
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



142
Ejem

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PROGRAMA DE COMPUTADORA PARA DISMINUIR DESPERDICIOS
MEDIANTE UNA COMBINACION OPTIMA ENTRE EL SISTEMA DE
ENROLLADO DE PELICULA DE POLIPROPILENO BIORIENTADO
Y LOS REQUERIMIENTOS DE LOS CLIENTES.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

A R E A I N D U S T R I A L

P R E S E N T A

MANUEL DE JESUS GARCIA NAVARRO

GUADALAJARA, JALISCO 1988



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.

INDICE

		pág.
	INTRODUCCION.....	1
I	ANTECEDENTES.....	3
	1.1 POLIMEROS.....	3
	1.1.1 ASPECTOS GENERALES.....	4
	1.2 PELICULAS PARA EMPAQUE FORMADAS POR POLIMEROS..	7
	1.2.1 ASPECTOS GENERALES.....	7
	1.2.2 ESPECIFICACIONES GENERALES.....	10
	1.2.3 APARIENCIA.....	10
	1.2.4 PROPIEDADES FISICAS.....	11
	1.2.5 TECNICAS PARA LA PRODUCCION DE PELICULAS.	13
	1.3 PELICULAS PARA EMPAQUE FORMADAS POR POLIMEROS..	14
	1.3.1 ASPECTOS GENERALES.....	14
	1.3.2 CARACTERISTICAS.....	15
	1.3.3 PRINCIPALES APLICACIONES.....	16
	1.3.4 COMPARACION CON OTRAS PELICULAS.....	17
	1.4 DESCRIPCION GENERAL DE LA FABRICA.....	21
II	INGENIERIA DEL PRODUCTO.....	24
	2.1 MATERIA PRIMA.....	24
	2.1.1 CARACTERISTICAS.....	26
	2.1.2 PROPIEDADES.....	26
	2.2 TIPOS DE PELICULAS.....	27
	2.3 DATOS Y PROPIEDADES DE LA PELICULA TIPO A.....	29

III	PROCESO DE FABRICACION.....	30
3.1	DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION.....	31
3.1.1	PROCESO DE EXTRUSION.....	36
3.1.2	DADO DE EXTRUSION.....	38
3.1.3	SISTEMA "CAST".....	40
3.1.4	SISTEMA TDO.....	42
3.2	DESCRIPCION DEL EQUIPO Y MAQUINARIA.....	44
3.2.1	SISTEMA DE CO-EXTRUSION.....	44
3.2.1.1	EXTRUSOR PRINCIPAL.....	44
3.2.1.2	EXTRUSOR SATELITE.....	45
3.2.1.3	DADO DE EXTRUSION.....	45
3.2.2	SISTEMA "CAST".....	45
3.2.3	MDO (MACHINE DIRECTOR ORIENTER).....	46
3.2.4	SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CALOR.....	47
3.2.5	TDO (TRANSVERSE DIRECTOR ORIENTER).....	48
3.2.6	SISTEMA DE MEDICION DE GROSOR DE LA PELICULA.....	49
3.2.7	PUENTE DE TRANSFERENCIA DE PELICULA.....	49
3.2.8	TRATAMIENTO CORONA.....	50
3.2.9	MOTORES DE DC.....	50
3.2.10	SISTEMA DE ENROLLADO.....	51
3.2.11	RECICLADORA DE RECORTES DE DESPERDICIO..	51
IV	ANALISIS DEL METODO ACTUAL DE ENROLLADO.....	52
4.1	SISTEMA DE ENROLLADO ACTUAL.....	52
4.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	53
4.3	DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION DE LOS TIPOS DE PELICULA FABRICADOS.....	54

4.4 TIPOS DE PELICULAS QUE GENERAN MAS DESPERDICIO.	56
V DESARROLLO DEL PROGRAMA DE COMPUTADORA.....	62
5.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA.....	63
5.2 INSTRUCCIONES DEL PROGRAMA.....	65
5.3 CORRIDA DEL PROGRAMA.....	80
CONCLUSIONES.....	81
BIBLIOGRAFIA.....	82

Esta tesis surgió de la necesidad de reducir los desperdicios que se generan en una fábrica que produce película de polipropileno biaxialmente orientado, debido a que no existen medidas comerciales estandarizadas en los rollos que solicitan los clientes, los cuales varían en ancho y en el número de rollos.

El desperdicio se quiere reducir debido a que está afectando los costos de producción los cuales se elevan y en consecuencia el costo del producto también, lo que origina la pérdida de competitividad en el mercado. Otro factor por el cual se busca reducir los desperdicios es que la materia prima es de importación y por lo tanto se tiene que pagar con divisas, y debido a la situación económica del país éstas hacen que se eleve más el costo del producto.

Así, el objetivo de ésta tesis es elaborar un programa en computadora para encontrar una combinación óptima entre el sistema de enrollado de película y las necesidades de los clientes. De esta manera se podrá ayudar a reducir los desperdicios que se generan al momento de tajar los rollos maestros.

Por medio de éste programa se pretende hacer una simulación de la distribución de las anchuras que solicitan los

clientes en el sistema de enrollado, el cual tiene un rango de anchuras para enrollar la película producida.

Debido a que la película de polipropileno está constituida por polímeros se dará una explicación de éstos, así como también se mencionaran sus propiedades. También se hará una reseña de las películas para empaque que se lanzaron al mercado, y se hará la comparación de las propiedades de cada una de ellas para demostrar que las de polipropileno reúne mejores características.

También se mencionaran las características y propiedades que debe reunir los materiales para la fabricación de la película de polipropileno biaxialmente orientado, y así como las propiedades y datos técnicos que esta reúne al salir al mercado de envolturas y empaques.

Se hará la descripción del proceso de fabricación, para poder hacer un análisis del problema de la generación de desperdicio, ya que así se puede tener una visión más amplia de la producción de la película desde el principio hasta el sistema de enrollado.

Y como el sistema de enrollado es el factor clave en la generación de desperdicio se hará una descripción y un análisis de este.

Por último se muestra el programa de computadora que se diseñó para simular la distribución de las anchuras en los rollos maestros y que ayudara a la fábrica a reducir los desperdicios.

ANTECEDENTES

En éste capítulo se dará una pequeña explicación acerca de los polímeros, ya que las películas transparentes destinadas al mercado de empaques están constituidas por éstos, y como la película de polipropileno pertenece a este grupo se consideró necesario hacer éste estudio en el cual se explicarán algunas de sus propiedades para formar películas para empaque.

También se hará una reseña acerca de las primeras películas que se lanzaron al mercado de empaques, así como las especificaciones, la apariencia y las técnicas de producción de éstas.

En cuanto a las películas formadas por polipropileno se darán a conocer algunos aspectos generales acerca de su desarrollo e introducción en el mercado de empaques, así como también se mencionarán sus principales características y aplicaciones. También se hará la comparación con otras películas con el objeto de demostrar que la de polipropileno reúne las mejores características para el empaque.

Por último se hará una pequeña descripción general de la fábrica en la cual se desarrolló el estudio.

1.1 POLIMEROS.

La palabra polímero proviene del griego (poly-muchos, meros-parte o segmentos).

Los polímeros son una sustancia compuesta de moléculas, caracterizada por la repetición regular o irregular de uno o mas tipos de uniones de monómeros.

Existen dos tipos de polímeros, los que se encuentran en la naturaleza en forma de algodón, madera, piel animal, lana, seda y caucho, y el otro tipo, son los polímeros sintéticos o hechos por el hombre, los cuales se usan todos los días en forma de plásticos, fibras, material de empaque, pinturas y envolturas.

1.1.1 ASPECTOS GENERALES.

El estudio de los polímeros en cuanto a la ciencia y a la tecnología se inició en la década de los años 20's y los 30's, a partir de entonces tuvo gran importancia. Los pioneros en esta nueva ciencia fueron Herman Staudinger y Wallace Carothers.

Wallace Carothers dividió a los polímeros en dos grupos:

A.- POLIMEROS POR ADICION: A este grupo pertenecen los que tienen su unidad estructural igual a la de un monómero, ejemplo: el vinilo, el epóxido y el poliuretano.

B.- POLIMEROS POR CONDENSACION: Aquí se encuentra el tipo de polímeros que pierden una parte del monómero o monómeros al momento de polimerizarse, ejemplo: poliésteres.

El proceso de polimerización es la reacción química en la cual las moléculas de monómero son enlazadas para formar polímeros.

Las propiedades de los polímeros dependen de tres factores

para que puedan formar buenas películas:

- A.- ESTRUCTURA MOLECULAR: Con ésta propiedad sabemos cual es la forma y el tamaño de las moléculas de polímero. Este factor es quizá el que influye más en las propiedades de un polímero para formar buenas películas.
- B.- PESO MOLECULAR: Se obtiene dividiendo el peso de una muestra entre el número de moléculas que hay en la muestra.
- C.- GRADO DE CRISTALINIDAD: Este factor es importante para que el polímero conserve la capacidad de buen empaque.

Las principales propiedades que deben tener los polímeros son:

- A.- POLARIDAD: Esta propiedad es importante, debido a que conforme aumenta el grado de polaridad de un polímero éste tendrá mayor resistencia y mayor rigidez.
- B.- CRISTALINIDAD: Es importante que el grado de cristalinidad de un polímero sea elevado debido a que aumentará la temperatura de fundición o ablandamiento de éste.

Al cumplir con estas propiedades los polímeros podrán someterse a la fatiga mecánica al momento de formar o constituir un producto final, por ejemplo, se pueden someter a diferentes fatigas como la tensión, resistencia al corte, torsión, compresión y al impacto, sin peligro a que se alteren las

propiedades del producto final. De esta manera los productos constituidos por polímeros tienen gran resistencia al manejo brusco o incluso a condiciones climatológicas adversas tales como, humedad y temperaturas altas o bajas.

La densidad de un polímero es un factor que se debe de tener en cuenta, ya que, un polímero con baja densidad ocupará más volúmen que uno con alta densidad, originando con ésto productos burdos.

Existen fábricas que producen y venden los polímeros en forma de "pelets" o "chips" (pequeñas barras cilíndricas), ésto se hace con la finalidad de transportar con mayor facilidad los polímeros a las fábricas que lo transformarán en un producto determinado.

1.2 PELICULAS PARA EMPAQUE FORMADAS POR POLIMEROS.

En éste tema se tratarán los aspectos generales, las especificaciones, la apariencia y las propiedades físicas que tienen las películas para empaque formadas por polímeros, así como también se mencionarán las técnicas para la producción de éstas.

1.2.1 ASPECTOS GENERALES.

William Carothers demostró que un polímero era capaz de formar fibras, las cuales estaban formadas por moléculas muy largas y cadenas con una longitud de 1000 Å y además se podían cristalizar.

Carothers trabajó con moléculas que se podían polimerizar y tensionó la formación de sus fibras con el objeto de descubrir un sustituto sintético de la seda. Pero con éste estudio, se dió cuenta que en muchos casos, existe una formación satisfactoria de fibras, las cuales son capaces de formar una película transparente.

Durante veinte años Carothers estuvo investigando algunos polímeros, como el celofán, el cual no había sido investigado para usarlo en películas transparentes para empaque.

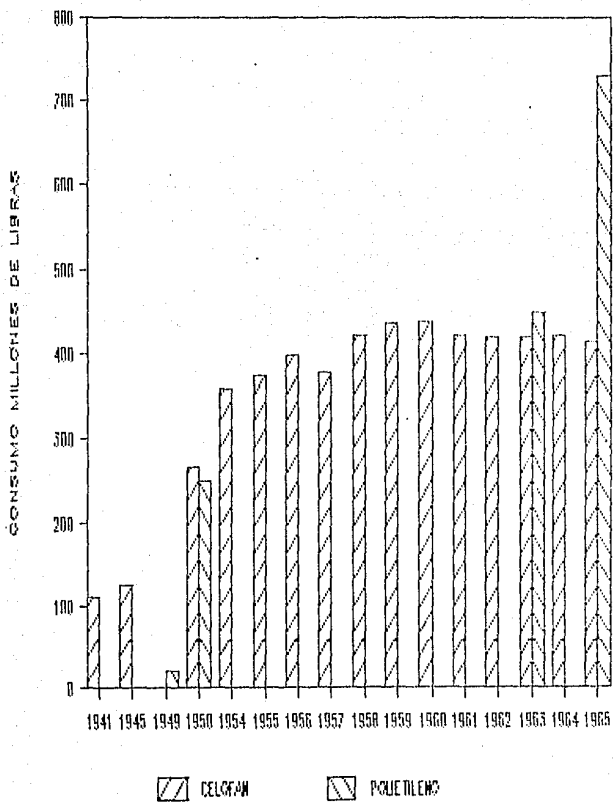
La primera aplicación al polímero de celofán fué una película transparente desarrollada en 1940, la cual fué bien aceptada por el mercado de envolturas, siendo la primera en su tipo y convirtiéndose así en un producto con mucha demanda. Durante diez años no hubo ninguna película de polímero que compitiera con la de celofán.

A finales de los años 40's y principios de los 50's se desarrolló una nueva película transparente, la cual era de polietileno. En un principio la producción de ésta fué mínima por lo que no representó un gran peligro para la película de celofán. Pero de 1955 a 1960 se desarrollaron muchas variedades de polietileno, originando con ésto una mayor amenaza para el uso comercial del celofán.

El desarrollo del polietileno como película transparente para empaque se basó en sus propiedades de flujo al momento de producirse y también por ser resistente a la ruptura y a la tensión.

El polietileno compitió satisfactoriamente con el celofán tanto en propiedades como en costo, pero el primero tuvo mayor ventaja ya que diversificó sus aplicaciones, ganando así el mercado de envolturas que estuvo dominado durante veinte años por las películas de celofán. Aparecieron otro tipo de películas en esta época pero ninguna representó una competencia tan fuerte para el celofán como el polietileno.

La gráfica 1.2.1a muestra el asenso y desenso del mercado de celofan, así como el asenso del mercado de polietileno a principios de los años sesentas. Esta indica el consumo en millones de libras por año del celofan y del polietileno a partir de que entraron en el mercado de envolturas para empaque. Con esto se reafirma lo dicho con anterioridad en el sentido de que la película de polietileno tuvo mejor aceptación en el mercado debido a su diversificación y a sus características.



Gráfica. 1.2.1a Consumo en millones de libras por año del celofán y del polietileno.

Gradualmente se desarrollaron nuevas películas de polímeros, entre ellas las de polipropileno, las cuales tenían un grado aceptable de tenacidad por lo que estuvieron disponibles en el mercado.

1.2.2 ESPECIFICACIONES GENERALES.

Las películas transparentes constituídas por polímeros y que serán destinadas para empaque requieren ciertas especificaciones para poder cumplir con los requisitos del mercado, éstas son algunas:

- A.- Que no dejen sabor.
- B.- Que no dejen olor.
- C.- Que no sean tóxicas.
- D.- Que sean resistentes a solventes, grasas y aceites.
- E.- Que sean impermeables a los gases y a la humedad, etc.

1.2.3 APARIENCIA.

Éstas películas deberán tener una buena apariencia para que cumplan con las necesidades del mercado, las cuales son:

A.- TRANSPARENCIA Y BRILLO:

En la mayoría de las películas destinadas al empaque, se requiere que éstas sean transparentes, que no tengan rayas ni apariencia brumosa. Éstas características son indispensables para que la película tenga brillo, ya que con éste, se obtendrá una mejor impresión de colores,

de tal manera que éstos serán más vivos.

B.- IMPRESION:

En la superficie de éstas películas se podrán efectuar impresiones, sin que éstas sufran alteraciones debido al proceso de impresión. El cual, deberá de efectuarse con una gran resolución, a un paso gradual y con una capa fina. Cumpliendo con éstas normas la impresión quedará libre de chorreaduras, manchas y pequeños agujeros sin color.

1.2.4 PROPIEDADES FISICAS.

A continuación se mencionarán las propiedades físicas más importantes de las películas formadas por polímeros.

A.- ESTABILIDAD:

Las películas para empaque deberán tener dimensión y composición estable. Esto es, que los polímeros usados en estas películas no deberán sufrir una degradación en su polimerización, cuando la temperatura está por debajo de los 190°C , cuando estén en contacto con la luz o cuando estén en contacto con la radiación.

B.- TRASMISION DE GAS:

La permeabilidad de éstas películas a los gases y a la humedad se puede variar mediante la composición de los polímeros y mediante diversos procedimientos como el del revestimiento. Éstas películas pueden soportar variaciones altas o bajas de presión cuando transmiten un gas o también vapor de agua.

C.- DURABILIDAD:

La durabilidad de las películas se determina por los siguientes factores: tenacidad, capacidad para deformarse, resistencia al impacto, capacidad de plegarse y capacidad de flexión.

D.- TENACIDAD:

La tenacidad es la resistencia a la ruptura o a la deformación. Para que no disminuya la tenacidad en éstas películas se requiere que esté en un rango de temperatura de 20 a 100°C.

E.- RESISTENCIA AL IMPACTO:

La resistencia de una película debe de ser suficiente para soportar la vibración y el choque repentino. Éstos requisitos implican que el material, es capaz de distribuir la tensión a través de sus polímeros y no sufra ruptura.

F.- SELLADO HERMETICO:

La mayoría de las películas para empaque deben tener la característica de sellar herméticamente mediante el uso del calor, solventes o adhesivos.

G.- RIGIDEZ:

Algunas películas requieren de cierta rigidez, la cual se logra mediante la modificación de los polímeros o agregando ciertos aditivos.

H.- DESLIZAMIENTO:

En general, una película debe de tener buen deslizamiento para facilitar el funcionamiento de la máquina empacadora, pero a su vez deben de tener la capacidad para estibar los productos contenidos en la envoltura fabricada con éstas películas.

1.2.5 TECNICAS PARA LA PRODUCCION DE PELICULAS.

En la elaboración de películas formadas de polímero y destinadas para el empaque, existen varias técnicas las cuales son:

A.- EXTRUSION POR FUNDIMIENTO CON DADO LISO.

B.- EXTRUSION POR FUNDIMIENTO CON DADO CIRCULAR.

Todas las películas que se producen mediante éstas dos técnicas, se les podrá dar un tratamiento llamado orientación, el cual sirve para reafirmar las propiedades y características de éstas películas. Existen dos tipos de orientación:

A.- AXIAL.

B.- BIAxIAL.

Básicamente la orientación es el proceso de estiramiento de una película cuando se está produciendo. Si la orientación es axial la película se estira longitudinalmente, si es biaxial ésta se estira tanto a lo ancho como a lo largo.

Existen películas a las cuales no se les puede dar orientación biaxial, por ejemplo el celofán. Pero en el caso de las películas de polietileno y de polipropileno estas sí tienen éste tratamiento y es por ésto que se adecúan a cualquier uso.

1.3 PELICULAS PARA EMPAQUE FORMADAS POR POLIPROPILENO.

Este tipo de películas ha ganado mercado debido a que sus propiedades son iguales e incluso mejores que las del polietileno. A continuación se mencionarán los aspectos generales, características y principales aplicaciones de éstas, así como una comparación entre las películas de celofán, polietileno y polipropileno.

1.3.1 ASPECTOS GENERALES.

El polipropileno está estrechamente ligado, tanto en técnica como en comercialización con el polietileno, por lo tanto, la tecnología para la producción de éstas películas es parecida.

El proceso para elaborar polipropileno consta de tres pasos: el primero consiste en la polimerización del monómero, que en éste caso es el propileno, el segundo paso consiste en la separación de los catalizadores y solventes de el polímero y el último paso es el peletizado del polímero para facilitar su transportación a la fábrica que después le dará un uso final, que en éste caso será la fabricación de películas.

La gran aceptación que tuvo la película de polietileno dentro del mercado de empaque originó que los materiales plásticos tuvieran buena aceptación en cualquier campo, también rompió con el enigma "barato pero frágil" asociado con los plásticos. Esto benefició mucho a las películas de polipropileno, ya que el mercado de empaque se abrió totalmente para los productos plásticos.

Los primeros desarrollos del polipropileno fueron para la producción de fibras textiles. Y La primera película de polipropileno para empaque fué hecha por la American Viscose Corporation en 1959.

La fabricación de la película de polipropileno tuvo muchas ventajas. Una de las principales fué, que las fábricas para la producción de películas de polietileno tenían la capacidad de conversión para producir las de polipropileno, tan solo, variando un poco sus procesos. De tal manera que no se tenía que construir una fábrica nueva, ni tampoco se tenía que adquirir equipo y maquinaria nueva.

1.3.2 CARACTERISTICAS.

A continuación se muestran las principales características de la película de polipropileno que se destina al mercado de empaques:

- A.- Alto rendimiento (m^2/Kg).
- B.- Excelente barrera al vapor.
- C.- Resistente a muchos aceites, grasas y solventes.
- D.- Estable a los cambios de clima.
- E.- Resistente a la temperatura entre -50 y $+120^{\circ}C$.
- F.- Fácil de sellar al calor.
- G.- Buenas propiedades de deslizamiento y anti-block.
- H.- Antiestático.
- I.- Alta resistencia a la punción.
- J.- Transparente y brillante.
- K.- Resistencia a la abrasión.

L.- Fisiológicamente inofensivo.

M.- Ecológicamente inofensivo, no contamina cuando es incinerado o enterrado.

Debido a estas características, la película de polipropileno ha conquistado el mercado de envolturas y empaques, ya que es capaz de conservar en buenas condiciones el artículo al cual contiene.

1.3.3 PRINCIPALES APLICACIONES.

Las principales aplicaciones de la película de polipropileno son:

- A.- Botanas.
- B.- Confitería.
- C.- Panes y pasteles.
- D.- Quesos procesados.
- E.- Frutas secas.
- F.- Pastas.
- G.- Frutas y vegetales.
- H.- Pescado.
- I.- Carne.
- J.- Alimentos congelados.
- K.- Cereales.
- L.- Chocolates.
- M.- Café en grano.
- N.- Metalizados.
- O.- Cintas adhesivas.
- P.- Tabacos, etc.

Como se puede ver la película de polipropileno es muy versátil a cualquier tipo de artículo que se requiera para el empaque, también con estas aplicaciones se puede determinar la importancia que tiene ésta en el mercado de envolturas y empaques.

1.3.4 COMPARACION CON OTRAS PELICULAS.

El propileno tiene un rendimiento por libra mayor que cualquier otro polímero por lo que su comercialización es más barata, esto hace que la película de polipropileno tenga alto rendimiento en pulgadas cuadradas por libra.

Por lo general, se requiere que las películas para empaque sean de poco peso para que no representen un peso extra considerable al artículo al cual están conteniendo. En la figura 1.3.4a se muestra la gráfica en la que se compara el rendimiento de varias películas.

Con esta gráfica se reafirma lo dicho con anterioridad en el sentido de que el polipropileno es el que tiene mayor rendimiento, por lo que facilita su comercialización y lo pone en ventaja con respecto a otras películas.

En la figura 1.3.4b muestra la tabla en la que se comparan las propiedades de 5 películas formadas por polímeros y destinadas al mercado de empaque. Con esta tabla se puede determinar que la película de polipropileno biaxialmente orientada es la que reúne mejores propiedades.

En la figura 1.3.4c se hace la comparación entre las películas de polipropileno orientadas y las que no lo son.

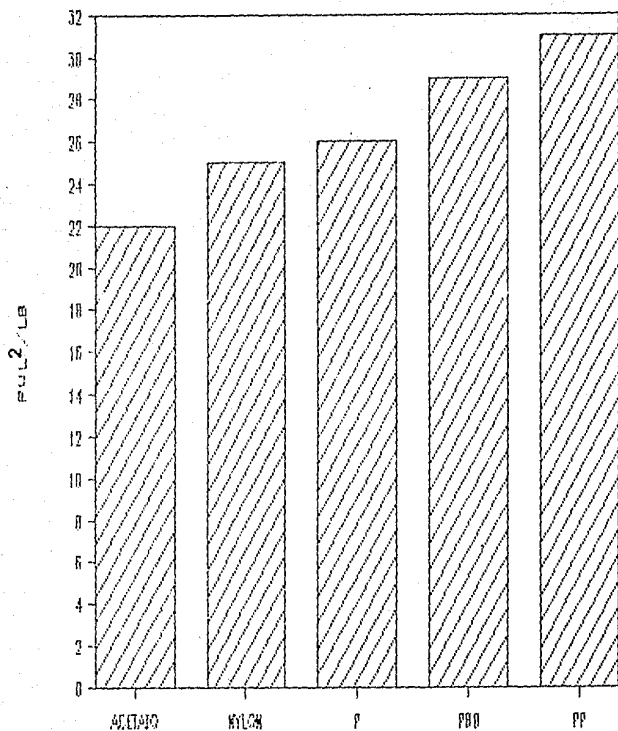


Fig. 1.3.4a Grfica de comparación de rendimiento entre varios tipos de películas. (ACETATO = ACETATO DE CELULOSA, P = POLIESTIRENO, PBD = POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD, PP = POLIPROPILENO).

	POLIPROPILENO NO ORIENTADO	POLIPROPILENO ORIENTADO	CELOFAN	POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD
TRANSPARENCIA	3	2	1	4	5
BARRERA A LA PENETRACION	3	1	2	5	4
RESISTENCIA A LA TENSION	3	1	2	5	4
RIGIDEZ	3	1	2	5	4
FLEXIBILIDAD	4	1	5	2	3
SELLADO AL CALOR	3	4	5	1	2
COSTO	3	4	5	1	2
(1 = MEJOR)					

Fig. 1.3.4b Tabla de comparación de propiedades de 5 películas constituidas por polímeros y destinadas al mercado de empaques.

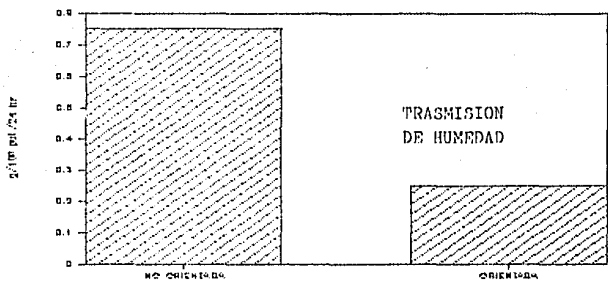
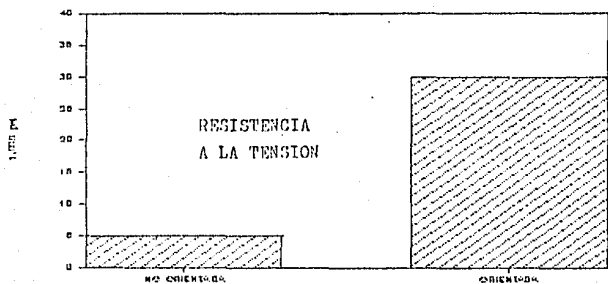
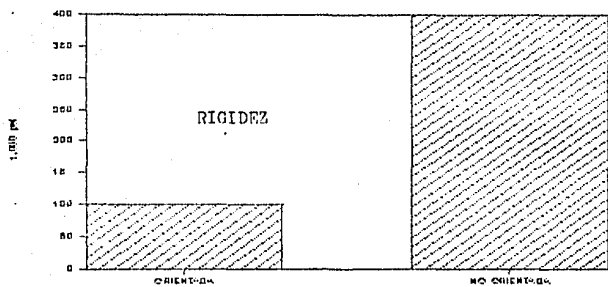


Fig. 1.3.4c Comparación entre las películas de polipropileno orientadas y las que no lo son.

1.4 DESCRIPCION GENERAL DE LA FABRICA.

La fábrica en la cual se realizó éste estudio es CIPPSA (Compañía Industrializadora de Películas de Polipropileno Sociedad Anónima) la cual está ubicada en el occidente de la República Mexicana.

Esta fábrica inició sus operaciones en septiembre de 1980 con el objeto de satisfacer el mercado de envolturas y empaques ya que se incrementó el consumo de empaques debido a la baja del poder adquisitivo, que favorece el uso de porciones individuales, ejemplo: confitería y artículos de limpieza.

La capacidad teórica de producción con la que empezó a operar esta compañía fué de 5000 ton/año, y ésta no se ha incrementado a la fecha.

En la figura 1.4.1a se muestra los volúmenes de producción de la fábrica así como el porcentaje de desperdicio que se generó durante esos períodos:

En la figura 1.4.1b se muestra la sectorización del mercado nacional de las películas de polipropileno biaxialmente orientado.

En cuanto al renglón de exportaciones CIPPSA esta empezando a vender sus productos al exterior y sus principales ventas se destinan a Estados Unidos, Alemania, Centro y Sudamérica. En la figura 1.4.1c se muestra el volumen de ventas al exterior, el cual se ha incrementado.

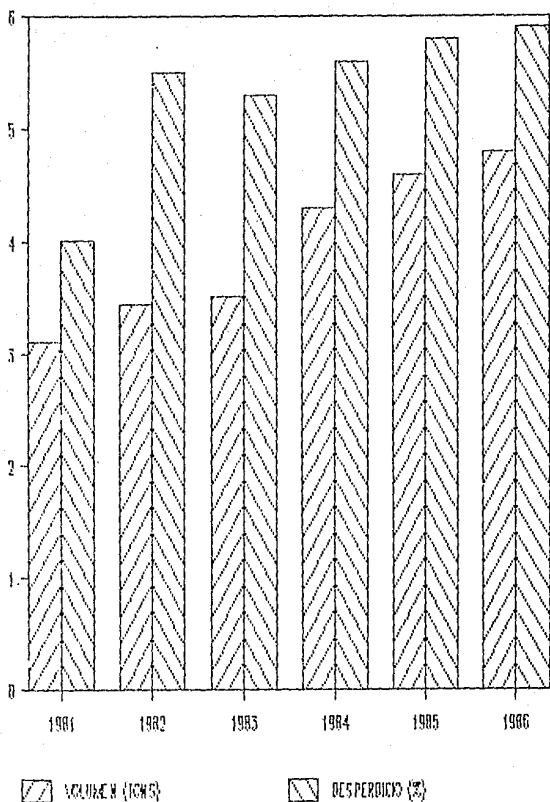


Fig. 1.4.1a Gráfica que muestra los volúmenes de producción en miles de toneladas.

Fig. 1.4.1b Gráfica que muestra la sectorización del mercado de CIPPSA.

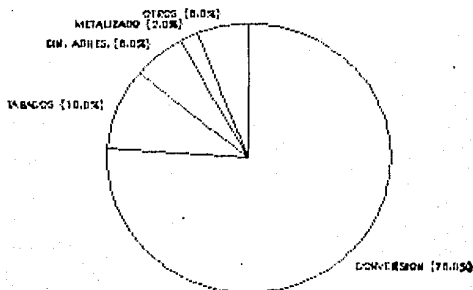
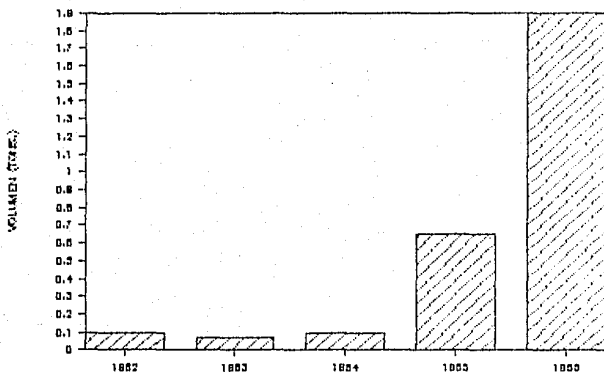


Fig. 1.4.1c Gráfica que muestra el volumen de ventas al exterior de CIPPSA.



INGENERIA DEL PRODUCTO

En éste capítulo se mencionarán las características y las propiedades que debe tener la materia prima que se adquiere para la elaboración de la película de polipropileno biaxialmente orientado. También se mencionarán los tipos de película de polipropileno que la fábrica produce, los cuales varían tan solo en el tipo de tratamiento que se le da a la película. Por último se mencionarán los datos técnicos y propiedades que tienen éstas películas al salir al mercado de envolturas y empaques.

2.1 MATERIA PRIMA.

La materia prima que se requiere para la elaboración de la película de polipropileno biaxialmente orientado es el polipropileno, el cual llega a la fábrica en forma de pelets o "chips". Esta materia prima debe de cumplir con ciertas especificaciones de buena calidad para obtener una película con excelentes características y que cumpla con los requisitos del mercado de envolturas y empaques.

Debido a que en nuestro país la industria petroquímica se encuentra monopolizada y no existen fabricantes de ésta materia prima que puedan surtir satisfactoriamente este producto se ha tenido que recurrir a la importación.

Dentro del mercado de polipropileno existen muchos fabricantes y distribuidores en el extranjero y estos han desarrollado muchos tipos de polipropileno con ciertas características y para usarse en diferentes procesos, por ejemplo existe un fabricante que tiene varios tipos de polipropileno para procesos de inyección, extrusión para fibras, extrusión para películas y para procesos de maquinado y cada uno de éstos tipos tiene ciertas características especiales para que el producto final cumpla con todas sus normas. Debido a la diversidad de éstos fabricantes y distribuidores, existen ciertas normas para la adquisición de ésta materia prima para poder obtener una película que cumpla con el mercado de envolturas y empaques.

Para la fabricación de películas de propileno biaxialmente orientadas se usan las materias primas siguientes:

MATERIA PRIMA	PROVEEDOR	PROCEDENCIA
Homopolimero de polipropileno	EXXON	USA
Copolimero	ELTEX	FRANCIA
Deslizante	BAYER	ALEMANIA
Antiestático	AKSO	USA
Antibloqueante	WACKER	ALEMANIA

2.1.1 CARACTERISTICAS.

El polipropileno que la fábrica adquiere, debe de tener las siguientes características:

- A.- Capaz de producir una película y poder darle orientación biaxial.
- B.- Que sea capaz de producir una película con excelente claridad.
- C.- Que no represente problemas durante la producción de la película.
- D.- Que cumpla con los requisitos de la U.S. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION.
- E.- Que sea puro.
- F.- Que sea capaz de producir una película con gran resistencia y gran claridad.

2.1.2 PROPIEDADES.

A parte de éstas características la fábrica requiere que el polipropileno tenga ciertas propiedades para que la película cumpla con las normas del mercado.

En la tabla 2.1.2a se muestran las propiedades que debe de reunir el homopolimero de polipropileno que adquiere la empresa como materia prima.

PROPIEDAD	UNIDADES	
DENSIDAD	-	0.89-0.91
RESISTENCIA A LA TENSION	PSI	5,307
ELONGACION (RUPTURA)	%	65.1
MODULO DE RIGIDEZ	PSI	170,279
DUREZA ROCKWELL (R)	-	71
RESISTENCIA A LA FLEXION	PSI	5,952
RESISTENCIA AL IMPACTO	LB-PIES/PUL	0.61
TEMPERATURA DE FUSION	°F	335

Tabla 2.1.2a Propiedades del homopolímero de polipropileno.

2.2 TIPOS DE PELICULAS.

La fábrica destina al mercado de envolturas y empaques cuatro tipos de películas, las cuales son:

- 1.- tipo A = Película para el mercado de impresión y envolturas.
- 2.- tipo B = Película para el mercado del tabaco.
- 3.- tipo C = Película apta para el mercado de envolturas metalizadas.
- 4.- tipo D = Película para el mercado de cintas adhesivas.

Cada uno de los cuatro tipos de películas varían tan solo en el tipo de tratamiento, por ejemplo existen tres tipos principales de tratamientos:

- A.- Tratamiento para que la película tenga capa selladora al calor.
- B.- Tratamiento antiestático.
- C.- Tratamiento eléctrico.

En cuanto a los tres tipos de tratamiento una película los puede tener en ambas caras, en una sola o en ninguna de las dos. Todo esto depende de las necesidades de los clientes.

De cada uno de éstos cuatro tipos de películas, se fabrican diferentes espesores los cuales van desde 20 hasta 40 micras.

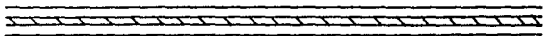
Para el desarrollo de éste estudio se tomó como base la película tipo A con tratamiento antiestático, capa selladora por ambas caras y tratada eléctricamente en una cara. Se eligió ésta película ya que es la que tiene mayor demanda en el mercado y por ende la que más se produce, por lo tanto la que genera más desperdicio. En base a esto es la que reúne los datos necesarios para la estructuración del programa así como para la comprobación de su buen funcionamiento.

2.3 DATOS Y PROPIEDADES DE LA PELICULA TIPO A DE 20, 25, 30, 35 y 40 MICRAS DE ESPESOR.

		UNIDAD	20	25	30	35	40
DATOS GENERALES	ESPEZOR	mm	0.021	0.026	0.031	0.035	0.040
	GRAVEDAD ESPECIFICA	g/cm ³			0.091		
	PESEO POR UNIDAD DE AREA	g/m ²	19.1	23.7	28.2	31.9	36.5
	RENDIMIENTO	m ² /Kg	52.4	42.2	35.5	31.4	27.4
DATOS DE PERMEABI- LIDAD	VAIOR DE AGUA	g/m ² ·DIA	1.1	0.9	0.7	0.6	0.5
	NITROGENO	cm ³ /m ² D·BAR	500	250	200	150	140
	OXIGENO	cm ³ /m ² D·BAR	1200	1000	850	750	600
	DIOXIDO DE CARBONO	cm ³ /m ² D·BAR	4500	3500	3000	2500	2100
PROPIEDADES MECANICAS	CARGA TENSIL Longitudinal	N/15mm	45	55	65	75	85
	AL PUNTO DE ROTURA Transversal		80	100	120	150	150
	RESISTENCIA TENSIL Longitudinal	N/mm ²	150				
	A LA ROTURA Transversal		250				
	ELONGACION AL Longitudinal	%	150				
	PUNTO DE ROTURA Transversal		50				
	MODULO A LA Longitudinal	N/mm ²	3000				
	FLEXION Transversal		5500				
	COEFICIENTE Polic/Polic	-	0.35				
	DE FRICCION Polic/Metal		0.25				
RESIST. A LA PROPA Longitudinal	N/mm	15					
GACION DEL RASADO Transversal		8					
PROPIEDADES TERMICAS	RANEO DE SELLADO AL CALOR	°C	120-145				
	TEMP. MAX. MORDAZAS	°C	155				
	RESISTENCIA DEL SELLADO Plana	N/15mm	4.0	4.5	5.5	6.0	6.5
	SEGUN TIPO MORDAZA C/Perfil		3.5	4.0	5.0	5.5	6.0
RESISTENCIA TEMPERATURA	°C	-50 a +120					
PROPIEDADES OPTICAS	OPACIDAD	%	2.5				
	BRILLO	GE	35				
RESISTENCIA QUIMICA	ALCOHOLES	-	RESISTENTE				
	HIDROCARBUROS	-	RESISTENCIA LIMITADA				
	ESTERES Y CROMAS	-	RESISTENCIA LIMITADA				
QUIMICA	SOLUCIONES SALINAS	-	RESISTENTE				
	COMPUESTO DIUROPLAST	-	RESISTENTE				

PROCESO DE FABRICACION

Básicamente el proceso de fabricación consiste en producir una película la cual depende de las características que desee el cliente. Estas características principalmente consisten en que si la película requiere las propiedades de sellado o no. Si la película requiere características de sellado estará formada por 3 capas, en donde la película de enmedio esta constituida por homopolímero de polipropileno y las dos películas que la cubren estan formadas por co-polímero de etileno y polipropileno. Este tipo de película se destina al mercado de envolturas y empaques. (ver fig.3.a). Pero si la película no requiere sellado entonces estará formada por una sola capa, la cual esta constituida de homopolímero de polipropileno, este es el caso de las películas destinadas para el mercado de cintas adhesivas. (ver fig.3.a).



a)



b)

Fig 3.a: Formación de la película a) 3 capas, b) 1 capa

3.1 DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION.

La línea de producción con la que cuenta la fábrica es un sistema integrado de máquinas para la producción co-extruída de película de polipropileno biaxialmente orientado.

El equipo consiste de un sistema de co-extrusión compuesto de dos extrusores que tienen diámetros de 8'' (200mm) y 3.5'' (90mm) respectivamente. En el inciso 3.1.1 se dará una explicación de los extrusores.

Cada extrusor es controlado por un microprocesador que está conectado a un sistema central de datos lógicos que registra las diferentes medidas de la película al principio y al final del proceso, así como también la velocidad de la máquina, la presión de los extrusores, las temperaturas en diferentes zonas del proceso, proporcionando los datos necesarios acerca del sistema. Tales como la velocidad de los tornillos sinfin de los extrusores, la presión del extrusor a la temperatura de fundición del polímero, y las 52 diferentes temperaturas en lugares específicos a través del sistema de co-extrusión, incluyendo el sistema de orientación longitudinal (MDO por sus siglas en ingles Machine Direction Orienter) y en las zonas de calentamiento de la película.

Tanto el homopolímero como el co-polímero se extruyen en unidades independientes y cada uno pasa a un sistema de filtrado.

Una vez que se ha extruído el homopolímero y el co-polímero se hacen pasar a través de un dado que su principal función es dar la forma de película al co-polímero y al homopolímero. En el

inciso 3.1.2 se dará una explicación del dado de extrusión, el cual tiene un diseño especial.

El polímero fundido al tener la forma de película pasa al sistema llamado "CAST" que consiste básicamente de 2 cilindros de aproximadamente 48'' (1200mm) de diámetro, un ancho de 38'' (960 mm) y con una superficie cromada de 0.003'' a 0.005'' de espesor. En el inciso 3.1.3 se explicará este sistema.

Al salir del sistema "cast", la película co-extruida ya se ha solidificado y se le mide su espesor mediante un medidor computarizado de grosor. El perfil del grosor de la película es visualizado en un monitor llamado CRT, y cualquier desviación en el espesor de la película además de visualizarse en el CRT se imprime y será almacenado en el sistema central de datos lógicos.

Una vez que ha pasado por el sistema de medición de grosor, la película entra a la MDO. Esta máquina estira la lámina en sentido longitudinal, mediante el precalentamiento que existe en una serie de cilindros calentados con aceite y mediante el diferencial de velocidad de los rodillos de enfriamiento.

Ahora la lámina se encuentra ya con una orientación axial y pasa al proceso de Orientación en Dirección Transversal llamado (TDO por sus siglas en inglés Transversal Direction Orienter) en donde la película recibirá orientación en sentido transversal a la dirección de la máquina. La película es transportada mediante unos clips, los cuales se mueven sobre un riel. En el inciso 3.1.4 se explicará con más detalle este proceso.

Al finalizar el proceso del TDO se obtiene entonces la película de polipropileno biaxialmente orientado con una anchura de 5 mts., y se procede a abrir los clips con los que está sujeta la película, después se hace un recorte de 10cm por lado debido a que esta parte de la película no recibió orientación ya que los clips sujetan por los lados a la película. Obteniendo una anchura final de 4.8mts.

Una vez que se ha recortado la orilla de la película se pasa esta por un sistema de medición de grosor, este sistema también indica la velocidad de salida, el ancho y el peso en Kgs. por hora.

Los recortes se recuperan mediante un sistema Automático de Recuperación de Tirillas (ASR por sus siglas en inglés Automatic Scrap Recovery). Este sistema lleva las tiras a una trituradora para producir pequeñas hojuelas las cuales se pueden reprocesar y junto con el co-polímero se alimentan a los extrusores.

Finalmente la película se corta en 3 partes y enseguida pasa a recibir un tratamiento llamado "corona", El cual sirve para mejorar las propiedades de la película y facilitar la impresión que se hará sobre éstas.

Al pasar la película éste tratamiento entra al sistema de enrollado maestro, en el cual se empieza a enrollar la película en rollos maestros, los cuales se almacenan para después pasarlos al departamento de tajado en donde se cortará la película a la medida deseada por el cliente.

En caso de algún paro de emergencia, éste sistema de producción está provisto de un sistema para detenerse

automáticamente desde los extrusores hasta los enrolladores maestros. Este dispositivo tiene una alarma así como una señal en la consola de control, la cual indica en dónde se encuentra la falla.

En la figura 3.1a se muestra el diagrama del proceso de fabricación.



| a | b | c | d | e | f | g | h |

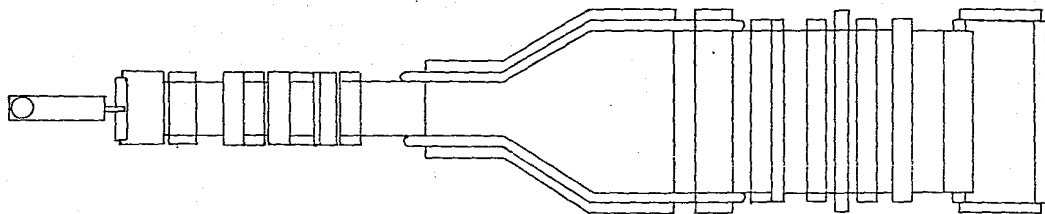


Fig. 3.1a Diagrama del proceso de fabricación de película de polipropileno biaxialmente orientada. (a = Sistema de co- extrusión; b = Sistema "CAST"; c = MDO; d = TPO; e = Sistema de tracción; f = Sistema de medición de grosor; g = Puente de transferencia y Tratamiento Corona; h = Sistema de enrollado).

3.1.1 PROCESO DE EXTRUSION.

El proceso de extrusión consiste en el ablandamiento mediante la presurización de un material que se encuentra en forma sólida. Éste material se va transportando mediante un tornillo sinfin el cual se encuentra dentro de un cilindro. El tornillo sinfin va presionando al material sólido en contra de las paredes del cilindro para que por medio de la fricción que se genera entre el material, esto se logre ablandar y después pueda pasar a través de un dado de extrusión con un diseño especial, para darle una forma determinada a dicho material sin que se pierdan o alteren sus propiedades. El proceso de extrusión requiere que el material a extruir sea capaz de fluir.

El extrusor es capaz de mantener una presión constante y un flujo uniforme.

Un extrusor consta básicamente de un motor DC, un reductor de engranes, una tolva, un cilindro de calentamiento y un tornillo sinfin. Este último tiene tres secciones que son el área de alimentación, el área de fundición y transición y por último el área de medición.

La figura 3.1.1a muestra el diagrama de un extrusor con sus principales componentes. Al estar en operación el extrusor el material a extruir se deposita en la tolva de alimentación y una vez que está fundido pasa a través del dado de extrusión.

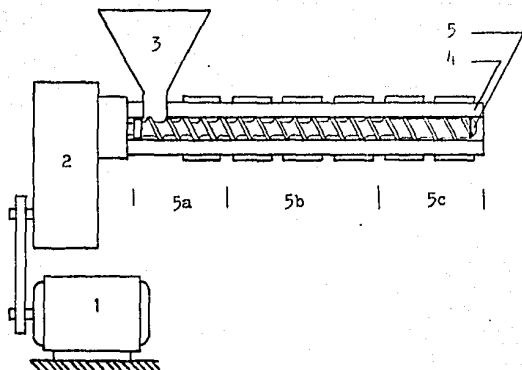


Fig.3.1.1a Diagrama de un extrusor con sus principales componentes: 1) Motor; 2) Reductor de engranes; 3) Tolva; 4) Cilindro de calentamiento; 5) Tornillo sin fin con 3 secciones: 5a) Alimentación; 5b) Fundición-Transición; 5c) Medición.

3.1.2 DADO DE EXTRUSION.

El dado de extrusión sirve para dar una forma determinada a un material que ha sido fundido por lo que siempre tiene un diseño de acuerdo a la forma que se le quiera dar al material extruido, en este caso es en forma de película.

El dado debe de tener dispositivos de ajustes para controlar el perfil del espesor.

Otra de las funciones del dado es ayudar a controlar la razón de flujo que pasa por éste a partir del extrusor y así obtener un flujo uniforme.

El dado de extrusión para película de polipropileno tiene un diseño especial para que a la salida de éste se pueda formar una película con tres capas o una sola. En la figura 3.1.2a se muestra la sección transversal de este dado.

Como se puede ver en la figura, por el canal central del dado, fluye el homopolímero y por los canales que se encuentran a los lados de éste fluye el co-polímero, formando así una película con tres capas apta para el mercado de envoltura y empaques. Pero en caso de que no se quiera producir ésta película con tres capas se deja de extruir el co-polímero y trabaja únicamente el extrusor de homopolímero formando así una película con una sola capa.

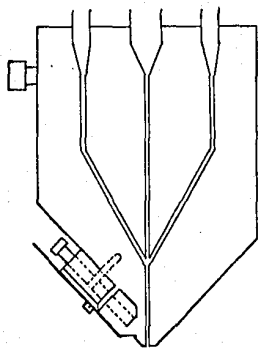


Fig. 3.1.2a Sección transversal del dado de extrusión.

3.1.3 SISTEMA "CAST".

El sistema "CAST" consiste en enfriar el polímero que sale en forma de película del dado. Y al enfriarse a determinada temperatura ésta película se cristaliza.

Este enfriamiento es mediante unos cilindros que tienen la parte interior en forma espiral. La temperatura a la que deberá estar la superficie del cilindro deberá ser de $\pm 1^{\circ}\text{F}$. Los cilindros son enfriados internamente con agua, mediante un sistema independiente de transferencia de calor. Los cilindros están provistos de un sistema el cual conduce y deposita el contenido de agua en un tanque de acero inoxidable. La temperatura del agua que se encuentra dentro del tanque es controlada mediante un sistema independiente de transferencia de calor. En la figura 3.1.3a se muestra un diagrama del sistema "CAST".

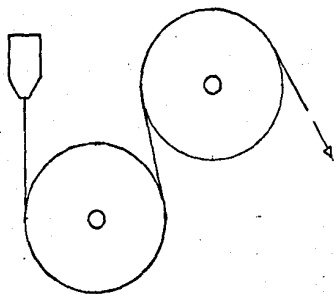


Fig. 3.1.3a Diagrama del sistema "CAST".

3.1.4 SISTEMA TDO.

Este sistema tiene por objeto dar a la película una orientación transversal al flujo de la línea de producción. La razón de estiramiento que se les da a estas películas varía desde 7:1 hasta 10:1.

Esta orientación está dentro de una zona de multicalentamiento por medio de vapor llamado horno. Este horno provee el calentamiento adecuado para permitir que la película co-extruida pueda ser estirada longitudinalmente. Dentro de ésta zona existen 7 zonas de precalentamiento las cuales están controladas por el sistema central de datos lógicos.

La película al entrar al TDO se sujeta mediante unos clips de tracción que están rotando sobre un riel. Ver figura 3.1.4a.

Como se puede ver en la figura éstos rieles estiran a la película transversalmente.

Una vez que la película ha recibido un estiramiento transversal, se procede a retirar de los clips.

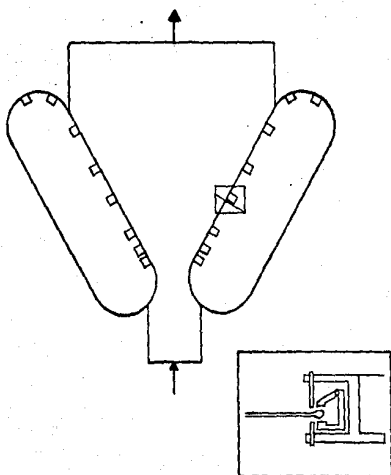


Fig 3.1.4a Diagrama de la TDO. a) Clips.

3.2 DESCRIPCION DEL EQUIPO Y MAQUINARIA.

Ahora se hará la descripción del equipo y maquinaria con el que cuenta la línea de producción.

Esta descripción se llevará a cabo de acuerdo al flujo de producción, esto es, se empezará a describir el equipo de extrusión y se terminará con el sistema de enrollado.

3.2.1 SISTEMA DE CO-EXTRUSION:

Como ya se mencionó el sistema de co-extrusión que se requiere para este proceso de fabricación está constituido por dos extrusores y por el dado de extrusión.

3.2.1.1 EXTRUSOR PRINCIPAL:

- A.- Diámetro del barril de fusión de 8''.
- B.- Calentado mediante resistencias eléctricas.
- C.- Reductor de engranes con una razón de reducción de 17/1 para proporcionar al tornillo sinfin un giro de 100 rpm.
- D.- Intercambiador de calor con bombeo múltiple.
- E.- Panel de control de 14 diferentes zonas de temperaturas.
- F.- Motor de 500 HP.
- G.- Tolva de alimentación.

3.2.1.2 EXTRUSOR SATELITE:

- A.- Diámetro del barril de fusión de 3.5''.
- B.- Calentamiento por medio de resistencias eléctricas.
- C.- Reductor de engranes con una razón de reducción de 17/1 para proporcionar al tornillo sinfin un giro de 100 rpm.
- D.- Panel de control de 7 zonas diferentes de temperaturas.
- E.- Motor de 100 HP.
- F.- tolva de alimentación.

3.2.1.3 DADO DE EXTRUSION:

- A.- Anchura del dado para producir una película con una anchura de 0.9 mts.
- B.- Combinación interna.
- C.- Labios flexibles.

3.2.2 SISTEMA "CAST":

- A.- 2 rodillos de 37.8'' de ancho y 47.5'' de diámetro.
- B.- Tambo principal de almacenamiento de agua de 35.5'' de diámetro.
- C.- Tanque de acero inoxidable para enfriamiento de agua.
- D.- Cuchilla de aire.
- E.- Dispositivo de ajuste vertical y horizontal de los rodillos.
- F.- Componentes neumáticos y mecánicos para el funcionamiento de los rodillos.

3.2.3 MDO (MACHINE DIRECTOR ORIENTER):

A.- Configuración de los rodillos:

- 1.- 8 Rodillos de precalentamiento de 23.62'' de diámetro.
- 2.- 2 Rodillos de tracción de 7.87'' de diámetro.
- 3.- 1 rodillo de calentamiento de 23.62'' de diámetro.
- 4.- 1 rodillo de estiramiento de 23.62'' de diámetro.
- 5.- 2 rodillos de templado de 3.94'' de diámetro.

B.- Sistema mecánico de impulsión con reductores de velocidad.

C.- Componentes neumáticos.

D.- Hilado automático.

E.- Uniones giratorias y conductos internos.

F.- Alambrado interno.

G.- Dispositivos de seguridad.

H.- Control independiente de velocidad para los rollos de salida al final de la máquina.

I.- Conexiones para válvulas especiales para un sistema de transferencia de calor.

3.2.4 SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CALOR:

A.- Configuración:

	LIQUIDO USADO	LTS./MIN	AREA DE ENFRIA- MIENTO PIES ²
1.- Tambor de almacena- miento de agua para el sistema "CAST"	agua/agua	4.24	11
2.- Tanque de enfria- miento para el sistema "CAST"	agua/agua	1.94	16
3.- Rodillos de preca- lentamiento 1 y 2	fluido térmico	6.7	-
4.- Rodillos de preca- lentamiento 3 y 4	fluido térmico	6.7	-
5.- Rodillos de preca- lentamiento 5 y 6	fluido térmico	6.7	-
6.- Rodillos de preca- lentamiento 7 y 8	fluido térmico	6.7	-
7.- Rodillos de tracción	fluido térmico	12	-
8.- Rodillos de Templado	agua/agua	12	16

B.- Consola de control con:

- 1.- Controladores de temperatura.
- 2.- Señal de operación del sistema de bombeo.

3.2.5 TDO (TRANSVERSE DIRECTOR ORIENTER):

A.- Longitud total del riel de conducción de los clips
42.7 mts.

B.- Anchura entre los rieles:

1.- Al Entrar a la TDO = 0.9 mts.

2.- Al Salir de la TDO = 5.0 mts.

C.- Clips:

1.- De acero inoxidable.

2.- Capacidad de cada clip = 9 Kg/cm.

D.- Descripción de las zonas del horno de calentamiento:

1.- 3 zonas de precalentamiento con 14.7 mts.

2.- 2 zonas de estiramiento de 11.0 mts.

3.- 2 zonas de calentamiento de 9.2 mts.

4.- Una zona de enfriamiento de 3.7 mts.

TOTAL 38.6 mts.

E.- temperatura máxima de calentamiento 200°C.

F.- Temperatura de enfriamiento 20°C.

G.- Cubierta aisladora del horno.

H.- Puertas de acceso laterales a través del horno.

I.- Controladores de temperaturas para cada una de las
zonas de calentamiento.

3.2.6 SISTEMA DE MEDICION DE GROSOR DE LA PELICULA:

- A.- Hay dos sistemas de medición a través de la línea de producción:
 - 1.- Al salir del sistema "CAST".
 - 2.- Al salir del "TDO".
- B.- Cabezas de medición.
- C.- Microprocesador.
- D.- Panel de control que incluye:
 - 1.- Monitor.
 - 2.- Contador digital de desviación.
 - 3.- Localización de un punto determinado a lo ancho de la película.
 - 4.- Estandarización automática.
- E.- Impresora.

3.2.7 PUENTE DE TRANSFERENCIA DE PELICULA:

- A.- Sistema de corte de la película por medio de navajas.
- B.- Rodillo de soporte para la película.
- C.- Guías para la película.
- D.- Escalera y pasillo.
- E.- Dispositivo de seguridad.

3.2.8 TRATAMIENTO CORONA:

A.- 2 dispositivos con una anchura máxima de 2.625 mts. cada uno.

B.- Cada dispositivo cuenta con:

- 1.- Voltaje de entrada 440/220 V, 3 fases, 60 hz.
- 2.- Salida: 25 KVA, frecuencia desde 0 hasta 9600 HZ.
- 3.- 2 rodillos de tratamiento de 17.75" de diámetro.
- 4.- Electrodo segmentado con movimiento mecánico y en sentido vertical.
- 5.- Cerrado completamente con puertas de acceso y ventanas de inspección de plexiglass.

3.2.9 MOTORES DE DC:

A.- Especificaciones:

- 1.- Regulación de 0.1 %.
- 2.- Rango de velocidad 10:1.

B.- Consola de control integrada a la consola principal.

C.- Motores:

- 1.- Sistema "CAST" = 2 HP.
- 2.- MDO:
 - a.- Para rodillos de precalentamiento = 10 HP.
 - b.- Para los rodillos de tracción = 25 HP.
 - c.- Para los rodillos de templado 3 HP.
- 3.- TDD = 100 HP.
- 4.- Tratamiento corona:
 - a.- Dispositivo 1 = 2 HP.
 - b.- Dispositivo 2 = 2 HP.

3.2.10 SISTEMA DE ENROLLADO:

- A.- El sistema cuenta con 3 enrolladores.
- B.- Anchura a lo máx. y a lo min. de cada enrollador:

1.- Enrollador A:

Min = 132 cm.

Máx = 167.5 cm.

2.- Enrollador B:

Min = 145 cm.

Máx = 256 cm.

3.- Enrollador C:

Min = 92 cm.

Máx = 167.5 cm.

- C.- Capacidad de enrollado de cada enrollador = 750 mm de diámetro por rollo.
- D.- Diámetro máximo del tubo de enrollado 150 mm.

3.2.11 RECICLADORA DE RECORTES DE DESPERDICIO:

- A.- Extrusor de 8'' con doble tolva:

- 1.- Tolva 1 para depositar recortes de desperdicio.
- 2.- Tolva 2 para depositar materia prima en forma de pelets.

- B.- Sistema de mezclado de pelets y recortes. Envía la mezcla al extrusor.

ANALISIS DEL METODO ACTUAL DE ENROLLADO

El método de enrollado de la película de polipropileno biaxialmente orientado es la parte en donde se enfoca éste estudio ya que aquí se genera la mayor cantidad de desperdicio. Esto se debe a que la fábrica taja la película a la medida que desea el cliente a partir de los 3 rollos maestros y como se tiene más de un cliente y cada uno requiere un tamaño y una cantidad diferente de rollos. Esto provoca mucha inestabilidad en el tajado originando mucho desperdicio.

En este capítulo se explicará el sistema de enrollado que tiene en la actualidad la fábrica, se planteara el problema de generación de desperdicio, se mencionará la distribución de la producción de los tipos de película fabricados, también los tipos de película que generan mas desperdicio.

4.1 SISTEMA DE ENROLLADO ACTUAL.

Como ya se mencionó el sistema de enrollado cuenta con tres enrolladores de película, con su capacidad de enrollado y anchuras determinadas. (ver tema 3.2.10).

En la actualidad la fábrica no tiene un método para determinar el mejor aprovechamiento de los rollos maestros, por lo que depende de la experiencia de los trabajadores de tajado y del personal técnico. Quedando este método sujeto a errores humanos, representando graves pérdidas para la fábrica y la

posible pérdida de competitividad en el mercado de envolturas y empaques. Surgiendo la necesidad de crear un método de optimización de tajado para reducir los desperdicios.

4.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Se presenta un problema de generación de desperdicio originado por los dos factores antes mencionados y que se enumeran a continuación:

- 1.- Anchuras diferentes requeridas por cada cliente.
- 2.- Cantidades de rollos diferentes deseadas por los clientes.

Estos factores hacen que el método de tajado no esté estandarizado, por lo que se genera un desperdicio en promedio de 60 toneladas trimestrales.

Esto se debe a la falta de medidas comerciales estandarizadas y a la gran diversificación del mercado de envolturas y empaques. Por lo que la fábrica no puede tajar solo determinado tipo de anchuras ya que si así lo hiciera perdería mercado.

Por otra parte la empresa no puede crear un stock de reserva ya que el producto se degrada y se incurrirían en más costos tanto de almacenaje como de desperdicio.

4.3 DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION DE LOS TIPOS DE PELICULA FABRICADOS.

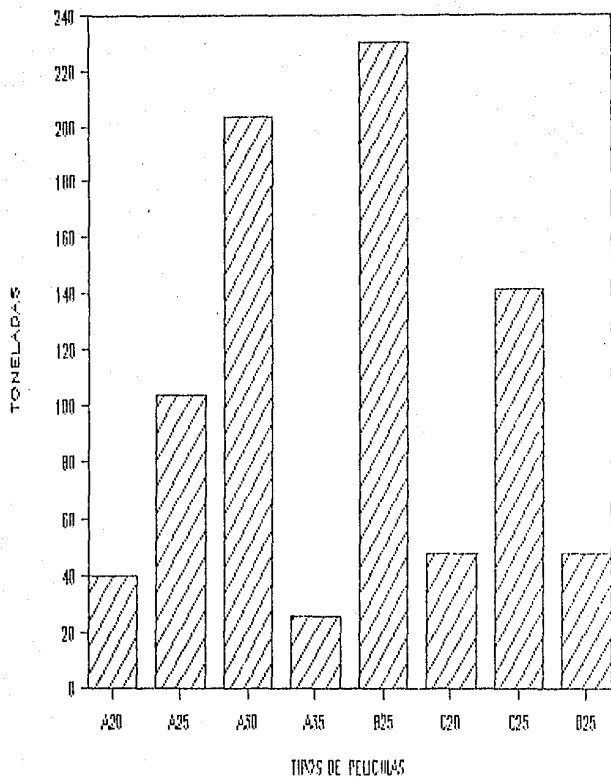
La distribución de la producción de la fábrica se muestra en la gráfica 4.3a. Esto con el objeto de ver cuales son los tipos de películas que se producen para después hacer un análisis del desperdicio que genera cada uno de ellos y obtener una relación de producción-desperdicio durante el tajado de cada tipo.

En el capítulo II se mencionaron los tipos de película y los tipos de tratamiento que se le puede dar a ésta. Para manejar con mayor facilidad la información de las características de la película, la fábrica creó un código en el cual se incluye el tipo de película y el micraje que tiene ésta. Ejemplo: código A/20 este indica que se trata de la película tipo A con un espesor de 20 micras.

Como se puede ver en la la gráfica de distribución de producción los tipos de película que mas se producen son:

- 1.- B/25 con 230 toneladas.
- 2.- A/30 con 204 toneladas.
- 3.- C/25 con 142 toneladas.
- 4.- A/25 con 104 toneladas.
- 5.- D/35 con 48 toneladas.

Estos tipos de película representan el 85 % de la producción de la fábrica durante 3 meses.



Gráfica 4.3a Muestra la distribución de la producción de CIPPSA.

4.4 TIPOS DE PELICULAS QUE GENERAN MAS DESPERDICIO.

La principal causa de desperdicio de película es, que en algunas de las medidas solicitadas por los clientes no se aprovecha el rollo maestro en su totalidad al momento de tajarlo ya que al enrollarlo ya viene éste con una anchura determinada por lo que se tiene que acomodar el mayor número de anchuras posibles para aprovecharlo al máximo y como no hay un método exacto solo el del tanteo esto hace que el desperdicio este en la habilidad del personal de tajado.

En la gráfica 4.4a se muestra la distribución de desperdicio que tienen los tipos de película tajados.

Como se puede observar los tipos que generan mas desperdicio son:

- 1.- C/25 con 17.4 ton.
- 2.- D/35 con 10.4 ton.
- 3.- A/25 con 9.4 ton.

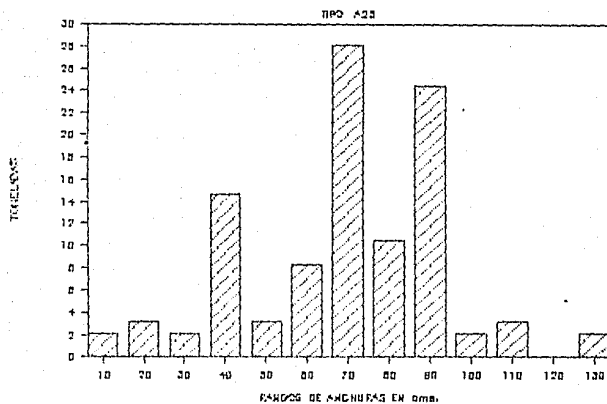
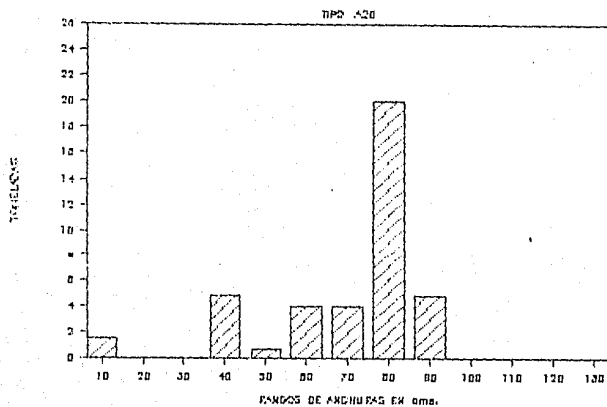
Se debe hacer notar que éstos tres tipos están entre los 5 productos que más se fabrican. Con esto nos damos cuenta de la gran cantidad de desperdicio que se genera.

En las gráficas 4.4b, 4.4c, 4.4d y 4.4e se muestra la distribución de tajado por tipo de película de acuerdo al porcentaje que más se solicita dentro de una anchura.

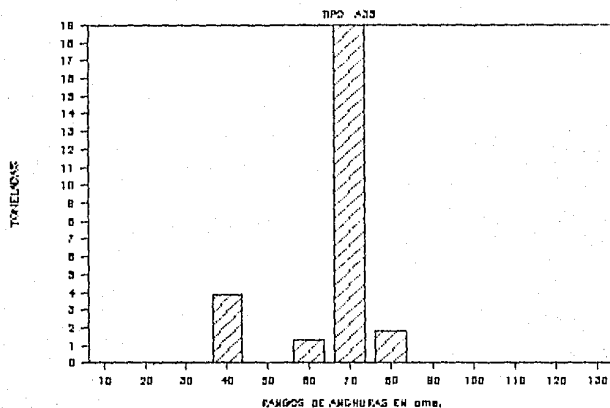
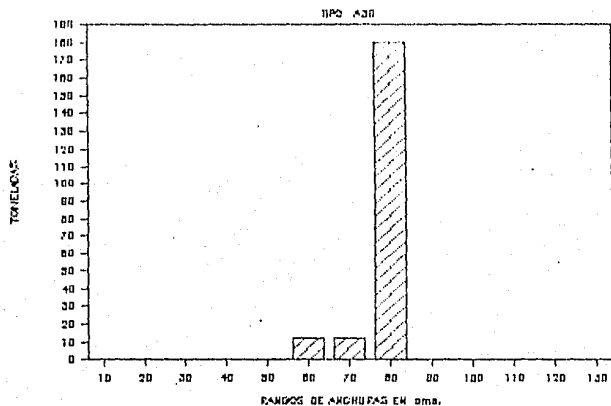
De acuerdo con éstas gráficas el caso A/25 es muy especial ya que es de los 5 principales tipos de películas que se produce y es el que tiene mayor rango de anchuras solicitadas por lo que es ésta la razón para que éste tipo se encuentre entre los que más desperdicio genera.



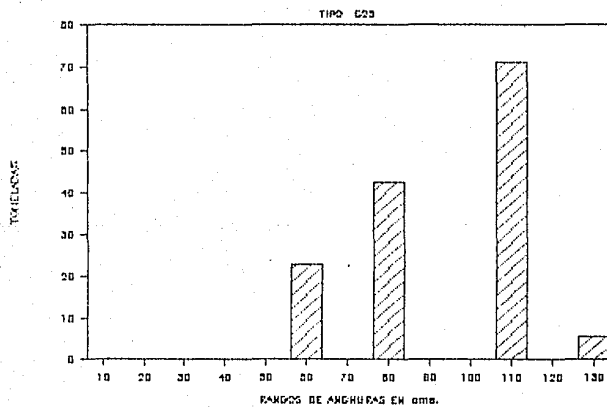
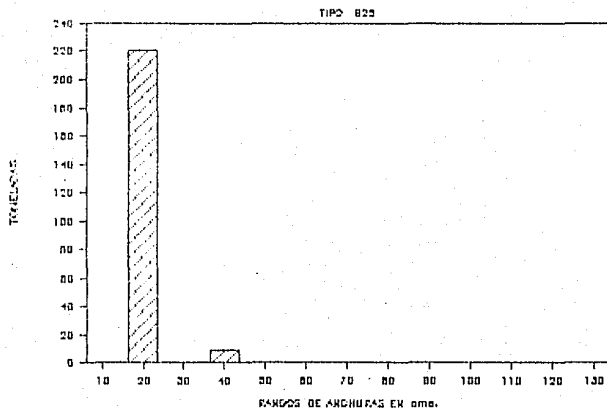
Gráfica 4.4a Muestra la distribución de desperdicio que tienen los tipos de películas al tajarlos.



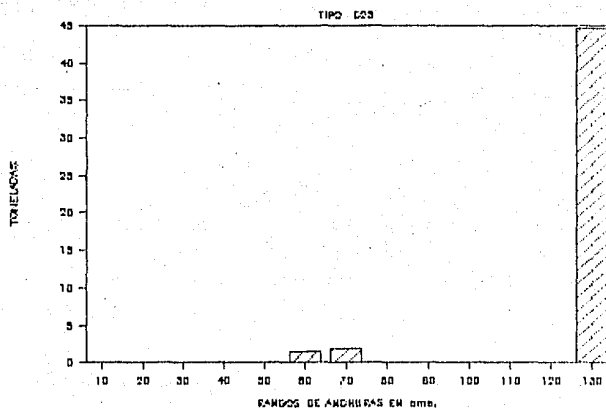
Gráfica 4.4b Muestra la distribución de tajado por tipo de película.



Gráfica 4.4c Muestra la distribución de tajado por tipo de película.



Gráfica 4.4d Muestra la distribución de tajado por tipo de película.



Gráfica 4.4e Muestra la distribución de tajeado por tipo de película.

DESARROLLO DEL PROGRAMA DE COMPUTADORA

En éste capítulo se muestra el diagrama de flujo, las instrucciones del programa y una corrida de éste.

El programa que se desarrolló se elaboró en lenguaje Turbo Pascal y en una PC Printaform.

La corrida del programa se efectuó con los siguientes datos:

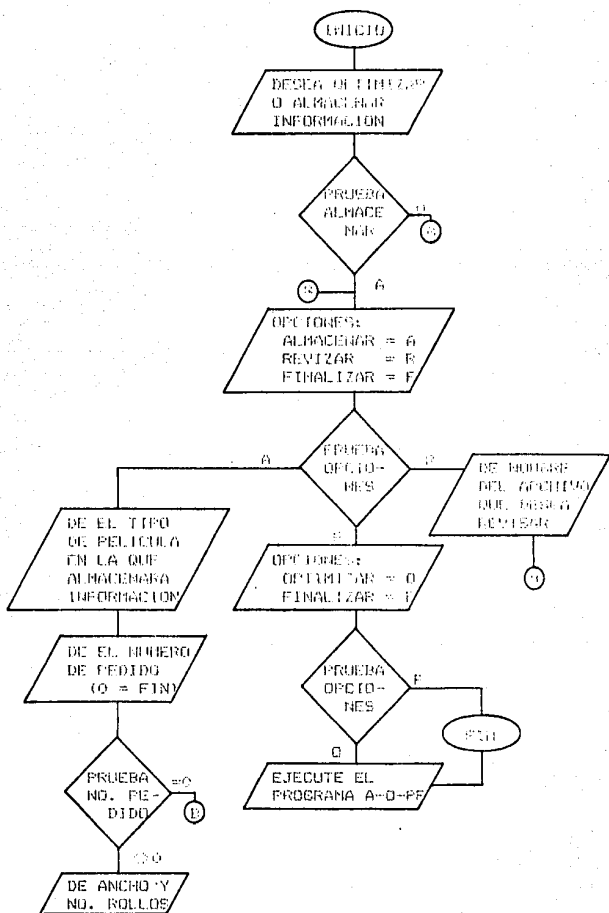
A.- Tipo de película A25.

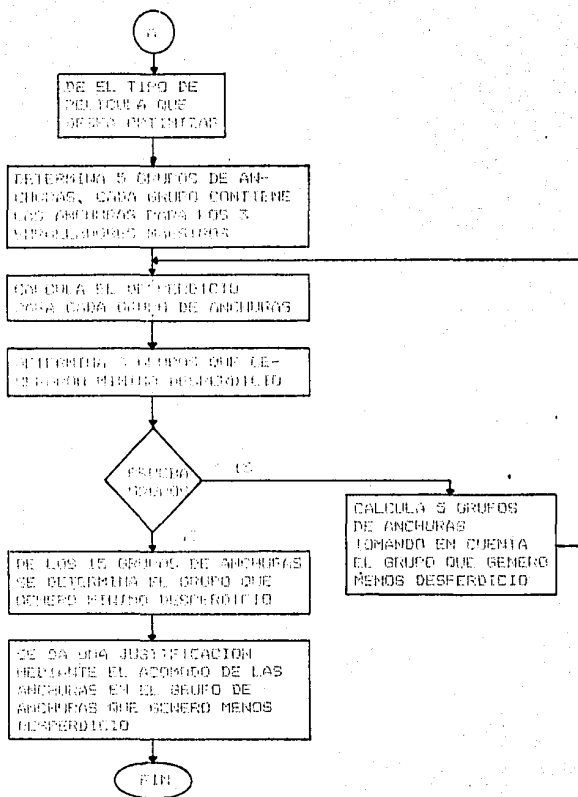
B.- En el archivo A25 se tenían los siguientes datos:

NO. DE PEDIDO	ANCHO(Cm)	NO. DE ROLLOS
1	13.5	12
2	39.4	8
3	41.0	7
4	48.0	5
5	50.0	8
6	60.0	5

Por último se debe hacer notar que la longitud de los rollos solicitados por los clientes es igual a la longitud de los rollos maestros producidos.

5.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA.





5.2 INSTRUCCIONES DEL PROGRAMA.

```
PROGRAM A_OFF;
CONST
  NUM_MAX_PED = 10;
  RECSIZE = 250;
  BUFSIZE =250;

TYPE
  DATOS_PED = RECORD
    ITEMN : INTEGER;
    ANCHO : REAL;
    NO_ROLLOS : INTEGER ;
  END;

VAR
  TOD_PED :FILE OF DATOS_PED;
  PEDIDO:DATOS_PED;
  TOD_PRU : FILE OF DATOS_PED;
  NOM_ARCH,DESTNAME:STRING(9);
  NP,I,RECSREAD:INTEGER;
  O1,O9,STOP :STRING(2);
  SOURCE,DEST :FILE;
  BUFFER : ARRAY [1..RECSIZE,1..BUFSIZE] OF BYTE;

procedure CREA_ARCH;
BEGIN
  CLRSCR;
  WRITE('DE EL NOMBRE DEL ARCHIVO QUE DESEA CREAR ');
  READLN(NOM_ARCH);
  ASSIGN(TOD_PED,NOM_ARCH);
  REWRITE(TOD_PED);
  WITH PEDIDO DO
  BEGIN
    ANCHO:=0;NO_ROLLOS:=0;
    FOR I := 1 TO NUM_MAX_PED DO
    BEGIN
      ITEMN := I;
      WRITE(TOD_PED,PEDIDO);
    END;
  END;
  CLOSE(TOD_PED);
END;

PROCEDURE ALM_ARCH;
BEGIN
  CLRSCR;
  WRITE('DE EL NOMBRE DEL ARCHIVO AL QUE VA ALMACENAR
  INFORMACION ');
  READLN(NOM_ARCH);
  ASSIGN(TOD_PED,NOM_ARCH); RESET (TOD_PED);
  CLRSCR;
  WRITE('DE EL NUMERO DE PEDIDO AL QUE VA ALMACENAR
  INFORMACION ');
  READLN(NP);
  WHILE NP IN[1..NUM_MAX_PED] DO
```

```

BEGIN
  SEEK(TOD_PED,NP-1);
  READ(TOD_PED,PEDIDO);
  WITH PEDIDO DO
  BEGIN
    P.DIDO.ITEMN:=NP;
    WRITE('DE EL ANCHO DEL ROLLO ');
    READLN(PEDIDO.ANCHO);
    WRITE('DE EL NUMERO DE ROLLOS ');
    READLN(PEDIDO.NO_ROLLOS);
    SEEK(TOD_PED,NP-1);
    WRITE(TOD_PED,PEDIDO);
  END;
  CLRSCR;WRITELN;
  WRITE('DESEA ALMACENAR MAS INFORMACION DE EL NUMERO DE
        PEDIDO ( 0 = FIN) ');
  READLN(NP);
  END;
  CLOSE(TOD_PED);
END;

```

```

PROCEDURE REV_ARCH;
BEGIN
  CLRSCR;
  WRITE('DE EL NOMBRE DEL ARCHIVO QUE DESEA REVISAR ');
  READLN(NOM_ARCH);
  ASSIGN(TOD_PED,NOM_ARCH);
  RESET(TOD_PED);
  PEDIDO.ITEMN:=0;PEDIDO.ANCHO:=0;PEDIDO.NO_ROLLOS:=0;
  WRITELN('PEDIDO          ANCHO
          NUMERO DE ROLLOS');
  FOR I := 1 TO NUM_MAX_PED DO
  BEGIN
    READ(TOD_PED,PEDIDO);
    WITH PEDIDO DO
    BEGIN
      IF ANCHO>0 THEN
        WRITELN(' ',ITEMN:2,'          ',ANCHO:3:1,'
                ',NO_ROLLOS:7);
    END;
  END;
  CLOSE(TOD_PED);
  READLN(STOP);
END;

```

```

BEGIN
  CLRSCR;
  WRITE('*****
        *****');
  WRITE('PROGRAMA DE ALMACENAMIENTO DE DATOS PARA EL PROGRAMA
        DE OPTIMIZACION DE ANCHURAS');
  WRITELN('*****
        *****');
  WRITELN(' ');

```

```

WRITE('DESEA OPTIMIZAR O ALMACENAR INFORMACION (O/A) ');
READLN(O1);
IF O1 = 'A' THEN
  BEGIN
  REPEAT
    CLRSCR;
    WRITELN('OPCIONES');
    WRITELN('  ALMACENAR INFORMACION      = A');
    WRITELN('  CREAR NUEVO ARCHIVO              = C');
    WRITELN('  REVISAR ALGUN ARCHIVO             = R');
    WRITELN('  FINALIZAR                          = F');
    WRITELN(' ');
    WRITELN('<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<< ELIJA SU OPCION >>>>>>>>>>>>>>>>>>>');
    READLN(O9);
    CASE O9 OF
      'A' : ALM_ARCH;
      'C' : CREA_ARCH;
      'R' : REV_ARCH;
    END;
  UNTIL O9 = 'F';
  WRITE(' ');
  WRITE('DESEA OPTIMIZAR ALGUN ARCHIVO O FINALIZAR (O/F)');
  READLN(O1);
END;
IF O1 = 'O' THEN
  BEGIN
  WRITELN(' ');
  WRITELN('*****');
  WRITELN('*****');
  WRITELN('PARA OPTIMIZAR EJECUTE EL PROGRAMA <<<<< O_A_FF');
  WRITELN('>>>>>');
  END;
END.

```



```

PROGRAM O_A_PP;
TYPE
  ENROLLADORES = ARRAY [1..3] OF REAL;
  DESPERDICIO = ARRAY [1..15] OF REAL;
  DATOS_PED = RECORD
    ITECN : INTEGER;
    ANCHO:REAL;
    NO_ROLLOS:INTEGER;
  END;

CONST
  A_ENR_MAX : ENROLLADORES = (167.5,256.0,167.5);
  A_ENR_MIN : ENROLLADORES = (132.0,143.0,92.0);
  RECSIZE = 250;
  BUFSIZE = 250;
  NUM_MAX_PED = 10;

VAR
  TOD_PED : FILE OF DATOS_PED;
  MEDIO: DATOS_PED;
  NOM_ARCH,STOP:STRING[41];
  INDICA,L,B,OP,U,J,N,M,CT,CM,CCH,CCT,K,E,C,D,GUAR,G,H,
  MILDABE:INTEGER;
  JJ,MM,AA_MAX,T_DESP_ANCH,GUARDA,A,TOT_DESP:REAL;
  X:ARRAY[1..15,1..3] OF REAL;
  T_DESP_O,T_DESP : DESPERDICIO;
  INDICADOR: ARRAY[1..15] OF INTEGER;
  ANCHO_RM : ENROLLADORES;
  SOURCE,DEST : FILE ;
  PRUEBA,DESTNAME:STRING[61];
  BUFFER : ARRAY[1..RECSIZE,1..BUFSIZE] OF BYTE;
  RECSREAD,I : INTEGER;
  BANDERA,IMPRESION:BOOLEAN;

```

```

{~~~~~}
PROCEDURE FILECOPY;

```

```

BEGIN
  ASSIGN(SOURCE,NOM_ARCH);
  RESET(SOURCE);
  DESTNAME := 'PRUEBA';
  ASSIGN(DEST,DESTNAME);
  REWRITE(DEST);
  FOR I := 1 TO NUM_MAX_PED DO
  BEGIN
    BLOCK READ(SOURCE,BUFFER,BUFSIZE,RECSREAD);
    BLOCKWRITE(DEST,BUFFER,RECSREAD);
  END ;
  CLOSE(SOURCE);CLOSE(DEST);
END;

```

PROCEDURE TADGET;

CONST

NUM_MAX_PED = 10;
MICKRAJ_TOTAL = 400;
MESSAGE_MIN = 500;

TYPE

DATOS_PED = RECORD
 TIME: INTEGER;
 MICKRAJ: REAL;
 NO_ENROLLAS: INTEGER;
END;
ENROLLADORS = ARRAY [1..3] OF REAL;

VAR

TOT_PED: FILE OF DATOS_PED;
PEDIDIO: DATOS_PED;
PED_A_OED: ARRAY [1..10] OF DATOS_PED;
PED_OED: ARRAY [1..10] OF DATOS_PED;
STOP: STRING(3);
FI, I, H_PED_OED, PE, OJ: INTEGER;
CORRIDA, HBR FI, PES, SALIDAS: BOOLEAN;

H_OBR, OBR, N_OBR, Y, CORR_TAD, P, CORR_PROD, EPR, NM_MAX,
R_TAY: INTEGER;
DASH, DE_OBR, F_PRODICTO, TO_PRODICTO: REAL;
MESSAGE: FILE OF ENROLLADORS;
PAGA: STRING(4);
C7: ARRAY [1..NUM_MAX_PED] OF INTEGER;

(******)

FUNCTION N_TOT_ROLLS: INTEGER;

BEGIN

 IT:=0;
 FOR I := 1 TO R_MAX DO FI := FI + PED_OED[I].NO_ENROLLAS;
 N_TOT_ROLLS := FI;

END;

(******)

FUNCTION METRO: REAL;

BEGIN

 METRO := 0.692 * (MICKRAJ * 0.000009);

END;

(******)

PROCEDURE PRODUCCION;

CONST

MESSAGE_MIN = 500;

BEGIN

 CASE MICKRAJ OF
 10 : METROS := 12000;
 25 : METROS := 9500;

```

30 : METROS := 7500;
35 : METROS := 7000;
40 : METROS := 6000;
END;
FOR I := 1 TO 3 DO METRAJE(I) := METRAJE(I)+METROS;
CORR_PROD := CORR_PROD+1;
FFPRODUCIDO := METROS * ANCHO_TOTAL * MICRAJE * 0.000009;
END;

```

(*****)

```

PROCEDURE SAC_ARCH;
VAR HH: INTEGER;

```

```

BEGIN
  ASSIGN(TOD_PED, 'PRUEBA');
  RESET(TOD_PED);
  FOR I := 1 TO NUM_MAX_PED DO
  BEGIN
    PED_A_ORD(I).ANCHO:=0;
    PED_ORD(I).ANCHO:=0;
    PED_A_ORD(I).NO_ROLLOS:=0;
    PED_ORD(I).NO_ROLLOS:=0;
    PED_A_ORD(I).ITEMN:=0;
    PED_ORD(I).ITEMN:=0;
  END;
  WITH PEDIDO DO
  BEGIN
    ITEMN:=0;ANCHO:=0;NO_ROLLOS:=0;
    FOR I := 1 TO NUM_MAX_PED DO
    BEGIN
      READ(TOD_PED,PEDIDO);
      PED_A_ORD(I) := PEDIDO;
    END;
  END;
  CLOSE(TOD_PED);
  HH:=0;
  FOR I :=1 TO NUM_MAX_PED DO
  BEGIN
    IF PED_A_ORD(I).ANCHO >0 THEN
    BEGIN
      HH:=HH+1;
    END;
  END;
  N_MAX := HH;
END;

```

(*****)

```

PROCEDURE ORDENA_PEDIDOS;
VAR H: INTEGER;

```

```

PROCEDURE INSERTA (KK,JJ : INTEGER);
VAR K: INTEGER;

```

```

BEGIN
  FOR K := N_PED_ORD DOWNTO KK DO
    BEGIN
      PED_ORD[K+1] := PED_ORD[K];
    END;
  PED_ORD[KK] := PED_A_ORD[JJ];
END;

BEGIN
  IF Y=0 THEN SAC_ARCH;
  N_PED_ORD := 0;
  BEGIN
    FOR JJ := 1 TO NUM_MAX_PED DO
      BEGIN
        IF PED_A_ORD[JJ].NO_ROLLOS > 0 THEN
          BEGIN
            IF N_PED_ORD >= 1 THEN
              BEGIN
                INSERT := FALSE;
                FOR KK:= 1 TO N_PED_ORD DO
                  BEGIN
                    IF NOT INSERT THEN
                      BEGIN
                        IF PED_ORD[KK].ANCHO < PED_A_ORD[JJ].ANCHO THEN
                          BEGIN
                            INSERT := TRUE;
                            INSERTA(KK, JJ);
                          END;
                        END;
                      IF NOT INSERT THEN
                        BEGIN
                          PED_ORD[N_PED_ORD + 1] := PED_A_ORD[JJ];
                        END;
                      END;
                    END;
                  END
                ELSE
                  BEGIN
                    PED_ORD[1] := PED_A_ORD[JJ];
                  END;
                N_PED_ORD := N_PED_ORD + 1 ;
              END;
            END;
          END;
        H:=0;
        FOR JJ := 1 TO NUM_MAX_PED DO
          BEGIN
            IF PED_ORD[JJ].ANCHO > 0 THEN
              BEGIN
                H:=H+1;
              END;
            END;
            N_MAX := H;
          END;
        END;
      END;
    END;
  END;

```

(*****)

PROCEDURE SIMULA_TAJADO;

VAR

I,Z,KI,IC,NI : INTEGER;

NM : ARRAY [0..NUM_MAX_PED] OF INTEGER;

A_APROV,AM : REAL;

LABEL FUERA;

{-----}

FUNCTION NUM_ROLLOS (ANCHO:REAL;K: INTEGER) : INTEGER;

BEGIN

IF K <= N_MAX THEN

BEGIN

IF ANCHO >0 THEN

BEGIN

NUM_ROLLOS := TRUNC (ANCHO/PED_ORD[K].ANCHO);

END

ELSE NUM_ROLLOS := 0;

END

ELSE NUM_ROLLOS := 0;

END;

{-----}

PROCEDURE COMPLETA_ROLLO ;

VAR

ANCHO_TOT : REAL;

I: INTEGER;

BEGIN

ANCHO_TOT := 0;

FOR I := 1 TO N_MAX DO

ANCHO_TOT := ANCHO_TOT + NM[I] * PED_ORD[I].ANCHO;

A_APROV := ANCHO_RM[ENR]-ANCHO_TOT;

END;

{-----}

PROCEDURE COMPLEMENTO (P:REAL;VAR T:REAL ; VAR L,M: INTEGER);

BEGIN

IF P < T THEN

BEGIN

T:=P;

END;

END;

{-----}

FUNCTION COM_ANCH (ANCH:REAL; Z: INTEGER) : REAL ;

BEGIN

COM_ANCH := A_APROV - NUM_ROLLOS (ANCH,Z) * PED_ORD[Z].ANCHO;

END;

{-----}

```

PROCEDURE P_DESP;
BEGIN
  COMPLETA_ROLLO;
  DESP:= A_APROV * 0.692;
END;

```

```

{-----}
BEGIN
  FOR I := 1 TO N_MAX DO NMCIJ := 0;
  IC:= 1;
  WHILE (NUM_ROLLOS(ANCHO_RMCIENR],IC)=0) AND (IC<= N_MAX) DO
    IC:=IC +1;
  IF IC<= N_MAX THEN
    BEGIN
      NI := IC;
      WHILE (ANCHO_RMCIENR] - PED_ORD[IC].ANCHO
        < PED_ORDEN_MAX].ANCHO) AND (IC<N_MAX) DO IC:=IC +1;
      IF IC = N_MAX THEN IC :=NI;
      IF N_MAX >IC THEN
        BEGIN
          NM[IC] :=1;
          SATURADO := TRUE;
          COMPLETA_ROLLO;
          WHILE (A_APROV >= PED_ORD[N_MAX].ANCHO) AND (SATURADO) DO
            BEGIN
              AM := A_APROV;
              KI:=0;
              FOR Z := 1 TO N_MAX DO
                BEGIN
                  IF KZ[Z] <> Z THEN
                    BEGIN
                      IF PED_ORD[Z].ANCHO <= A_APROV THEN
                        BEGIN
                          COM_ANCH(A_APROV,Z);
                        END;
                      END;
                    END;
                  END;
                IF KI = 0 THEN GOTO FUERA;
                NM[KIJ] := 1 + NM[KIJ];
                IF NM[KIJ] > PED_ORD[KIJ].NO_ROLLOS THEN
                  BEGIN
                    NM[KIJ]:= NM[KIJ]-1;
                    KZ[KIJ]:=KI;
                  END;
                IF NM[KIJ] = PED_ORD[KIJ].NO_ROLLOS THEN
                  BEGIN
                    KZ[KIJ] := KI;
                    FOR M:=1 TO N_MAX DO
                      BEGIN
                        IF KZ[M] = N_MAX THEN
                          BEGIN
                            NN_MAX := N_MAX -1;
                            WHILE KZ[NN_MAX] >0 DO
                              BEGIN

```

```

        NN_MAX := NN_MAX - 1 ;
        IF NN_MAX = 0 THEN GOTO FUERA;
    END;
    N:= TRUNC((A_APROV-PED_ORDI[N_MAX].ANCHO) /
        (PED_ORDI[NN_MAX].ANCHO));
    NM[NN_MAX] := NM[NN_MAX] +N;
    IF N>= 1 THEN
    BEGIN
        WHILE NM[NN_MAX]> PED_ORDI[NN_MAX].NO_ROLLOS DO
            BEGIN N:=N-1;NM[NN_MAX] := NM[NN_MAX]-1;END;
        A_APROV := A_APROV -(PED_ORDI[NN_MAX].ANCHO * N);
    END;
    IF A_APROV >= PED_ORDI[N_MAX].ANCHO THEN
        SATURADO:=FALSE;
    IF A_APROV < PED_ORDI[N_MAX].ANCHO THEN GOTO FUERA;
    END;
    END;
    END;
    COMPLETA_ROLLO;
    AM:= A_APROV;
END;
COMPLETA_ROLLO;
AM:=A_APROV;
END
ELSE
BEGIN
    NM[I]:= NUM_ROLLOS(ANCHO_RM[ENR],IC);
    COMPLETA_ROLLO;
    AM:=A_APROV;
END;
FUERA:
IF NM[I] = PED_ORD[I].NO_ROLLOS THEN KZ[I]:=1;
P_DESP;
TDESP[ENR] := DESP;
METRAJE[ENR] := METRAJE[ENR] - METRO;
CORR_TAJ := CORR_TAJ+1;
Z:=0;
FOR I:= 1 TO N_MAX DO
BEGIN
    IF NM[I] >0 THEN
    BEGIN
        Z:=Z+1;
        PED_ORD[I].NO_ROLLOS := PED_ORD[I].NO_ROLLOS - NM[I];
        IF IMPRESION THEN
        BEGIN
            IF Z= 1 THEN
            BEGIN
                WRITE(' ',ANCHO_RM[ENR]:3:2,' ',NM[I]:2,
                    ' ',PED_ORD[I].ANCHO:3:2,' ',A_APROV:3:2,
                    ' ',TDESP[ENR]:3:2);
                READLN(STOP);
            END
            ELSE
            BEGIN
                WRITE(' ',NM[I]:2,' ',PED_ORD[I].ANCHO:3:2,);
            END
        END
    END
END

```

```

        READLN(STOP);
    END;
    END;
    END;
    PED_A_ORD[I].ITEMN:= PED_ORD[I].ITEMN;
    PED_A_ORD[I].ANCHO := PED_ORD[I].ANCHO;
    PED_A_ORD[I].NO_ROLLOS := PED_ORD[I].NO_ROLLOS;
    IF PED_ORD[I].NO_ROLLOS = 0 THEN
    BEGIN
        OOR:=OOR+1;
        POR:=TRUE;
    END;
    END;
END;
END;

```

(*****)

```

BEGIN
    TOT_PRODUCIDO := 0;TOT_DESP:=0;CORR_PROD:=0;OOR:=0;ORR:=0;
    PASA:= COPY(NOM_ARCH,2,2);
    VAL(PASA,MICRAJE,R);
    Y:=0; OOR:=0;POR:=FALSE;
    FOR ENR := 1 TO 3 DO METRAJEI[ENR] :=0;
    FOR ENR:= 1 TO NUM_MAX_PED DO KZ[ENR]:=0;
    ORDENA_PEDIDOS;
    PRODUCCION;
    TOT_PRODUCIDO := PPRODUCIDO;
    WHILE N_TOT_ROLLOS >0 DO
    BEGIN
        FOR ENR := 1 TO 3 DO
        BEGIN
            IF N_TOT_ROLLOS >0 THEN
            BEGIN
                IF METRAJEI[ENR]>0 THEN
                BEGIN
                    Y:=1;
                    TDESP[ENR] :=0;
                    SIMULA_TAJADO;
                    ORDENA_PEDIDOS;
                    FOR I := 1 TO NUM_MAX_PED DO
                    BEGIN
                        IF KZ[I] >0 THEN
                        BEGIN
                            PED_ORD[N_MAX].ITEMN := 0;
                            PED_ORD[N_MAX].ANCHO := 0;
                            PED_ORD[N_MAX].NO_ROLLOS := 0;
                            PED_A_ORD[N_MAX].ITEMN := 0;
                            PED_A_ORD[N_MAX].ANCHO := 0;
                            PED_A_ORD[N_MAX].NO_ROLLOS := 0;
                            ORDENA_PEDIDOS;
                            OOR:=0;
                        END;
                    END;
                    IF OOR >=1 THEN

```



```

BEGIN
  PED_ORDIN_MAXI.ITEMN := 0;
  PED_ORDIN_MAXI.ANCHO := 0;
  PED_ORDIN_MAXI.NO_ROLLOS := 0;
  IF FOR THEN
    BEGIN
      PED_A_ORDIN_MAXI.ITEMN := 0;
      PED_A_ORDIN_MAXI.ANCHO := 0;
      PED_A_ORDIN_MAXI.NO_ROLLOS := 0;
      ORDENA_PEDIDOS;
      FOR:=FALSE;
    END;
  END;
  ORDENA_PEDIDOS;
  TOT_DESP := TOT_DESP +TDESPEENR;
  DOR:=0;FOR M:= 1 TO NUM_MAX_PED DO KZCM:=0;
END;
END;
CORRIDA := FALSE;
FOR ENR := 1 TO 3 DO
BEGIN
  IF N_TOT_ROLLOS>0 THEN
    BEGIN
      IF (METRAJE[ENR] < METRAJE_MIN) AND (METRAJE[ENR]>0) THEN
        METRAJE[ENR]:=0;
      IF METRAJE[ENR]<=0 THEN CORRIDA := TRUE;
    END;
  END;
  IF (CORRIDA) AND (N_TOT_ROLLOS >0) THEN
    BEGIN
      PRODUCCION;
      TOT_PRODUCIDO := TOT_PRODUCIDO +PPRODUCIDO;
    END;
  END;
END;
END;

```

```

PROCEDURE DET_INTERVALO;

```

```

BEGIN
  IF B=0 THEN
    BEGIN
      XCL,1]:= A_ENR_MAXI1;
      XCL,2]:= A_ENR_MINI2;
      XCL,3]:= A_ENR_MAXI3;
      M:=L+4;
      XEM,1]:= A_ENR_MINI1;
      XEM,2]:= A_ENR_MAXI2;
      XEM,3]:= A_ENR_MINI3;
    END;
  FOR J := 1 TO 3 DO
    BEGIN
      IF B=0 THEN
        BEGIN

```

```

    N:= L+2;
    X[N,J] := ABS(X[L,J]+X[M,J])*0.5;
END;
N:= L+1;
IF X[L,J] > X[M,J] THEN
BEGIN
    JJ:=0.25;KK:=0.75;A_MAX:=X[L,J];
END
ELSE
BEGIN
    JJ:=0.75;KK:=0.25;A_MAX:=X[M,J];
END;
X[N,J]:=A_MAX - ABS((X[L,J]-X[M,J])*JJ);
N:= L+3;
X[N,J]:= A_MAX - ABS((X[L,J] - X[M,J])*KK);
END;
END;

```

~~~~~

```

PROCEDURE MINIMO_DESP(T_DESP_D : DESPERDICIO);

```

```

BEGIN
    FOR C:= CM TO CT-1 DO
    BEGIN
        FOR D:= C+1 TO CT DO
        BEGIN
            IF T_DESP_D[C] > T_DESP_D[D] THEN
            BEGIN
                GUARDA := T_DESP_D[C];
                T_DESP_D[C] := T_DESP_D[D];
                T_DESP_D[D] := GUARDA;
            END;
        END;
    END;
    FOR C := CM TO CT-1 DO
    BEGIN
        FOR D := CM TO CT DO
        BEGIN
            IF T_DESP_D[C] = T_DESP[D] THEN INDICADOR[C] := D;
        END;
    END;
    GUAR := INDICADOR[CM];
    G:=GUAR -1;
    H:= GUAR+1;
    IF G > CM-1 THEN INDICADOR[CM] := G;
    IF H <= CT THEN INDICADOR[CM+2] := H;
    INDICADOR[CM+1] := GUAR;
    L:= M+1;
    T_DESP[L] := T_DESP[INDICADOR[CM]];
    N :=L+2;
    T_DESP[N] := T_DESP[INDICADOR[CM+1]];
    M :=L+4;
    T_DESP[M] := T_DESP[INDICADOR[CM+2]];
    FOR J:= 1 TO 3 DO
    BEGIN

```

```

X[L,J] := X[INDICADOR[C],J];
N :=L+2;
X[N,J]:= X[INDICADOR[C+1],J];
M :=L+4;
X[M,J] := X[INDICADOR[C+2],J];
END;
B :=1;
DET_INTERVALO;
END;

```

```

{.....}
PROCEDURE M_D(T_DESP_O:DESPERDICIO);
BEGIN

```

```

FOR C:= 1 TO CT-1 DO
  BEGIN
    FOR D:= C+1 TO CT DO
      BEGIN
        IF T_DESP_O[C] > T_DESP_O[D] THEN
          BEGIN
            GUARDA := T_DESP_O[C];
            T_DESP_O[C] := T_DESP_O[D];
            T_DESP_O[D] := GUARDA;
          END;
        END;
      END;
    END;
  FOR C := 1 TO CT-1 DO
    BEGIN
      FOR D := 1 TO CT DO
        BEGIN
          IF T_DESP_O[C] = T_DESP[D] THEN INDICADOR[C] := D;
        END;
      END;
    END;
  INDICA := INDICADOR[1];
  CASE INDICA OF
    5 : INDICA:=7;
    7 : INDICA:=9;
    8 : INDICA:=12;
    9 : INDICA:=14;
  END;
  FOR K := 1 TO 3 DO ANCHO_RM[K] := X[INDICA,K];
  IMPRESION :=TRUE;
  TAJADO;
END;

```

```

{.....}
BEGIN
  CLRSCR;
  WRITE('DE EL TIPO DE PELICULA QUE DESEA OPTIMIZAR TIPO/MICRAJE
        EJ: A20 ');
  READLN(NOM_ARCH);
  FILECOPY;
  CLRSCR;
  WRITELN('OPCION          ANCHO_A          ANCHO_B

```

```

        ANCHO_C      DESPERDICIO');
L:=1;B:=0;OP:=0;U:=0;
CT:= L+4;CM:=1;
DET_INTERVALO;
IMPRESION:=FALSE;
FOR J := L TO CT DO
BEGIN
    FOR K:= 1 TO 3 DO ANCHO_RM [K] := X[J,K];
    OP:=OP+1;
    TAJADO;
    T_DESP[OP] := TOT_DESP;
    WRITE('      ,OP:0,          ,ANCHO_RM[1]:3:2,
          ,ANCHO_RM[2]:3:2,          ,ANCHO_RM[3]:3:2,
          ,TOT_DESP:3:2);

    READLN(STOP);
END;
REPEAT
    MINIMO_DESP(T_DESP);
    U:= U+1;E:=L;
    FOR J:= 1 TO 2 DO
    BEGIN
        E:=E+J;
        FOR K:= 1 TO 3 DO ANCHO_RM[K] := X[E,K];
        OP:=OP+1;
        TAJADO;
        T_DESP[E] := TOT_DESP;
        WRITE('      ,OP:0,          ,ANCHO_RM[1]:3:2,
              ,ANCHO_RM[2]:3:2,          ,ANCHO_RM[3]:3:2,
              ,TOT_DESP:3:2);

        READLN(STOP);
    END;
    CT:=CT+5; CM:=CM+5;
    UNTIL U=2 ;
    CLRSCR;
    WRITELN('JUSTIFICACION PARA EL MINIMO DESPERDICIO QUE SE
            GENERO CON ESTAS ANCHURAS :');
    WRITELN(' ');WRITELN(' ');
    WRITELN('ANCHO R_M  NO. ROLLOS  DE UN ANCHO  SOBRENTE
            DESPERDICIO GENERANDO ');
    M_D(T_DESP);
    WRITELN(' ');WRITELN(' ');
    WRITELN(' DESPERDICIO TOTAL GENERADO = ',TOT_DESP:5:2);
    WRITELN('CON LAS ANCHURAS DE LOS ROLLOS MAESTROS DE :');
    WRITELN('ANCHO_RM[1]:3:2,          ,ANCHO_RM[2]:3:2,
            ,ANCHO_RM[3]:3:2);
END.

```

### 5.3 CORRIDA DEL PROGRAMA DE COMPUTADORA.

DE EL TIPO DE PELICULA QUE DESEA OPTIMIZAR TIPO/MICRAJE (EJ: A20): A25

| OPCION | ANCHO A<br>(cm) | ANCHO B<br>(cm) | ANCHO C<br>(cm) | DESPERDICIO<br>(Kg) |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| 1      | 167.50          | 145.00          | 167.50          | 33.42               |
| 2      | 158.62          | 172.75          | 148.62          | 19.22               |
| 3      | 149.75          | 200.5           | 129.75          | 59.55               |
| 4      | 140.87          | 228.25          | 110.87          | 45.34               |
| 5      | 132.00          | 256.00          | 92.00           | 58.40               |
| 6      | 163.06          | 158.87          | 158.06          | 39.95               |
| 7      | 154.19          | 186.62          | 139.19          | 53.02               |
| 8      | 160.84          | 165.81          | 153.34          | 43.22               |
| 9      | 156.41          | 179.69          | 143.91          | 49.75               |

GRUPO DE ANCHURAS CON MENOS DESPERDICIO : 158.62, 172.75 y 148.62

JUSTIFICACION PARA EL GRUPO DE ANCHURAS QUE GENERO MINIMO DESPERDICIO :

| ANCHO RM<br>(cm) | NO. ROLLOS | DE UN ANCHO<br>(cm) | SOBRANTE<br>(cm) | DESP. GENERADO<br>(Kg) |
|------------------|------------|---------------------|------------------|------------------------|
| 158.62           | 1          | 60.0                | 0.63             | 0.43                   |
|                  | 1          | 50.0                |                  |                        |
|                  | 1          | 48.0                |                  |                        |
| 172.75           | 1          | 60.0                | 1.25             | 0.86                   |
|                  | 1          | 50.0                |                  |                        |
|                  | 1          | 48.0                |                  |                        |
|                  | 1          | 13.5                |                  |                        |
| 148.62           | 1          | 60.0                | 6.63             | 4.58                   |
|                  | 2          | 41.0                |                  |                        |
| 158.62           | 1          | 60.0                | 0.63             | 0.43                   |
|                  | 1          | 50.0                |                  |                        |
|                  | 1          | 48.0                |                  |                        |
| 172.75           | 1          | 60.0                | 1.25             | 0.86                   |
|                  | 1          | 50.0                |                  |                        |
|                  | 1          | 48.0                |                  |                        |
|                  | 1          | 13.5                |                  |                        |
| 148.62           | 2          | 50.0                | 0.63             | 0.43                   |
|                  | 1          | 48.0                |                  |                        |
| 158.62           | 1          | 50.0                | 0.13             | 0.09                   |
|                  | 1          | 41.0                |                  |                        |
|                  | 5          | 13.5                |                  |                        |
| 172.5            | 1          | 50.0                | 0.25             | 0.17                   |
|                  | 2          | 41.0                |                  |                        |
|                  | 3          | 13.5                |                  |                        |
| 148.62           | 2          | 41.0                | 0.23             | 0.16                   |
|                  | 1          | 39.4                |                  |                        |
|                  | 3          | 13.5                |                  |                        |
| 158.62           | 4          | 39.4                | 1.03             | 0.71                   |
| 172.75           | 4          | 39.4                | 15.15            | 10.48                  |

DESPERDICIO TOTAL GENERADO (Kg) = 19.22

## CONCLUSIONES

Al finalizar la tesis se concluye que con el programa de computadora que se diseñó, se pueden reducir los desperdicios que la fábrica tiene, debido a que éste acomoda las anchuras que solicitan los clientes en los rollos maestros y como éstos tienen un rango de anchura, el programa encuentra las anchuras óptimas para los 3 enrolladores maestros para que al momento de acomodar las anchuras para tajar los rollos solicitados por los clientes, los sobrantes de éstos sean mínimos, por consecuencia el desperdicio en cada rollo maestro se disminuye, y por ende el de la fábrica también.

Con la reducción de los desperdicios en cuanto al sistema de tajado los costos de producción pueden bajar por lo que el costo del producto puede ser mas competitivo en el mercado de envolturas y empaques.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Bernhard, E.C.: "PROCESSING OF THERMOPLASTIC MATERIAL"; Reinhold Publishing Corporation, New York, 1959.
- 2.- Herman, F.M. y Norman, G.G.: "ENCYCLOPEDIA OF POLYMER SCIENCE AND TECHNOLOGY"; vol. 2, pp. 339-373, vol. 3, pp. 1-20, vol. 4, pp. 466-467, 795-817, vol. 8., pp. 273-294, 533-587, vol. 9, pp. 47-83, 203, 624-648, 709-714, vol. 11, pp. 279, 597-619, vol 13, pp. 123-127; edit. Board, 1971.
- 3.- Hiller, F. y Liberman G.J.: "INTRODUCCION A LA INVESTIGACION DE OPERACIONES"; McGraw-Hill, 1982.
- 4.- Kirk, R.E.: "ENCICLOPEDIA DE LA TECNOLOGIA QUIMICA"; vol. 12, pp. 580, 854-864, 877-891, vol. 13, pp. 1-4; edit. Union Tipografica Hispano-Americana, Mexico 1966.
- 5.- Kresser, T.O.J.: "POLYPROPYLENE", Reinhold Publishing Corporation, New York, 1960.
- 6.- "POLYPROYLENE SEMINAR": EXXON.
- 7.- "THECHNICAL PROPOSAL": Marshall and Williams Company.
- 8.- "THECHNICAL INFORMATION": HIMONT, Italia, 1983.
- 9.- "THECHNICAL INFORMATION REPORT": HERCULES, Delaware, 1980.