</b>	<b>336216</b>	<b>248864</b>	<b>161512</b>
<b>CAPITAL SOCIAL</b>	<b>1634023</b>	<b>1634023</b>	<b>1634023</b>	<b>1634023</b>	<b>1634023</b>	<b>1634023</b>	<b>1634023</b>	<b>1634023</b>	<b>1634023</b>	<b>1634023</b>	<b>1634023</b>
<b>UTIL. DEL EJERC.</b>	<b>0</b>	<b>584086</b>	<b>737185</b>	<b>890244</b>	<b>897989</b>	<b>905735</b>	<b>936580</b>	<b>944325</b>	<b>952071</b>	<b>959816</b>	<b>967561</b>
<b>UTIL. ACUMULADA</b>	<b>0</b>	<b>584086</b>	<b>1321252</b>	<b>2211496</b>	<b>3109485</b>	<b>4015220</b>	<b>4951800</b>	<b>5896126</b>	<b>6848197</b>	<b>7808013</b>	<b>8775574</b>
<b>CAPITAL CONT.</b>	<b>1634023</b>	<b>2218109</b>	<b>2955275</b>	<b>3845519</b>	<b>4743508</b>	<b>5649243</b>	<b>6585823</b>	<b>7530149</b>	<b>8482220</b>	<b>9442036</b>	<b>10409597</b>
<b>PAS. +CAP. CONT.</b>	<b>1634023</b>	<b>3150959</b>	<b>3808188</b>	<b>4618496</b>	<b>5429133</b>	<b>6247516</b>	<b>7096744</b>	<b>7953717</b>	<b>8818436</b>	<b>9690900</b>	<b>10571109</b>

TABLA 5.6 FLUJOS NETOS DE EFECTIVO (N\$ DIC.1993)

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UTILIDAD NETA	0	584086	737165	890244	897989	905735	936580	944325	952071	959816	967561
DEPREC. + AMORT.	0	171074	171074	171074	171074	171074	129074	129074	129074	129074	129074
EFECTIVO GENERADO	0	755160	908239	1061318	1069063	1076809	1065654	1073399	1081145	1088890	1096635
APORT. DE CAPITAL	1634023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE INGRESOS	1634023	755160	908239	1061318	1069063	1076809	1065654	1073399	1081145	1088890	1096635
INVERSI. CAP. FIJO	1634023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AMORTIZ. DE CAPITAL	0	73270	73270	73270	73270	73270	73270	73270	73270	73270	73270
CAP.TRAB. INCREM.	0	415517	51940	51940	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE EGRESOS	1634023	488787	125209	125209	73270	73270	73270	73270	73270	73270	73270
RECUPERACIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73269
FLUJO NETO EFECT.	-1634023	266374	783030	936109	995794	1003539	892384	1000130	1007875	1015620	1096635
FLUJO NETO acum.	-1634023	-1367649	-584619	351490	1347284	2350823	3343207	4343337	5351212	6366832	7463467
V.P.N. anual	-1634023	223431	550909	552432	492916	416667	345609	292154	246953	208732	189047
INDICE DE RENT.	0.00%	35.75%	45.11%	54.48%	54.96%	55.43%	57.32%	57.79%	58.27%	58.74%	59.21%

## 5.8 ESTUDIO DE SENSIBILIDAD

Para cuantificar el riesgo que se corre al invertir en algún proyecto es necesario realizar un análisis de sensibilidad, determinando que factores en mayor o menor medida afectan al proyecto.

Al seleccionar a los factores a modificar se procede a determinar los posibles porcentajes de cambio completando el análisis de cada uno de los factores, los resultados del análisis de sensibilidad se presentan en forma tabular y en forma gráfica.

Los factores elegidos serán referidos a los métodos de:

- Valor presente neto
- Tasa interna de retorno
- Período de recuperación de la inversión.

A continuación se presentan los flujos netos de efectivo para cada año, para calcular: VPN, TIR y PRI.

Año	Flujo de efectivo	VPN anual
0	- 1 634 023	- 1 634 023
1	266 374	223 431
2	783 030	550 909
3	936 109	552 432
4	995 794	492 916
5	1 003 539	416 667
6	992 384	345 809
7	1 000 130	292 154
8	1 007 875	246 953
9	1 015 620	208 732
10	1 096 635	189 047

V.P.N. (N\$) = 1884828

T.I.R. (%) = 42.72

P.R.I. (años) = 2.62

Para realizar el análisis de sensibilidad los factores que serán variados son: costo de materia prima, precio de venta, capacidad de producción, costo de mano de obra directa e indirecta, inventario en el capital de trabajo, costo del equipo principal.

Variación en el costo de materia prima

Variación(%)	VPNC(\$)	TIRC(%)	PRC(años)
- 20	2 294 775	47.65	2.32
- 10	2 089 802	45.19	2.46
0	1 884 828	42.72	2.62
10	1 679 854	40.24	2.80
20	1 474 880	37.76	3.00

Variación en el precio de venta del producto

Variación(%)	VPNC(\$)	TIRC(%)	PRC(años)
- 20	2 009 203	44.71	2.48
- 10	1 947 086	43.71	2.55
0	1 884 828	42.72	2.62
10	1 822 852	41.75	2.70
20	1 760 734	40.80	2.77

Variación en la capacidad de producción

Variación(%)	VPNC(\$)	TIRC(%)	PRC(años)
- 20	2 419 010	49.71	2.20
- 10	1 606 848	36.78	3.16
0	1 884 828	42.72	2.62
10	1 617 736	39.29	2.88
20	1 350 646	35.91	3.17



Variación en el costo de mano de obra directa e indirecta

Variación(%)	VPNC(N\$)	TIRC(%)	PRIC(años)
- 20	2 121 353	45.61	2.44
- 10	2 002 877	44.16	2.53
0	1 884 828	42.72	2.62
10	1 766 565	41.28	2.72
20	1 648 303	39.83	2.83

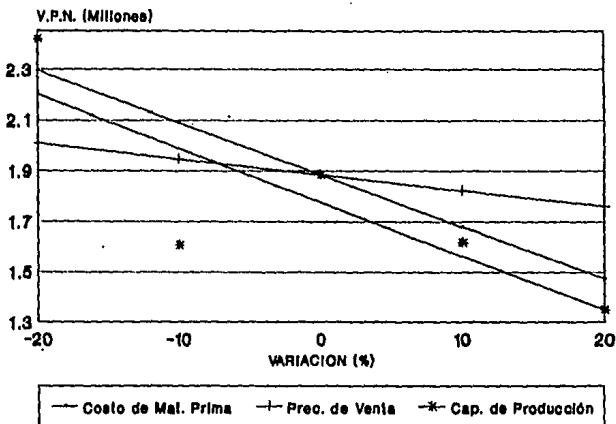
Variación en el inventario del capital de trabajo

Variación(%)	VPNC(N\$)	TIRC(%)	PRIC(años)
- 20	1 967 972	44.30	2.50
- 10	1 926 400	43.50	2.56
0	1 884 828	42.72	2.62
10	1 843 255	41.95	2.69
20	1 801 683	41.20	2.75

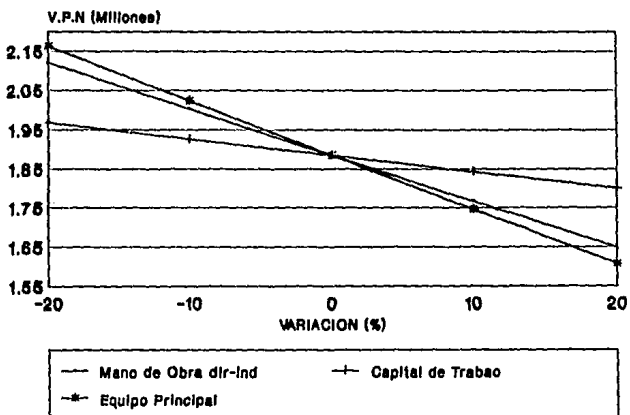
Variación en el costo del equipo principal

Variación(%)	VPNC(N\$)	TIRC(%)	PRIC(años)
- 20	2 162 436	49.85	2.24
- 10	2 023 704	46.04	2.43
0	1 884 828	42.72	2.62
10	1 746 023	39.80	2.82
20	1 607 056	37.21	3.01

## VALOR PRESENTE NETO Estudio de Sensibilidad

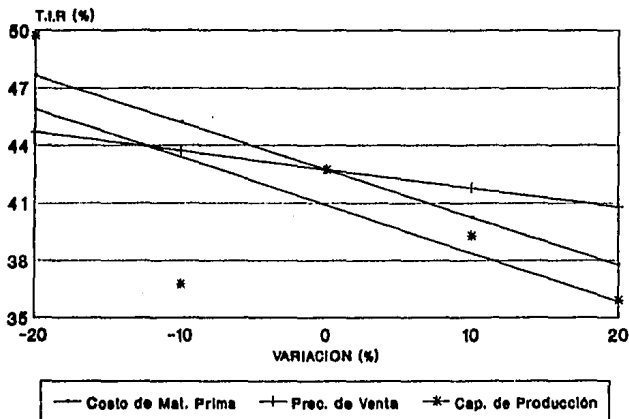


## VALOR PRESENTE NETO Estudio de Sensibilidad



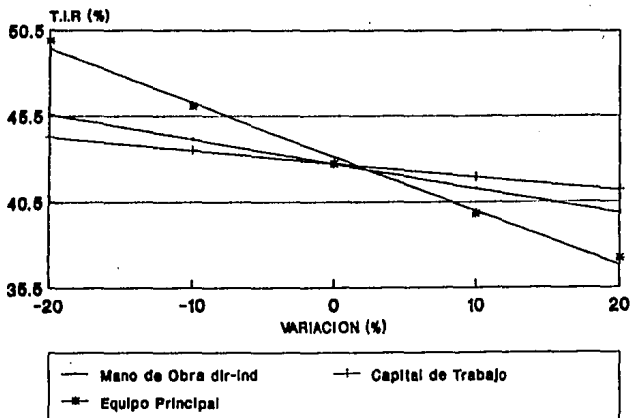
# TASA INTERNA DE RETORNO

## Estudio de Sensibilidad



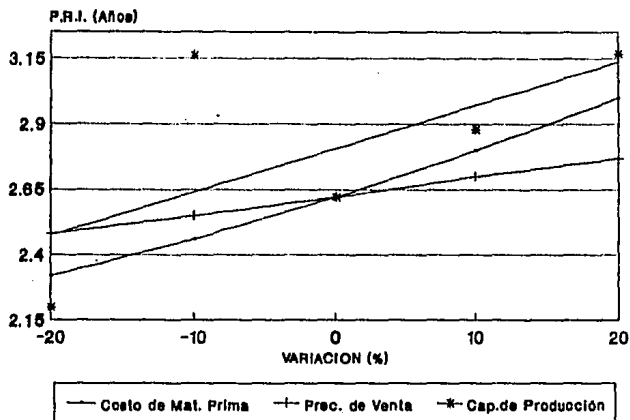
# TASA INTERNA DE RETORNO

## Estudio de Sensibilidad



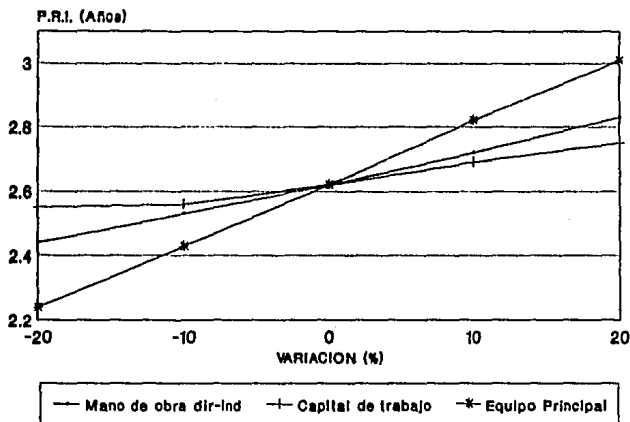
## PERIODO DE REC. DE LA INVERSION

### Estudio de Sensibilidad



## PERIODO DE REC. DE LA INVERSION

### Estudio de Sensibilidad



CAPITULO VI  
CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES

## Conclusiones

La generación de basura en el D.F. y Zona Metropolitana se ha vuelto un problema que no sólo debe ser solucionado por el Gobierno de la Ciudad, si no que también se requiere de la participación ciudadana.

Gran parte de la basura que se encuentra en los tiraderos está constituida por materia orgánica y plásticos, siendo los más comunes el polietilentereftalato, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo, polietileno de alta y baja densidad, debido a su uso en artículos que se consumen en gran escala.

El mejor camino para el aprovechamiento máximo de los residuos es su reincorporación al proceso productivo. El reciclado de papel, plásticos, metales y cartón es una alternativa viable y económicamente factible para ir desahogando el problema de la basura y de la contaminación.

Se tiene una gran potencial de reciclado para los plásticos, debido al gran avance de la tecnología en este campo, pero en México no existe un uso generalizado del reciclado con una alta tecnología para procesar estos materiales, no pudiendo competir con los plásticos reciclados en otros países.

Habiendo concluido los cálculos técnico económicos que implican el desarrollo del presente trabajo, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

El proyecto resulta ser tecnológicamente factible de acuerdo a los siguientes puntos:

Implica la agrupación de métodos de proceso ya probados en diversas instalaciones lo cual nos asegura su funcionamiento, para la obtención de un material de buena calidad.

Se obtiene el polipropileno en un proceso continuo, en una planta automatizada, con estricto control en la temperatura y presión, obteniendo así una buena calidad en el producto final.

El proceso propuesto tiene la flexibilidad suficiente para que en el caso de alguna emergencia, el equipo opere con paro automático.

La disposición del equipo propuesto está disponible para aumentar la producción de 300 a 350 Kg/h, además de que el equipo puede operar las 24 h del día y los 365 días del año, con costos bajos de mantenimiento y servicios auxiliares.

La planta propuesta en este proyecto sirve para reciclar cualquier grado de polipropileno, además tiene la opción para procesar otros materiales plásticos como PET, poliestireno, cambiando el extrusor monohusillo.

La producción de polipropileno reciclado no presenta la problemática de ser una empresa contaminante, ya que no obtiene subproductos, y sólo se desechan agua y jabón utilizados para lavar la materia prima.

El proyecto resulta ser económicamente factible de acuerdo a los siguientes puntos:

La materia prima, a partir de la cual se obtiene el producto, es material de desechos industriales y de los desechos separados del plástico de la basura, lo cual implica que no habría problemas de abasto; otra ventaja adicional es que la materia prima tiene un bajo costo.

El precio ofrecido para la venta del producto es 12% menor que el del material virgen. Podemos decir que se tiene el control del precio para el polipropileno reciclado, ya que las pequeñas industrias no ofrecen un producto reciclado de buena calidad.

La inversión en capital fijo de la planta es de N\$ 1 634 023 y la inversión en capital de trabajo de N\$ 519 396, de los cuales N\$ 732 697 serán cubiertos a través de un financiamiento solicitado a Nacional Financiera, en conjunto con una entidad de fomento o un banco.

Como medida de la rentabilidad del proyecto, se calculó el valor presente neto considerando un horizonte de planeación de 10 años. Como resultado de este análisis se obtuvo un valor presente neto (VPN) de 1 884 828 a los 10 años, con una tasa interna de retorno de 42.72%, siendo mayor que la rentabilidad que ofrecen otras instituciones y un período de recuperación de la inversión de 2.62 años.



Del análisis de sensibilidad podemos presentar a manera de resumen lo siguiente:

<u>Variable</u>	<u>Grado de sensibilidad</u>
Costo de materia prima	Regular
Precio de venta del producto	Alto
Volumen de producción	Alto
Costo de mano de obra	Regular
Inventario en capital de trabajo	Regular
Equipo Principal de proceso	Regular

Como se puede observar, las variables que más afectan con su variación al proyecto son: el precio de venta, siendo este el más sensible de todos, seguido por el volumen de producción, debido a esto, se realizó el punto de equilibrio para determinar el precio de venta y la producción en donde no se tendrían ganancias ni pérdidas, manteniendo constante la producción se tiene un precio de N\$ 1 217 / ton, para el primer año, N\$ 1 151 / ton, para el segundo año y del año tercero en adelante se tiene un precio de N\$ 1 099 y N\$ 1072 por tonelada, manteniendo el precio fijo se tiene una producción para el primero y segundo año de 132 ton/año y 129 ton/año respectivamente, y para los demás años de 125 ton/año y 97 ton/año.

Las variaciones de mano de obra, costo de materia prima, capital de trabajo y equipo principal, afectan regularmente al proyecto, siendo el menos sensible el capital de trabajo.

Considerando todo lo mencionado anteriormente, se podría concluir que el proyecto presenta una factibilidad técnica y económica suficientemente atractiva para desarrollar un estimado detallado.

## Recomendaciones

Actualmente debe tomarse mayor conciencia sobre el daño ecológico que causa la basura; cuando se comprende esto, se incrementa la preferencia del consumidor por productos reciclables y se clasifica la basura antes de desecharla.

Debido al valor económico de los desperdicios plásticos, se deben establecer programas para ampliar la infraestructura para el acopio y venta de estos productos por el gobierno y particulares con incentivos económicos para la población para lograr el éxito buscado.

El reciclado de plásticos en nuestro país es una actividad que se inicia, por lo que es necesario crear una conciencia ecológica tanto en los consumidores como en los empresarios, sobre todo los industriales, para promover y fomentar la recolección, el procesamiento y la reutilización de productos plásticos.

La legislación Mexicana no ha contemplado acciones tendientes al reciclado de los plásticos, sin embargo, debido a presiones políticas e internacionales se han comenzado a realizar esfuerzos, que se traducirán en un futuro no muy lejano, en la creación de normas y legislación.

El estado debería crear una legislación que obligue a los transformadores a utilizar un porcentaje de plástico reciclado en sus productos y a tener una red de recolección y separación de los material reciclables.

En nuestro país existen pequeñas empresas dedicadas al reciclado de plásticos, la gran mayoría de las cuales usa tecnologías atrasadas, obteniendo producto de una calidad inferior al plástico virgen, lo que limita su uso y ocasiona pérdidas de valor agregado de las materias primas iniciales.

Por esto, es necesario desarrollar la investigación, tanto en sistemas de tratamiento como en modificaciones y aditivos químicos del producto con el fin de mejorar la calidad y poder utilizarlo en aplicaciones con mayores exigencias, dando un valor agregado considerable.

APENDICE A  
DATOS EXPERIMENTALES

## Introducción

Para complementar éste estudio, se mandaron dos muestras de polipropileno (PP) reciclado y una de PP virgen al Instituto de Investigación de Materiales de la UNAM, para que se les realizaran pruebas mecánicas y análisis térmicos.

En este trabajo se piensa comparar las pruebas efectuadas a las dos muestras de material reciclado, con los resultados obtenidos con las pruebas realizadas al polipropileno virgen.

A continuación se dará una breve explicación de las pruebas mecánicas y térmicas. (30) (31) (32)

En las pruebas mecánicas, se efectúa la experimentación para obtener, datos de la curva de esfuerzo contra deformación, que se muestran en la gráfica siguiente, se comparán los valores obtenidos para las dos muestras de polipropileno reciclado, con los valores obtenidos del polipropileno virgen. Estos datos obtenidos sirven para que el material se seleccione para diversas aplicaciones y se puedan adecuar las propiedades del material mediante aditivos químicos.

Los análisis térmicos que se aplicaron para las tres muestras son: análisis térmico de DSC (calorimetría de exploración diferencial) que es un método rápido y preciso de medir la temperatura de transición del plástico y el perfil de fusión de termoplásticos semicristalinos, mediante el flujo de calor que entra o sale de una muestra sometida a calentamiento o enfriamiento, a partir de éste, se determina la temperatura de fusión del polímero.

El análisis térmico llamado TGA (análisis termogravimétrico), mide la pérdida de peso de una muestra que se calienta. Cada componente de ésta se volatiliza o descompone a una temperatura específica. La técnica se usa sobre todo para separar los componentes de una formulación de polímeros, según su estabilidad térmica relativa. Con ella se determinan en forma cuantitativa los niveles de humedad, extensor oleoso, plastificador, polímero, negro de carbón y relleno. También se usa para cuantificar la estabilidad térmica de un material.

#### Técnica de operación

Los resultados de las pruebas mecánicas, se obtienen mediante la siguiente técnica:

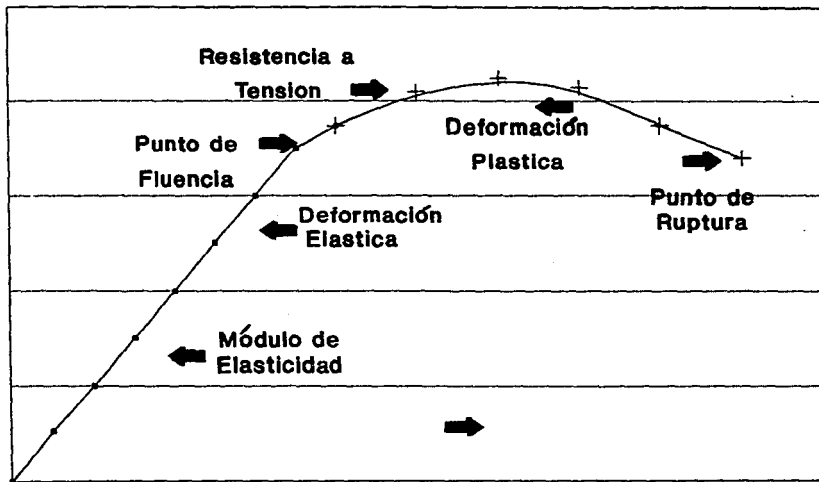
- Primero se debe de tener listo el material
- Se trabaja con un equipo de extrusión
- Teniendo listo el material y el equipo se procede a alimentar el material en la tolva del equipo, el material es extruido en el husillo y al final se le adapta un dado de placa para obtener laminados del material.
- De los laminados obtenidos se cortan probetas, de acuerdo al estandar del ASTM D-615.
- Estas probetas son introducidas en un equipo automático que realiza la pruebas mecánicas reportadas en éste trabajo

Para la obtención de los análisis térmicas se utiliza una termobalanza para obtener el análisis TGA de y una calorímetro para obtener el análisis de DSC, ha estos equipos se le introducen una pequeña muestra de material y se obtiene la gráfica del análisis térmico efectuado.

# PRUEBAS MECANICAS

## Curva Esfuerzo Deformación

Esfuerzo



Deformacion

## Resultados experimentales

Los resultados experimentales obtenidos, para las pruebas mecánicas, que corresponden a la curva de esfuerzo deformación, se reportan a continuación:

Concepto	PP virgen	PP reciclado muestra 1	PP reciclado muestra 2
Estiramiento al máximo (mm)	2.180	2.170	2.147
% de tensión al máximo (%)	14.53	14.47	14.32
Carga al máximo (KN)	0.315	0.237	0.309
Tensión al máximo (MPa)	31.18	30.12	31.79
Estiramiento a la ruptura (mm)	17.50	4.859	24.40
% de tensión a la ruptura (%)	116.6	32.40	162.6
Carga a la ruptura (KN)	0.145	0.142	0.134
Tensión a la ruptura (MPa)	14.32	17.20	13.71
Modulo de Young (MPa)	721.3	691.3	639.6
Energía al punto de ruptura (J)	3.695	.7312	5.300
Energía de tensión absorbida (N/mm)	50.92	9.318	70.46

En las siguientes gráficas se presentan los análisis de DSC y TGA, para las tres muestras de polipropileno, el DSC1 y TGA1 corresponden al PP virgen, el DSC2 y TGA2 corresponden a la primera muestra de PP reciclado y el DSC3 y TGA3 son los datos para la segunda muestra de PP reciclado.



Sample: PP RECICLADO DSC

Size: 1.0000 mg

Method: RECICLADO PLASTICO

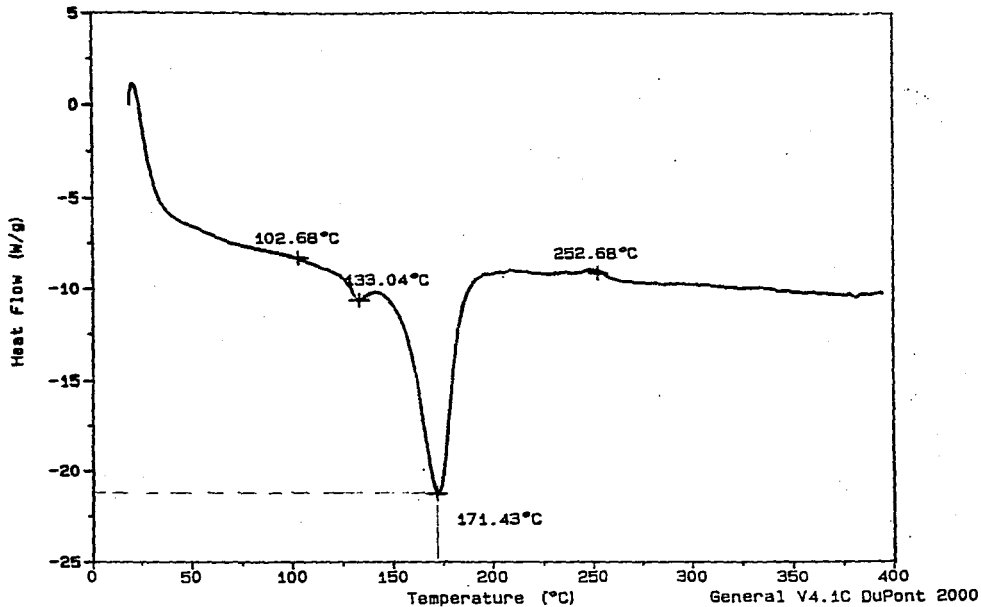
Comment: H=20C/MIN PANEL CERRADO HERMETICO

DSC1

File: C:\PPREC\DSC

Operator: MP

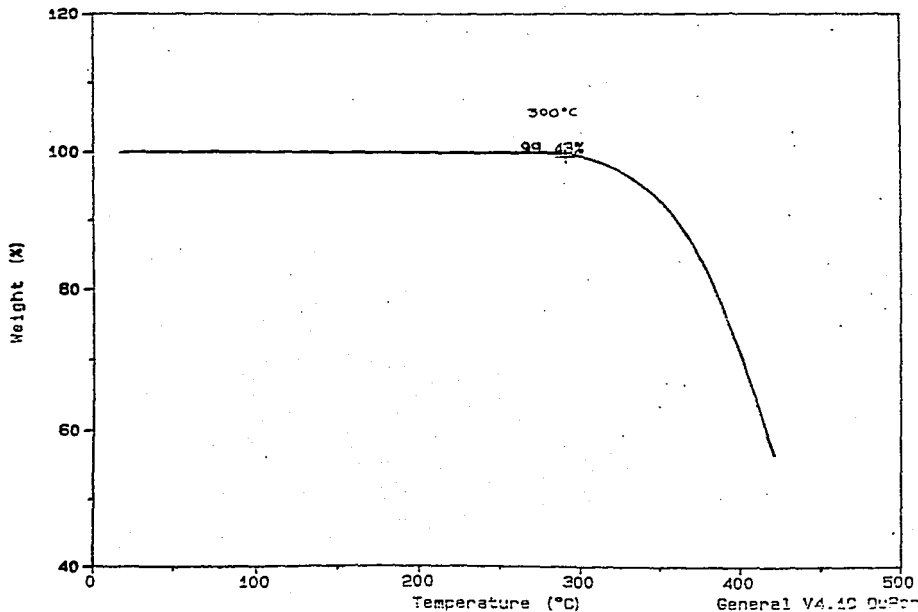
Run Date: 4-Nov-93 08:14



Sample: POLIPROPILENO  
Size: 53.5120 mg  
Method: RECICLAJO PLASTICO  
Comment: H=20C/MIN

TGA1

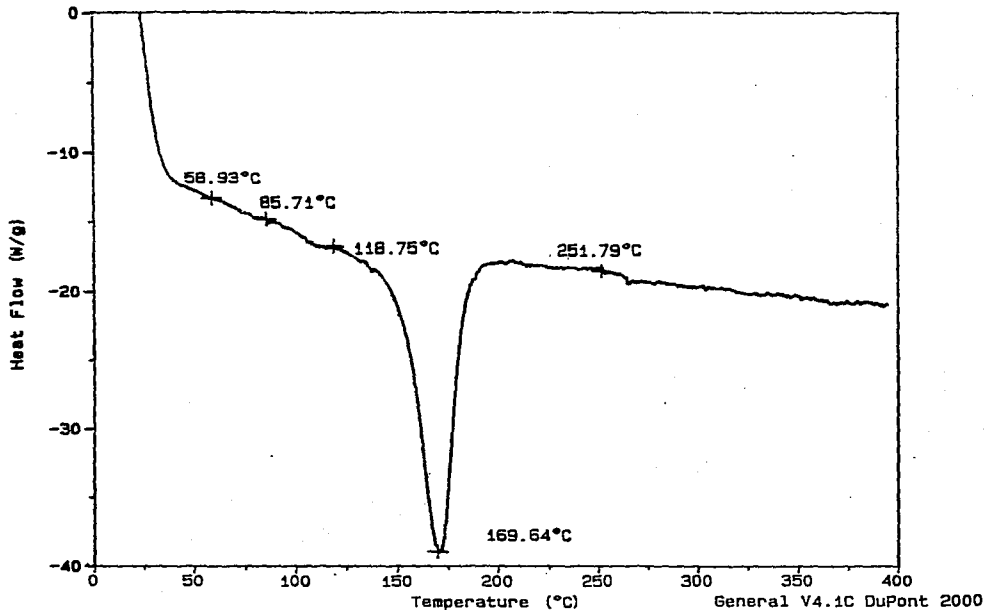
File: C:\POLIPROTG  
Operator: MF  
Run Date: 10-Nov-93 08:19



Sample: POLIPROPILENO RECICLADO DSC  
Size: 1.0000 mg  
Method: RECICLADO PLASTICO  
Comment: H=20C/MIN PANEL CERRADO HERMETICO

DSC2

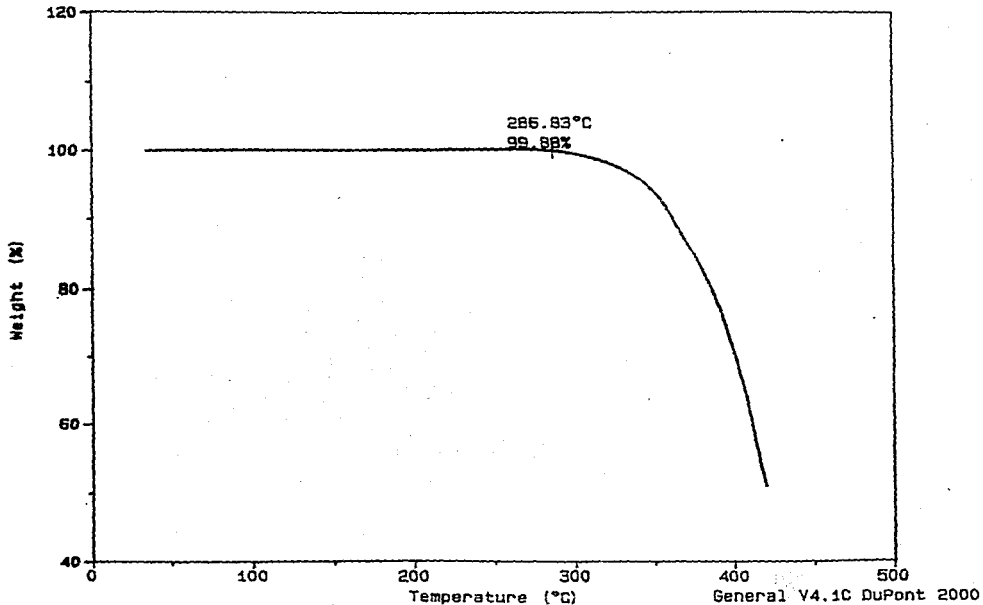
File: C:\POLPRODSC (Nigro)  
Operator: MP  
Run Date: 3-Nov-93 12:25



Sample: PP RECICLADO NEGRO TG  
Size: 28.0730 mg  
Method: RECICLADO PLASTICO  
Comment: H=20C/MIN

TGA2

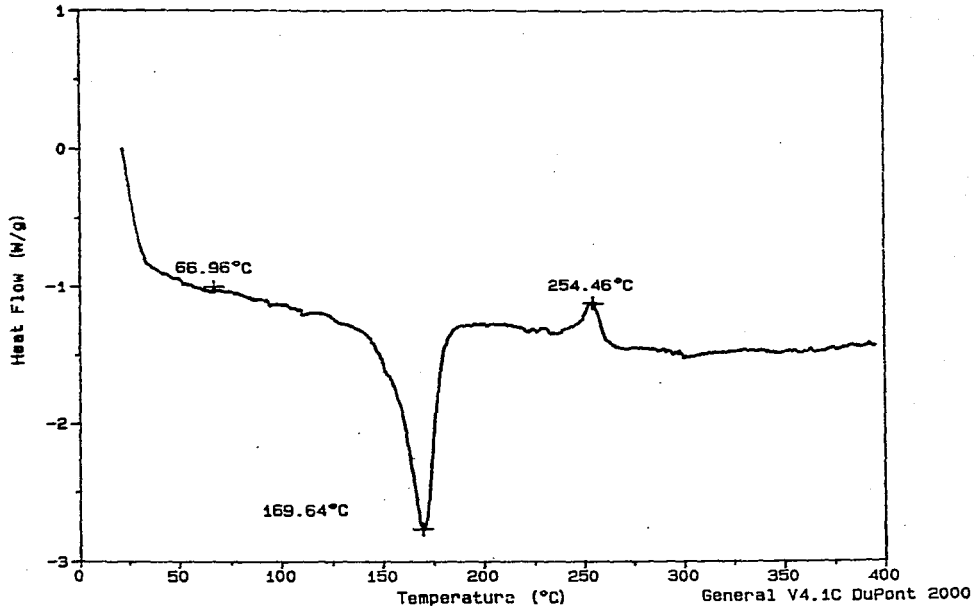
File: C:PPNEG TG  
Operator: MP  
Run Date: 10-Nov-93 12:16



Sample: PP ROSA DSC  
Size: 4.4000 mg  
Method: RECICLADO PLASTICO  
Comment: H=20C/MIN PANEL CERRADO HERMETICO

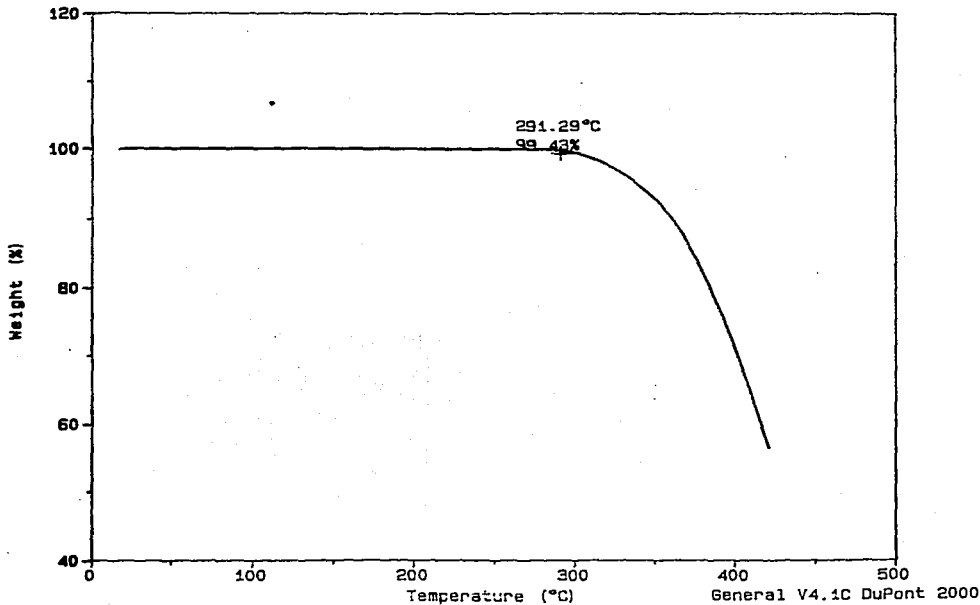
DSC3

File: C:NYROSDSC  
Operator: AS  
Run Date: 5-Nov-93 10:07



Sample: POLIPROPILENO ROSA RECICLADO TG TGA3  
Size: 53.5120 mg  
Method: RECICLADO PLASTICO  
Comment: H=20C/MIN

File: C:POLIPROTG  
Operator: MP  
Run Date: 10-Nov-93 08:19



## Interpretación de resultados

Como podemos observar en la tabla de las pruebas mecánicas, la mayoría de los resultados para las dos muestras de polipropileno reciclado son muy próximos a los valores obtenidos para el polipropileno virgen.

La primera muestra de PP reciclado presenta en las propiedades de estiramiento a la ruptura, % de tensión a la ruptura, energía al punto de ruptura y energía de tensión absorbida, valores inferiores a los del polipropileno virgen. Pero la muestra dos de polipropileno reciclado no presenta variaciones importantes, de lo que se puede concluir que el reciclar el material mediante un proceso adecuado, no reduce significativamente las propiedades mencionadas.

En cuanto a las pruebas térmicas, se puede observar que para el material virgen presenta un punto de fusión de  $171^{\circ}\text{C}$  (DSC1) y presenta la evaporación a  $253^{\circ}\text{C}$  (DSC1). En el TGA1 se nota la estabilidad térmica del polímero, cuya una descomposición se presenta a  $300^{\circ}\text{C}$ .

Para la muestra uno del polipropileno reciclado presenta una temperatura de fusión de  $169^{\circ}\text{C}$  (DSC2), se presenta la evaporación en  $252^{\circ}\text{C}$ , y sufre descomposición del material a  $286^{\circ}\text{C}$  (TGA2).

Para la segunda muestra de polipropileno reciclado se tiene una temperatura de fusión de  $170^{\circ}\text{C}$  (DSC3), pero se nota una absorción de calor en  $254^{\circ}\text{C}$  (DSC3) para su evaporación y presenta descomposición a  $291^{\circ}\text{C}$  (TGA3).

Comparando los resultados obtenidos para las pruebas de DSC y TGA, para las tres muestras de polipropileno, se concluye que no se presentan diferencias considerables.

En el artículo de Gustave G. David titulado "Recovering Polypropilene From Waste Bateries" publicado en la revista Chemical & Industry de 1991, se presenta información experimental, en donde se recupera polipropileno de desperdicio. Desarrollaron pruebas con agentes químicos, para asegurar que el polipropileno reciclado cumplan con las especificaciones del mercado. A continuación se presentan los resultados reportados en dicho artículo. (33)

### Experimentación

#### Modificadores al impacto

Se investigaron modificadores al impacto del polipropileno reciclado (PPR). La adición de caucho termoplástico (CTP) da una considerable mejora a la dureza al impacto, sin deteriorar otras propiedades mecánicas, son satisfactorios los copolímeros de etileno y propileno (EPMD) y polímeros de etileno, propileno y monómeros de dieno (EPDM), siendo preferida esta forma.

MODIFICACION AL IMPACTO DEL PPR CON CTP

TIPO	% DE ADICION	IMPACTO (J/M) T amb	TENSION (N/mm <sup>2</sup> )	DUREZA SHORE D
A	3	86	23	65
	5	97	23	65
	7	119	23	65
	10	173	23	64
B	5	86	24	66
	7	146	23	65
C	3	86	25	--
	5	92	25	-
D	3	86	24	65
	5	47	24	64
	7	119	23	63
	10	-	22	60
PPR ESTANDAR		65	21	66



COMPOSICION DEL CTP

TIPO	ETILENO	PROPILENO	TERMONOMERO
A	1.2	1.0	-
B	6.0	4.0	1
C	12.7	7.7	1
D	3.0	1.0	-

Estabilizadores

La siguiente tabla muestra los efectos de varios antioxidantes (A/O)\* para el polipropileno reciclado. Se tiene un calentamiento entre 140 a 150 °C Los procesos de estabilidad fueron medidos en un incremento del índice de fluidez (230°C/5Kg), después de seis extrusiones. Los valores obtenidos son los siguientes:

ESTABILIZACION DE POLIPROPILENO RECICLADO

PROPIEDAD	POLIMERO VIRGEN	PPR A/O*						
		NINGUNO	M	N	P	Q	R	
INCREMENTO EN EL INDICE DE FLUIDEZ	10.1	17.2	6.3	8.7	8.6	7.9	9.3	

\* Los tipos de A/O usados son A01, un fenol, A02 disulfuro orgánico, A03 un fosfato, A04 hidróxitolueno butileno, A05 un tioester. Para cada 100g de PPR fueron agregadas las siguientes combinaciones de A/O en gramos M 0.1 de A01 y 0.2 de A02; N 0.1 de A04, 0.2 de A05 y 0.1 de A03; P 0.05 de A01, 0.2 DE A05 y 0.1 DE A03; Q 0.05 DE A01, 0.1 DE A02 y 0.1 DE A03; R 0.1 DE A01 y 0.35 DE A0; S 0.1 DE A01, 0.1 DE A02, 0.1 DE A03.

## Modificadores de Flujo

### EFFECTOS DE PEROXIDOS EN EL INDICE DE FLUIDEZ DEL POLIPROPILENO RECICLADO

ROMPIMIENTO DE VISCOSIDAD	% DE ADICION	INDICE DE FLUIDEZ (g/10m)	RESISTENCIA CON MUESCA (J/M)	TENSION (N/mm <sup>2</sup> )
N11		6.0	61	25.4
P1	0.01	7.7	60	23.0
	0.03	13.1	51	22.3
	0.04	18.9	45	21.9
	0.05	26.7	39	22.3
P2	0.01	9.9	51	24.9
	0.03	13.8	51	24.9
	0.04	17.3	43	23.3
	0.05	24.6	42	22.9

### EFFECTOS DE CERA PARAFINICA EN EL INDICE DE FLUIDEZ DEL POLIPROPILENO RECICLADO

% AGREGADO	INDICE DE FLUIDEZ (g/10m)	RESISTENCIA CON MUESCA (J/M)	TENSION (N/mm <sup>2</sup> )
Nada	5.8	91	26
6	8.4	76	24
8	12.0	70	23

### Pruebas y Flujo Espiral

Los métodos estándar que se utilizaron son: para la tensión aplicada (ASTM D-638), impacto (ASTM D 256-58 método A), dureza en los bordes (ASTM2240-45), densidad (ASTM 1505-79), índice de fluidez (ASTM D 1238-79). El flujo de espiral se midió en un Windsor SP50 en una máquina de moldeo por inyección a una temperatura de 240°C y 220°C/220°C/230°C. La presión de inyección fue de 102 Kg/cm, la temperatura de moldeo fue de 30°C y el espesor de la sección de 2mm.

## Aplicaciones

El polipropileno reciclado puede ser usado con el propósito general de reemplazar al polipropileno en todas sus aplicaciones, aparte de buenas aplicaciones en las cuales el color es crítico se producen varios grados para especificaciones del mercado.

El polipropileno reciclado puede formar parte de un material duro, elástico, con una buena superficie final y ha sido aprovechado por la industria en la manufactura de automóviles, ductos de aire, aire filtrado, consolas, aspas de ventilador y líneas de arcos de rueda. El grado reforzado de polipropileno reciclado sirve para partes seguras, brochas de pintura, cajas .

La alta rapidez de flujo, el ciclo rápido y buena elasticidad del polipropileno reciclado, permiten que se use en video, audio-cassetes. La fuerza y estabilidad del polipropileno reciclado permite que se utilicen nuevamente en las cajas de batería . La alta especificación que se tiene en el polipropileno reciclado puede que este se utilite para su uso en contacto con agua potable . Se ha visto las aplicaciones industriales en cubiertas para los impulsores para aplicaciones de ingeniería en el reforzado de materiales y retardantes de flama .

**APENDICE B**  
**MEMORIA DE CALCULO**  
**DEL ESTUDIO FINANCIERO**

## Punto de equilibrio . Año 1

### Cálculo del precio de venta

$$\begin{aligned}\text{Costo total del producto (CTP)} &= \text{C. fijos} + \text{C. variables} \\ &= \text{CDO} + \text{CDI} + \text{CF} \\ &= \text{N\$ } 1\,541\,737\end{aligned}$$

$$\text{Producción normal (PN)} = 1267 \text{ TON/AÑO}$$

Precio de venta en el

$$\text{punto de equilibrio} = \text{CTP} / \text{PN} = \text{N\$ } 1\,217 / \text{TON}$$

### Cálculo de la producción mínima económica

$$\text{Costos variables (CV)} = \text{CDO} + \text{CDI} = \text{N\$ } 1\,351\,845$$

$$\text{Producción normal (PN)} = 1267 \text{ TON/AÑO}$$

$$\text{Costo variable unitario (CVU)} = \text{CV} / \text{PN} = \text{N\$ } 1\,067$$

$$\text{Precio unitario (PU)} = 2500 \text{ N\$/TON}$$

$$\text{Costos fijos (CF)} = \text{N\$ } 189\,892$$

$$\begin{aligned}\text{Producción mínima económica} &= \text{CF} / (\text{PU} - \text{CVU}) \\ &= 132 \text{ TON/AÑO}\end{aligned}$$

Estado de resultados. Año 1

Precio de venta (PVTA) = N\$ 2 500 / ton

Producción normal (PROD) = N\$ 1584 ton/año

Ventas brutas (VB) = PVTA \* PROD \* 0.8 = N\$ 3 168 000

Patentes y regalías (PR) = VB \* 0.01 = N\$ 31 680

Ventas netas (VN) = VB - PR = N\$ 3 136 320

Costos directos de operación (CDO) = N\$ 1 106 565

Costos indirectos de operación (CIO) = N\$ 245 280

Costos fijos (CF) = N\$ 18 818

Depreciación y amortización (DYA) = N\$ 171 074

Costos de manufactura (CDM) = CDO + CIO + CF + DYA  
= N\$ 1 541 737

Utilidad bruta (UB) = N\$ VN - CDM = N\$ 1 594 583

Gastos generales (GG) = N\$ 391 783

Utilidad de operación (UO) = UB - GG = N\$ 1 202 800

Pago de interés por financiamiento (PIF) = N\$ 140 824

Utilidad antes de impuestos (UAI) = UO - PIF = N\$ 1 061 975

Impuestos sobre la renta (ISR) = UAI \* 0.35 = N\$ 371 691

Reparto de utilidades (PTU) = UAI \* 0.1 = N\$ 106 198

Utilidad neta (UN) = UAI - ISR - PTU = N\$ 584 086

Balance general proforma. Año 1

Activos:

- a) Efectivo en caja = N\$ 59 328
  - b) Cuentas por cobrar = N\$ 288 000
  - c) Inventario de materia prima = N\$ 59 328
  - d) Inventario de producto en proceso = N\$ 989
  - e) Inventario de producto terminado = N\$ 67 200
- Total de activo circulante = a + b + c + d + e = N\$ 474 845

- a) Terrenos = N\$ 60 000
  - b) Maquinaria y equipo = N\$ 840 935
  - c) Edificios y estructuras = N\$ 146 539
  - d) Vehículos = N\$ 210 000
  - e) Contingencias = N\$ 59 334
- Depreciación (D) = N\$ 139 353
- f) Depreciación acumulada = (D anterior + D actual)  
= ( 0 + 139 353 ) = N\$ 139 353

Total de activo fijo = a + b + c + d + e - f = N\$ 1 177 455

- a) Ingeniería y Construcción = N\$ 118 669
  - b) Gastos de preoperación y arranque = N\$ 59 334
  - c) Costos de instalación = N\$ 139 212
- Amortización = N\$ 31 721
- d) Amortización acumulada = (CA anterior + A actual)  
= ( 0 + 31 721 ) = N\$ 31 721

Total de activo diferido = a + b + c - d = N\$ 285 494

**Pasivos:**

Cuentas por pagar = N\$ 59 328

Pasivo circulante = N\$ Cuentas por pagar = N\$ 59 328

(Pasivo a corto plazo)

Financiamiento a largo plazo = Monto de la deuda

financiera = N\$ 873 521

Pasivo circulante	N\$ 59 328
Pasivo a largo plazo	N\$ 873 521
Total de pasivos	N\$ 932 849

Capital social = Aportación de socios = N\$ 1 643 023

Utilidades del ejercicio = Utilidad neta = N\$ 584 086

Utilidad acumulada = Utilidad acumulada anterior +  
utilidades del ejercicio actual  
= N\$ 584 086

Capital contable = Capital social + utilidad acumulada

= N\$ 2 218 109

Pasivo + capital contable = N\$ 3 150 959



Exceso en caja: es el total de los pasivos más el capital contable menos los activos.

Pasivo a corto plazo	N\$	59 328
Pasivo a largo plazo	N\$	873 521
Capital contable	N\$	2 218 109
Activo circulante	N\$	474 845
Activo fijo	N\$	1 177 455
Activo diferido	N\$	285 494
Exceso en caja	N\$	1 213 165

Activo neto total: es el total de activos más el exceso en caja.

Activo circulante	N\$	474.845
Activo fijo	N\$	1 177 455
Activo diferido	N\$	285 494
Exceso en caja	N\$	1 213 165
Activo neto total	N\$	3 150 959

Flujo neto de efectivo. Año 1

Utilidad neta (UN) = N\$ 584 086

Depreciación + amortización (DYA) = N\$ 171 074

Efectivo generado (EG) = UN + D = N\$ 755 160

Aportaciones de capital (AC) = Capital Social = N\$ 0

Total de ingresos (TI) = EG + AC = N\$ 755 160

Inversiones en capital fijo (ICF) = N\$ 0

Amortización de capital (AmC) = N\$ 73 270

Capital de trabajo incremental (CTI) = Activo circulante  
- pasivo a corto plazo  
- CTI acumulado  
= N\$ 415 517

Total de egresos (TE) = ICF + AmC + CTI = N\$ 488 787

Flujo neto de efectivo (FNE) = TI - TE = N\$ 266 374

Tasa de interés (i) = .1922

Valor presente neto anual = FNE / (1+i)<sup>1</sup> = N\$ 223 431

Valor presente acumulado =  $\sum_0^n$  V.P.N. anual

Índice de rentabilidad = Utilidad neta / inv. en capital fijo

Valor presente neto = Suma del valor presente anual

Tasa interna de retorno = Es la i que hace que el VPN=0

Recuperación de la inversión = Es el año en que el FNEacum=0

## BIBLIOGRAFIA

## Bibliografía

- 1 Posibilidades de reutilización de los residuos de plástico de filme de origen urbano. Proyecto de instalación y viabilidad económica. Revista de Plásticos Modernos número 352, octubre 1985, páginas 451- 458.
- 2 Modern Plastics Encyclopedia, diciembre 1992, páginas 33-46, 77-85.
- 3 Demanda de plásticos reciclados. Notiplásticos, febrero 1993, páginas 20-23.
- 4 Inversión en plantas de reciclado totalmente instaladas Revista de Plásticos Modernos, número 418, abril 1991, páginas 516-519.
- 5 Reciclado tecnologías. Revista de Plásticos Modernos, número 418, abril 1991, páginas 520-528.
- 6 Seminario presente y futuro de los negocios en plásticos. Instituto Mexicano del Plástico Industrial S.C., México 1992.
- 7 Herman F. Mark, Norbert M. Bikales, George Menges, Charles G. Overberger. Enciclopedia of Polymer Science and Engineering, 2a edición. Wiley Interscience Publication. New York, U.S.A. 1985.
- 8 Herman F. Mark, Donald F. Othmer, Charles G. Overberger Glenn T. Seaborg. Encyclopedia of Chemical Technology. 3a edición. Wiley Interscience Publication. New York, U.S.A. 1990.

- 9 Reciclado de PVC. Asociación Nacional de la Industria Química. México 1991.
- 10 The development of standards relating in the proper use of recycled plastics. ASTM D5033-90, 1989.
- 11 Charles M Kline. Plastic recycling takes off in the USA. Chemistry & Industry, agosto 7 1989, páginas 483-486.
- 12 Anuario estadístico del plástico, México y el mundo. Instituto Mexicano del Plástico Industrial. México 1992.
- 13 Modern Plastics International, enero de 1993, páginas 52-58.
- 14 Aplicaciones de la mercadotecnia en la ingeniería química. Notas de Ingeniería Económica I. Pérez Santana Ernesto. Facultad de Química, UNAM. México 1991.
- 15 Mere Villanueva Victor Adrian. Metodología para la investigación de mercados en la industria química de México. Tesis Facultad de Química, UNAM. México 1992.
- 16 Anuarios Estadísticos de Pemex.
- 17 Anuario Nacional de la Industria Química. Asociación Nacional de la Industria Química. México 1992.
- 18 Múnillo Santillán Jorge Carlos. Diagnóstico económico de la industria del polipropileno en México. Tesis Facultad de Química, UNAM. páginas 14-18. México 1992.
- 19 Residuos sólidos municipales. Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al medio ambiente. SEDESOL, Instituto Nacional de Ecología. México 1992.

- 20 Conservation and Recicling. Volumen 2, 1989.
- 21 Como aprovechar mejor los indicadores económicos. Apuntes de Administración Industrial. Morelos Valdez Octavio. Facultad de Química, UNAM. México 1992.
- 22 Análisis de la balanza comercial. Notas de Administración Industrial. Facultad de Química, UNAM. México 1992.
- 23 Sanchez Morales M<sup>a</sup> Del Carmen. Estudio de factibilidad económica para el reciclado de polietileno de baja densidad por el método de molienda criogénica. Tesis Facultad de Química, UNAM. México 1992.
- 24 Kurt Lave, Helmut Stenger. Extrusion, processes, machinery, tooling, 2a edición. American Society for Materials, U.S.A 1984.
- 25 Reciclado criogénico. Hule Mexicano y Plásticos, enero 1984, año 39, número 450, páginas 67-69
- 26 Apuntes de Selección y Especificación de Equipo. Aguilar Martínez Claudio. Facultad de Química UNAM. México 1991.
- 27 Juarez López Rosaura, Sanchez Araujo Miguel Angel. Estudio técnico económico para la instalación de una planta de hipoclorito de sodio. Tesis Facultad de Química, UNAM. México 1993.
- 28 Boca Urbina G. Evaluación de Proyectos. Mc Graw Hill. México 1990.
- 29 Coss Bur Raúl. Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión. Limusa. México 1981.

- 30 Charles C. Winding, Gordon O. Hiatt. Polymeric Materials. Mc Graw Hill. New York, U.S.A. 1961.
- 31 El análisis térmico puede cuantificar el desempeño de resinas recicladas. Modern Plastics International 1993, suplemento en español, páginas 15-16.
- 32 Bernhard Wunderlich. Thermal Analysis. Academic Press Inc. San Diego, U.S.A. 1990.
- 33 Gustave G. David. Recovering polypropilene from waste bateries. Chemical & Industry 1991.

Instituciones consultadas:

- Instituto Mexicano del Plástico
- Asociación Nacional de la Industria Química
- Asociación Nacional del Plástico
- Instituto Mexicano del Petróleo
- Pemex. Biblioteca
- Nacional Financiera
- Centro de Información Científica y Tecnológica
- Instituto de Materiales
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. INEGI
- Sikoplast. (Provedora de la planta de reciclado)
- Planta de reciclado de polipropileno