

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

CUAUTITLAN

ESTUDIO PARA LA DEFINICION DE UNA PLANTA  
INYECTORA DE POLIPROPILENO Y POLICARBONATO.

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**INGENIERO QUIMICO**

P R E S E N T A

**JOSE LUIS SALAZAR SALGADO**

DIRECTOR DE TESIS

ING. CARLOS GUERRA VAZQUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

JUNIO 1986



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.

## I N D I C E .

Contenido	Pag.
PROLOGO	1
INTRODUCCION	3
<b>CAPITULO I.- TEORIA DE PLASTICOS</b>	<b>5</b>
Historia	
Cronología	
Clasificación	
Reacciones de polimerización	
Mecanismos radicales libres	
Polipropileno	
Policarbonato	
<b>CAPITULO II.- METODOS DE MOLDEO Y TRANSFORMACION</b>	<b>23</b>
Historia del moldeo	
Metodos de moldeo de plásticos	
== A compresión alta	
== Por transfusión o transferencia	
== Fundición	
== Para laminación	
== A baja presión (manual)	
== Por contacto catalítico	
== Por vaciado	
== Al vacío	
== Por presión mecánica	
== Por soplado	
== Por calandrado	
== Por espumado	
== Rotacional o rotomoldeo	
== Para metalizado de plástico	

- == Por extrusión
  - Clasificación
  - Representación esquemática
  - Desarrollo del proceso
  - Husillo
- == Por inyección
  - Tipos de trabajo
  - Representación esquemática
  - Curso del proceso
  - Plastificación: por émbolo
    - por husillo
    - por émbolo-husillo

### CAPITULO III.- DEFINICION DE LA PLANTA

68

- Alcance y objetivos
- Materias primas
- Ingeniería básica
  - == Balance de materias (diagrama de flujo)
  - == Diagrama de instrumentación hidráulica
  - == Diagrama de servicios
  - == Diagrama eléctrico
  - == Diagrama de planta
- Estimación de costos
- Programa de trabajo
- Servicios auxiliares
- Procedimientos de operación y mantenimiento
- Plan de prueba y arranque

CONCLUSION

144

BIBLIOGRAFIA

## P R O L O G O

Así como en la Historia existen las edades de piedra y de bronce, muy bien se le puede nombrar a la época actual "la era de los plásticos" ya que los plásticos hechos de moléculas gigantes sintéticas son influencia dominante en la sociedad industrial moderna.

Las moléculas gigantes o polímeros componen las células, el protoplasma, y el núcleo de los tejidos animales y vegetales y son por lo tanto la materia prima de la vida.

Hasta hace poco tiempo se conoció la estructura de los polímeros y el efecto de ésta en sus propiedades. Apenas en los años veinte, la química de los polímeros se convirtió en rama importante de la Química General. En los estudios hechos en esos años en universidades y laboratorios industriales, se descubrió que los polímeros son cadenas largas, ordenadas y peculiares que enlazan a moléculas más pequeñas. De esto se sirvieron los investigadores, pudiendo empezar a crear polímeros a su antojo, y se descubrieron polímeros que no existían en la naturaleza. Estos descubrimientos fueron la base de las hoy importantísimas industrias del plástico, de las fibras y del caucho sintético.

El estudio de los polímeros empezó en Europa, después llegó a Estados Unidos, quienes crearon las primeras industrias para producir polímeros sintéticos como el nylon y el caucho sintético o neopreno. La química de los polímeros fué vital para los Estados Unidos y sus aliados durante la segunda Guerra Mundial, cuando la ocupación de los Japoneses en Malasia, cortó el abasto de caucho natural y ésto ocasionó que Estados Unidos produjera grandes cantidades de caucho sintético, lo cual salvó la causa militar de los aliados.

Los nombres comerciales Plexiglas, Lucita, Polietileno y Teflón, en la actualidad resultan comunes para la mayoría de las personas. Estos polímeros o plásticos se utilizan en la construcción de la gran mayoría de los objetos que nos rodean, desde la ropa, hasta ciertas partes de las casas en que habitamos, pasando por utensilios de uso personal y partes de vehículos.

Al mismo tiempo, en la actualidad existe una gran preocupación sobre la dependencia que se tiene respecto a estos materiales fabricados por el hombre. Al resultar ser productos de proceso de laboratorio e industriales y no de procesos naturales, la naturaleza no dispone de formas para deshacerse de ellos. Aunque ultimamente se ha adelantado la investigación de plásticos "biodegradables", pero aún son muchos los polímeros que no son biodegradables los que se utilizan.

## INTRODUCCION

En el mundo actual, hemos podido observar el auge que han tenido los plásticos, han llegado a sustituir utensilios y objetos que originalmente fueron creados en metal, observando mayores ventajas, tanto por la facilidad de uso que presentan, como el tiempo promedio de vida que tienen en comparación con los útiles metálicos.

El uso que tienen los plásticos, va desde el nivel personal, pasando por el hogar hasta el industrial. Tenemos como ejemplos: el caso de los desodorantes de pastilla, los cuales tienen estuche de plástico; cepillos de dientes; plumas y encendedores desechables; extractores de jugos, licuadoras; tuberías de P.V.C., conexiones, etc..

Los objetivos del presente trabajo son el dar a conocer el uso tan especial y el campo tan extenso que tienen y están tomando los plásticos en la vida actual; los usos de los plásticos que se obtienen por medio de inyección, dentro de los cuales estudiaremos al polipropileno y al policarbonato, revisando su química, sus cualidades y principales usos. Y principalmente, tratar los puntos y condiciones necesarias para definir totalmente una planta de inyección.

El trabajo consta de tres partes básicas, las cuales se desglosan a continuación.

La primera parte trata sobre teoría de plásticos, visto generalmente, y principalmente sobre polipropileno y policarbonato. Estudiando su química, tipos y aplicaciones.

En la segunda parte se tratará sobre métodos de manejo y transformación de los plásticos, presentando un bosquejo general y estudiando los principales métodos de moldeo, particularmente extrusión e inyección.

Por último, en la parte final, se estudiarán los puntos de ingeniería necesarios para la definición de la planta de inyección, que se indican a continuación:

- 1) Alcance y objetivos de la planta.- En el cuál se tratan de visualizar las metas a alcanzar y los objetivos planteados para realizar y obtener las metas propuestas.
- 2) Organizar y desarrollar métodos de estudio y análisis de las materias primas.
- 3) Realización de la ingeniería básica para el buen desarrollo de la planta.
- 4) Realización de una estimación de costos, dando ésto una visión de los requerimientos necesarios.
- 5) Realización de un plan de trabajo.
- 6) Definición y tratamiento de los servicios auxiliares a la planta.
- 7) Realización de procedimientos de operación y mantenimiento para un mejor funcionamiento de la planta.
- 8) Plan de pruebas y arranque.



# C A P I T U L O I

## TEORIA DE PLASTICOS

## TEORIA DE PLASTICOS

La palabra polímero, proviene del prefijo "poli" que significa muchas y de la palabra griega "meros" que significa parte.

En la actualidad la palabra plástico se toma como sinónimo de polímero, la cual significa que puede moldearse.

Con frecuencia se confunden los términos de Plásticos y de Resinas o Polímeros. Las Resinas o Polímeros se definen como aquellas sustancias orgánicas químicamente puras, de elevado peso molecular, que pueden ser sólidas o de consistencia pastosa, insolubles en el agua y oxidadas por el aire, que se obtienen de los árboles, plantas, animales, por reacciones de polimerización y condensación de monómeros.

Mientras que el plástico es el producto sólido final, obtenido por la adición de cargas, refuerzos y aditivos, a las resinas o polímeros que pueden ser moldeados por la influencia de la presión y temperatura.

La definición técnica más aceptada es que los plásticos son un gran número de materiales que contienen como ingrediente principal una sustancia macromolecular orgánica de enlace lineal o tridimensional de elevado peso molecular, sólida en su estado final, deformable por la influencia de la presión, temperatura o ambas.

Los plásticos tienen las propiedades que convienen a sus usos: pueden ser flexibles, ligeros, irrompibles, resistentes al agua y a las sustancias químicas, no conductores del calor y de la electricidad, son transparentes o con diversos colores y matices.

Por la naturalidad con la cual son usados los plásticos en la actualidad, se olvida que ésta es una industria muy reciente, que se inició a principios del presente siglo. Comparando la producción de plásticos en general, en 1933 que fué de 100,000 tons. con la de 1968 de 20.5 millones de tons. se puede observar el gran incremento en 35 años y en la actualidad el volúmen de producción es mucho mayor.

Durante muchos años la materia se clasificó en elementos, compuestos y mezclas; pero a través de años de estudio y experimentación se llegó a establecer que existen dos diferentes tipos de moléculas, las pequeñas o monómeros y las gigantes o polímeros.

Hacia 1800 los químicos ya podían separar y volver a reunir gran cantidad de las moléculas ordinarias de materiales inanimados, pero no con los de las sustancias vivas, era poco lo que se sabía sobre las macromoléculas, por lo que se contentaban con mejorar los productos naturales, como por ejemplo prolongar la vida de la madera impregnándola con brea y formaldehído, sin hacer cambios en los materiales básicos.

En 1828 Friedrich Wöhler, químico alemán, fué el primero en sintetizar un compuesto orgánico a partir de compuestos inorgánicos, sintetizó la urea sin la intervención de un riñón animal, calentando una solución de cianato de potasio y de sulfato de amonio, obteniendo cianato de amonio, el que calentándolo posteriormente produjo cristales de urea.

En 1856 William Perkin queriendo sintetizar la quinina obtuvo un polvo negro rojizo que resultó ser "anilina" pura, llamada Malva, usada como colorante sintético de telas, resistente al sol y al jabón.

En 1858 Kekule publicó su artículo sobre " La Constitución y Metamorfosis de los Compuestos Químicos y Naturaleza Química del Carbono " y en 1909 ayudó a producir el primer plástico sintético, la baquelita, convirtiendo a los químicos en arquitectos que proyectaban compuestos o polimerizados sintéticos con propiedades prerrequeridas: naciendo así la química de los polímeros.

En la actualidad son muchos los productos que se elaboran con materiales plásticos. La industria de los plásticos es desde el punto de vista cronológico, relativamente breve, pero muy importante por la influencia que representa para la industria.

El plástico tiene sus inicios cuando en 1869 John Hyatt descubrió el celuloide al hacer una bola de billar con materiales sintéticos, pero los verdaderos fundamentos de esa industria se establecieron cuarenta años después, cuando el Dr. Beakeland anunció el descubrimiento de una resina a base de fenol y formaldehído, que se denominó Baquelita, después se ensayaron materiales y procesos en rápida sucesión; se perfeccionaron las técnicas de producción en masa y se multiplicaron las especialidades industriales.

La siguiente tabla dará una idea cronológica, ordenando su descubrimiento y algunas de sus aplicaciones.

AÑO	TIPO DE PLASTICO	APLICACIONES TIPICAS
1870	Nitrato de Celulosa	Armazones de anteojos
1909	Fenólicos Sistema de moldeado frío	Audffonos telefónicos Partes de calentadores eléctricos
1919	Casefna Acetatos de vinilo	Agujas para medidas de punto Adhesivos
1926	Alquidállicos Anilina-Formaldehido	Bases eléctricas moldeadas Terminales de partes eléctricas
1927	Acetato de Celulosa	Productos moldeados
1928	Ureas	Instalaciones de iluminación
1931	Plásticos Acrílicos	Escobillas, despliegues
1935	Etil Celulosa	Estuche para linterna
1936	Cloruro de Polivinilo P.V.C.	Estuches, tuberías, portafolios
1938	Acetales de Polivinilo Butiral de Polivinilo Poliestireno Acetato Butirato de Celulosa Poliámidas (Nylon)	Entrecapa del vidrio Vidrios de seguridad Artículos hogareños Formas extendidas, láminas Fibras textiles
1939	Polvos de Moldeo de Poliámida Melaminas Cloruro de Polivinilideno	Engranajes Vajillas Cubiertas para asientos de autos

AÑO	TIPO DE PLASTICO	APLICACIONES TIPICAS
1942	Poliétileno Poliésteres	Empaques y artículos domésticos Artículos de plástico laminado y reforzado
1943	Silicones Poli-tetra Fluoroetileno (Teflón)	Aislantes para motores Empaquetaduras
1945	Propionato de Celulosa	Cubierta para plumas
1947	Epóxicos	Adhesivos
1948	Acrilo-Nitrilo-Butadien- Estireno Policloro Trifluoroetileno	Cubierta para aparatos electrónicos Empaquetaduras
1953	Poliuretano	Placas y espumas
1957	Metil Estireno	Vajillas
1958	Poliacrilamidas Óxido de Polietileno Poliacetales	Adhesivos Empacado Partes automotrices
1959	Poliéster Clorinado Policarbonatos Polipropileno	Empaques para bombas Artículos de empaque Portafolios
1962	Poliálomos	Partes moldeadas

De acuerdo a su origen se pueden clasificar de la siguiente manera.

ORIGEN	RESINA	TIPO	FUENTE DE OBTENCION	APLICACIONES
N	Celulosa	TP	a) Pulpa de madera	Placas, tubos, varillas, perfiles, polvos para moldeo
A			b) Algodón	
			c) Glucosa	
T	Cuerno	TP	Animales	Peines, espejos de mano, cubiertas de libros, vidrios
U	Caseína	TP	Proteínas animales y vegetales	Placas, varillas y tubos
R	Lacre	TP	Vegetal	Polvos para moldeo, varillas, y recubrimientos de figuras
A	Arcilla	TF	Mineral	Piezas de cerámica (vasijas y aisladores)
L	Ambar	TP	Resina vegetal fosilizada	Objetos decorativos
E	Goma Laca	TF	Animal	Para aisladores, discos y barnices
S	Goma (Latex)	TP	Vegetal	Pelotas, llantas, recubrimientos

ORIGEN	RESINA	TIPO	FUENTE DE OBTENCION	APLICACIONES
A R	Fenólicas	TF	Hulla, CO <sub>2</sub> , Metanol y CH <sub>4</sub>	Polvos para moldeo, láminas, recubrimientos y resinas para vaciado
T I	Olefnicas	TP	Gas natural, Petróleo	Soluciones, planchas, pelcu- las, varillas, polvos, espumas
F	Acetálicas	TP	Formaldehido	Polvos para moldeo, engranes, cojinetes, poleas y bombas
I C	Poliester	TF	Hulla y Petróleo	Resinas para vaciado, láminas, adhesivos y lacas
I A	Epóxicas	TF	Hulla, Petróleo y CH <sub>4</sub>	Jarabes, placas y perfiles
A L	Acrflicas	TP	Hulla y Petróleo	Jarabes, placas y perfiles
L E	Siliconas	TF		
E S	Poliamidas	TP	Arenas (sflice) Hulla	Aceites, grasas y plásticos Polvos, jarabes, pelculas y granulas

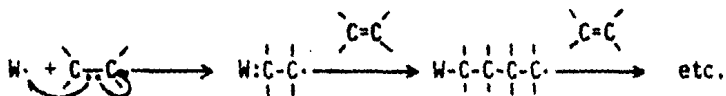
Nota: TP = Termoplásticos  
TF = Termofijos



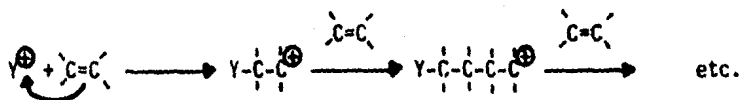
Entre los plásticos más conocidos tenemos los siguientes termoplásticos: las poliolefinas (polietileno de alta presión, polietileno de baja presión y polipropileno), policarbonatos, los poliacetales (derivados del formaldehído, copolimerizado con un catalizador adecuado), cloruro de polivinilo (PVC), poliestireno, politetrafluoroetileno, polietileno terftalato, y los plásticos termoestables o termofijos derivados a partir de resinas: fenólicas, de urea, de melamina, de melamina y fenol, de poliéster no saturadas, de fenol y formaldehído, de urea y formaldehído, de melamina y formaldehído y las de melamina fenol y formaldehído.

La reacción mediante la cual se lleva a cabo la polimerización es una reacción de adición y consecuentemente, los polímeros obtenidos se llaman polímeros de adición; los compuestos bases para esta reacción de adición son los alquenos (los cuales son hidrocarburos cuyas moléculas contienen doble enlace carbono-carbono), materiales convenientes para la preparación de polímeros de adición. Para la reacción de adición se proponen los siguientes mecanismos:

Polimerización por Radicales Libres.



### Polimerización Catiónica.



### Polimerización Aniónica.



Todas las reacciones son en cadena.

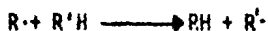
## MECANISMOS DE RADICALES LIBRES EN GENERAL.

Cualquier proceso de radicales libres consiste en por lo menos dos pasos: el primer paso involucra la formación de los radicales libres casi siempre por medio de ruptura homolítica de un enlace, una ruptura en la cuál cada fragmento contiene un electrón:



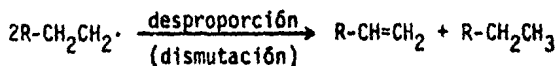
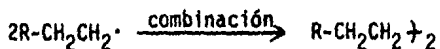
Este paso es llamado paso de Iniciación y puede suceder espontáneamente o puede ser inducido por calor o luz, dependiendo del tipo de enlaces. Los peróxidos y los perácidos son los más comunes ejemplos de radicales libres inducidos espontáneamente o por calor. Las moléculas que son inducidas por luz son casi siempre cloruros, bromuros y algunas cetonas.

Cuando un radical (que tiene un número impar de electrones) reacciona con una molécula (con número entero), el producto debe tener un número total de electrones impar, en cuyo caso debemos tener otro radical libre que consiste de dos partículas:



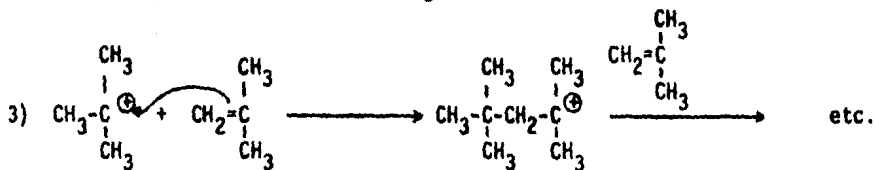
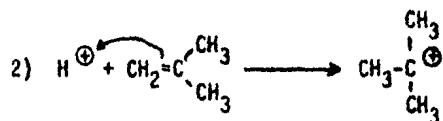
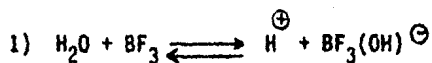
donde tenemos una molécula y un radical libre, este último es generado, a este paso se le conoce como Propagación de la cadena, donde el nuevo radical formado puede reaccionar con otra molécula y producir un nuevo radical y así sucesivamente.

Cuando dos radicales se encuentran, reaccionan entre sí por medio de combinación o desproporción y termina la reacción.



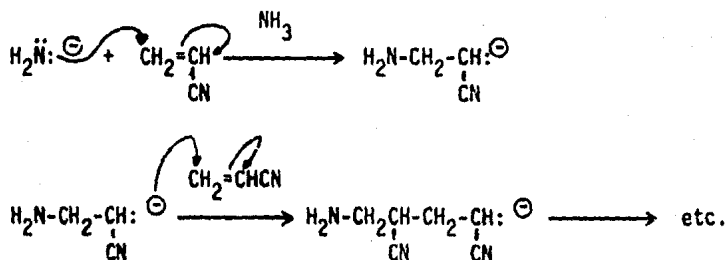
Otra forma de polimerización resulta cuando se somete a los alquenos a la acción de ácidos fuertes formando así cationes. Se tiene la necesidad de utilizar catalizadores para este tipo de polimerización que por lo general son ácidos de Lewis con una pequeña cantidad de agua, ejemplo:  $BF_3$  y  $H_2O$ .

Ejemplos:



Los alquenos también polimerizan cuando se les somete a la acción de ácidos fuertes, formando de esta manera cationes y no radicales libres (polimerización catiónica del isobuteno). Por lo general los catalizadores que se utilizan para este tipo de polimerización son ácidos de Lewis que contienen una pequeña cantidad de agua.

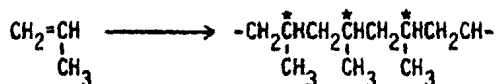
Los alquenos que contienen grupos electroatrayentes polimerizan en presencia de bases fuertes, por ejemplo, la polimerización del acrilonitrilo, tratado con sodamida  $\text{Na}^+\text{NH}_2^-$  en amoniaco líquido, formando aniones.



Siendo el proceso más importante en la producción industrial el de radicales libres.

El polipropileno se conoció casi al mismo tiempo que la fabricación técnica en gran escala del polietileno de baja presión. Tiene tendencia a cristalizar, la cual se puede regular mediante polimerización estereoespecífica. Así se consigue de un trabajo fácil, unas propiedades mecánicas y sobre todo una estabilidad frente al calor desacostumbradas en los materiales termoplásticos.

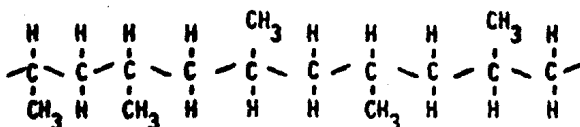
La polimerización cabeza-cola del propileno produce un polímero en el cual los átomos alternados son quirales. Muchas de las propiedades físicas del polipropileno dependen de la estereoquímica de los centros quirales.



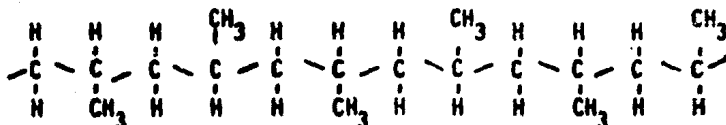
La disposición de los grupos metilo a lo largo de la cadena puede ser en tres formas, las cuales son denominadas atáctica, sindiotáctica e isotáctica.

En el polipropileno atáctico los grupos están distribuidos al azar a cualquier lado de la cadena; se puede dar la configuración R ó S según la prioridad de los carbonos quirales en los extremos, y se tiene una configuración al azar R,S,S,R,R,S,R,S, etc.. (a = sin; táktikos = orden).

El polipropileno producido por polimerización con radicales libres a presiones elevadas es atáctico, por lo cual no es cristalino, tiene un punto de reblandecimiento bajo y sus propiedades mecánicas son débiles.



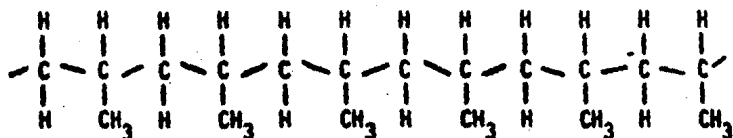
En el polipropileno sindiotáctico los grupos metilo se alternan en forma regular de un lado a otro de la cadena. (Sindiotáctico proviene del griego sindio = dos juntos, y taktikos = orden). Si se designa arbitrariamente uno de los extremos de este tipo de polímero como de mayor prioridad, la configuración de los carbonos quirales sería: R,S,R,S,R,S, etc.



La tercera distribución posible de los centros quirales es la isotáctica (que proviene del griego iso = igual, y taktikos = orden).

En esta distribución los grupos metilo se encuentran del mismo lado de la cadena de carbonos.

La configuración de los centros quirales es R ó S dependiendo de a cual de los extremos de la cadena asigna la mayor prioridad.



Antes de 1953, no se conocían los polímeros de adición isotác - ticos, ni sindiotácnicos. Pero los químicos Karl Ziegler (alemán) y Giulio Natta (italiano), descubrieron independientemente uno de otro, catalizadores que permitían el control estereoquímico de las reaccio - nes de polimerización.

Los catalizadores Ziegler-Natta por lo general se manejan en forma de sólidos suspendidos y la polimerización probablemente se lleve a ca - bo en los átomos del metal que se encuentran sobre la superficie de las partículas. Existe evidencia de que la polimerización se lleva a cabo a través de la inserción del monómero de alqueno entre el metal y la cade - na creciente del polímero.

Los catalizadores Ziegler-Natta, como son llamados en la actualidad, se preparan a partir de haluros de metales de transición y un agente re - ductor. Los más utilizados comúnmente se obtienen a partir del tetraclo - ruro de titanio ( $TiCl_4$ ) y un trialquilaluminio ( $R_3Al$ ).



Utilizando catalizadores de ziegler-natta se han preparado polipropilenos tanto sindiotácticos como isotácticos. La polimerización se lleva a cabo a presiones mucho menores y los polímeros que se producen tienen un punto de fusión más alto que el polipropileno atáctico. Los polímeros isotácticos y sindiotácticos son mucho más cristalinos que los atácticos, debido a la distribución regular de los centros quirales.

Los policarbonatos son policondensados lineales (ésteres del ácido carbónico) con poca inclinación a cristalizar. El intervalo de fusión en los policarbonatos termoplásticos resulta elevado (entre 150° y 300° C dependiendo de su constitución, pero normalmente son por encima de 200°C), esto facilita su moldeo por inyección. Su comportamiento mecánico y eléctrico supera al de la generalidad de los plásticos, siendo relativamente baja la sensibilidad a la temperatura. Sus características de resistencia (al igual que los valores dieléctricos-aislantes), permanecen constantes hasta aproximadamente 150°C y a temperaturas menores solo tiene lugar una polimerización ligera.

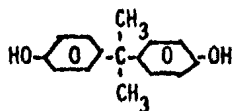
Su absorción de agua es pequeña, siendo propicios el envejecimiento y la estabilidad dimensional. A consecuencia del pequeño grado de catálisis, el material es claro como el vidrio, con una débil coloración amarilla. Sus nombres comerciales son: Alemania-Maknolon; Estados Unidos-Lexan.

A pesar de la reducida absorción de agua, en el moldeo por inyección se recomienda un buen desecado previo del granulado, a fin de evitar las pequeñas burbujas que produce el vapor de agua a la elevada temperatura de elaboración (280°-290°C) y que van en perjuicio de sus propiedades.

Son muy variadas las aplicaciones de las piezas moldeadas por inyección del policarbonato entre las que podemos citar piezas técnicas con altas exigencias mecánicas y gran estabilidad dimensional al mismo tiempo.

El policarbonato pertenece a otro grupo de polímeros llamados polímeros de condensación, los cuales, se preparan por reacciones de condensación, reacciones en las cuales los monómeros están unidos por eliminación intermolecular de pequeñas moléculas de agua o alcoholes. Los más importantes son los polímeros llamados poliamidas y poliésteres, a estos últimos pertenecen los policarbonatos.

El Lexan, es un policarbonato de alto peso molecular, se fabrica mezclando bisfenol A con fósgeno en presencia de piridina.



Bisfenol A



Fósgeno

## C A P I T U L O    I I

### METODOS DE MOLDEO Y TRANSFORMACION.

## METODOS DE MOLDEO Y

### TRANSFORMACION

Todos los plásticos en cierto momento pasan por una etapa flexible en la que se conforman para las funciones que han de desempeñar.

La fundición o enfriamiento de plásticos fluidos dentro de moldes a presiones ordinarias es rara, ya que la temperatura necesaria para hacer fluir un plástico sería tan elevada que descompondría al mismo. El moldeado es más adecuado, pues la fluidez se logra a base de presión y calor, ya sea dentro del mismo molde o inyectándolo a él ya en estado fluido.

La laminación da la oportunidad de reforzar los plásticos con refuerzos tales como fibras, papel, telas, madera, etc., adquiriendo así estos laminados mejores propiedades mecánicas que la resina sola que las recubre, para emplearse en decoración, muebles, arquitectura, industria química, automotriz, náutica, etc..

Los plásticos se pueden moldear manual o mecánicamente, en moldes abiertos o cerrados dentro de máquinas especiales respectivamente y adecuadas para el método apropiado.

## HISTORIA DEL MOLDEO.

La historia no ha definido una fecha exacta en la cual se inició el moldeo y se considera que fué iniciado por el hombre prehistórico en la fabricación de diferentes artículos para cubrir sus necesidades como son: armas, recipientes, ídolos, etc..

A través del tiempo, el desarrollo de la tecnología del moldeo fué paralelo a los descubrimientos de los procesos de las resinas. Y ésto se debió a que solamente era posible obtener productos comerciales mediante las técnicas del laboratorio para transformar las resinas en productos útiles al comercio.

Las primeras técnicas para el moldeo, fueron la compresión y vulcanización, esta última desarrollada por Charles Goodyear en 1839. En esta técnica se usaba una prensa hidráulica y un molde ligero para operarlo manualmente.

En el transcurso de los años se descubrieron las resinas fenólicas, con las cuales se podían moldear objetos cada vez mayores, con lo que se obligó a desarrollar los sistemas del moldeo por compresión para aumentar la capacidad del moldeo.

## METODOS DE TRANSFORMACION DE PLASTICOS.

La forma de los plásticos es la estructura funcional y dinámica que sirve para satisfacer un cúmulo de necesidades humanas. Sin forma los plásticos son simples polímeros, resinas que sólo sirven como materia prima para adhesivos, recubrimientos, formulaciones para fibras textiles y artículos moldeados.

El arte científico de transformar cierta cantidad de cristales termofijos o de gránulos termoplásticos en toda la inmensa variedad de formas de los productos plásticos, sugiere una ingeniosa serie de tecnologías que constituyen la espina dorsal de toda la industria de los plásticos.

Las técnicas de moldeo han surgido para cumplir con los requerimientos necesarios para la elaboración de ciertos plásticos o para determinar ciertos modelos, cada una tiene sus ventajas, y su eficacia depende de la clase de artículo que se quiere elaborar, de las condiciones de trabajo que vaya a operar y de las funciones que vaya a desempeñar para satisfacer las necesidades humanas.

Son dieciseis tecnologías básicas de moldeado, a saber:

- 1 .- Compresión Alta (Termofijos)
- 2 .- Transfusión o Transferencia (Termofijos)
- 3 .- Fundición (Termofijos)
- 4 .- Laminación (Termofijos)
- 5 .- A Baja Presión (Termofijos)
- 6 .- Contacto Catalítico (Termofijos)
- 7 .- Por Vaciado (Termoplásticos)
- 8 .- Al Vacío (Termoplásticos)
- 9 .- Por Presión Mecánica (Termoplásticos)
- 10.- Por Soplado (Termoplásticos)
- 11.- Calandrado (Termoplásticos)
- 12.- Espumado (Termofijos o Termoplásticos)
- 13.- Roto Moldeo o Rotacional (Termoplásticos)
- 14.- Inclusión o Metalizado de Plástico (Termofijo)
- 15.- Extrusión o Expulsión (Termoplásticos)
- 16.- Inyección (Termoplásticos)

## 1.- MOLDEO A COMPRESION ALTA.

Sirve para termofijos de diseño sencillo y de regular tamaño. Se aplican presiones hasta de  $8000 \text{ Kg/cm}^2$  y temperaturas de  $150^\circ$  a  $200^\circ\text{C}$ . Por lo cual se necesitan prensas hidráulicas poderosas y de alto costo, además, las matrices del molde son de acero inoxidable de alto temple y elevado precio.

La formulación de polvos que contiene los cristales termofijos (40%), la carga mineral o relleno orgánico (40%), los pigmentos minerales, los colorantes orgánicos, los aceleradores de plastificación aminooxidantes, los plastificantes y los lubricantes, todos éstos constituyen todo el 20 % restante de la mezcla uniforme, éstos se pasan directamente a un molde hembra en la plancha inferior de una prensa hidráulica o bien se comprime previamente en braquetas que son cilindros de peso constante y pueden llenar también, la matriz hembra de modo que los polvos o braquetas aseguren con su peso, el llenado final del espacio que queda entre las dos matrices. Se baja el contra molde macho contenido en la planta superior en la prensa el cual distribuye la formulación entre las dos matrices, se aplica calor y presión durante el tiempo de fraguado o endurecimiento, que es específico para cada mezcla terminándose previamente el tiempo de fraguado para cada formulación al cabo del cual se levanta la plancha superior de la prensa y se extrae la pieza mediante espárragos expulsores.



Esta técnica no sirve para piezas pequeñas, ni tampoco de diseño complicado, ya que como la formulación entra en polvos o braques directamente en la matriz hembra, en el momento de calentarse pueden correr partes de material fundido, haciendo las presiones estrechas del molde que en el momento de endurecer dan lugar a contracciones y al sacarse el artículo, pueden romperse los espárragos expulsores y desprenderse las inserciones de vidrio o metal adheridos al plástico.

## 2.- MOLDEO POR TRANSFUSION O TRANSFERENCIA.

Sirve para obtener producción en serie de termofijos pequeños de forma complicada tales como filetes de tornillos y de roscas, dientes de engranes, partes pequeñas de maquinaria de oficina (teclas de máquina de escribir), teclas de instrumentos musicales. La máquina consta de una tolva donde se alojan los polvos de la mezcla y mediante un dosificador pasan a un cilindro calefactor calentado en sus paredes por resistencias eléctricas comunes y más modernamente por corrientes eléctricas de alta frecuencia (60,000-100,000 ciclos por minuto), que se emiten a través de dispositivos polares que se encuentran dentro del cilindro de modo que la mezcla sirva de resistencia al paso de esas corrientes y rápidamente así como en forma uniforme, la formulación se reduce hasta semifluida, la cual es presionada por un pistón que la distribuye con igual fuerza a todas partes interiores del molde precalentado para asegurar una distribución uniforme de modo que a presión y por calentamiento se endurece el producto durante el tiempo de termofraguado que oscila entre 75 minutos, transcurridos éstos se expulsa el producto.

### 3.- METODO DE FUNDICION.

No se necesita presión más que calor para termofijar los productos, ni tampoco llevan los ingredientes mencionados de una formulación, sino que bastan los cristales termofijables y el pigmento mineral, si se quiere opaco o los colorantes orgánicos si se desean translúcidos o transparentes.

La mezcla fundida se vierte en moldes a unos 100°C y una banda transportadora los lleva al interior del horno donde permanecen entre 80 y 100 °C, durante 4,8 y hasta 12 horas; de modo que a mayor tiempo salen productos opacos y a menor translúcidos, luego se extraen de los moldes las formas y se puede trabajar a máquina como cualquier material clásico (tornear, cepillar, pulir, barrenar, fresar y rectificar) para dar un gran brillo a las superficies de los productos y con una resistencia a la tensión, no obstante su apariencia como de gemas, superior a la de la baquelita.

### 4.- METODO DE MOLDEO PARA LAMINACION.

Desde hace 40 siglos, ya los egipcios conocían laminación terciaria de placas de madera impregnadas con solución en aguarrás-brea, betún copal y goma laca que son resinas termoplásticas del medio oriente, los cuales colocaban una sobre otra terciadamente con rotación a las fibras de la madera y ponían encima de todo el conjunto grandes rocas para hacer presión con el calor del sol, lograban la evaporación del aguarrás de modo que las resinas se adheriesen a las planchas. Resultaba así un conjunto mucho más resistente que cada una de las laminaciones individuales y servía para confeccionar los ataúdes donde guardaban los cuer-

pos momificados de sus grandes faraones y otros más que habfan destacado como héroes y en la actualidad, primero se han deteriorado momias antes que los sarcófagos, ahora contemporáneamente la técnica se ha estilizado y consiste en impregnar papel, tela, lona, madera, biruta de madera, aserrfn, bagazo de caña con solución de polímeros termofijables colocados también en forma terciada entre dos planchas de una prensa hidráulica por cuyo interior puede circular vapor sobrecalentado o con resistencias eléctricas comunes, de modo que la presión de las planchas de la prensa y el calentamiento termofijan el aglutinante y al final el material laminado puede trabajarse a máquina.

Puede resistir ácidos, bases reductoras y oxidantes, bebidas y alimentos calientes. Los nombres comerciales son: formica, mikarta como cubiertas para mesas, bares, mesas de laboratorio, mostradores etc.. Cuando el material aglutinado es fibra de vidrio o asbesto se alcanzan resistencias a la tensión similares a la baquelita, cuando se usa viruta de caña y aserrfn de madera resultan plafones para techos, puentes y paredes en construcción.

##### 5.- METODO DE MOLDEO A BAJA PRESION (MANUAL).

Como su nombre lo indica, no se requiere de presiones de cientos de libras por pulgada cuadrada, como en el método anterior y de compresión alta, debido a que se utilizan mas modernas soluciones termofijables, que a parte de la baja presión para fraguar, solo se requieren temperaturas de 125° a 150°C. Es una variante de la técnica de laminación, porque el material laminado es impregnado de la solución termofijable o sea papel lona, fibra de vidrio o asbesto, se introduce dentro de un molde que se

cierra a presión y que puede estar alojado en las planchas de una pequeña prensa hidráulica o bien, dicho molde bien cerrado a presión se endurece en un horno en donde se calienta durante el tiempo de fraguado específico para cada formulación que se determina previamente después del cual se abre el molde y se obtiene el material laminado en la forma deseada, así es posible producir: cascos protectores deportivos, sillería barata, cascos para obreros, escudos y pectorales protectores. Existe otra variante en que se aplican solo decenas de libras y es el método de la funda de neopreno, que consiste en colocar el material laminado dentro de un molde barato de cemento, yeso; cerrarlo herméticamente a presión y todo el conjunto se coloca en el interior de una bolsa de neopreno, se hace al vacío y se termosella completamente la boca de la bolsa y se introduce en una autoclave donde el vapor sobrecalentado y a presión de 50 a 75 libras por pulgada cuadrada determina la termofijación del artículo dentro del molde, al cabo de lo cual se extrae con la forma requerida. Se pueden obtener así carrocerías automotrices, planchas, fuselajes de aviones pero no por la variante de autoclave, sino mediante la técnica principal bajo moldeo.

#### 6.- METODO DE MOLDEO POR CONTACTO CATALITICO.

Es el método más revolucionario puesto que no necesita de presión ni de temperaturas altas, basta solamente la temperatura ambiente; para ello, el material impregnado con la solución termofijable se introduce dentro de un molde que puede ser abierto o cerrado a presión, una vez bien lleno para que la pieza adopte la forma interior de ambas matrices mediante un proceso catalítico de repolimerización en sucesivas operaciones se introduce el producto, al cabo de cierto tiempo, quedando

listo para ser sacado del molde cerrado o abierto con la forma deseada, si se usan tiras de fierro o de lámina galvanizada, se obtienen láminas de poliéster opacas, translúcidas o transparentes según sea la carga, pigmento mineral o colorantes orgánicos para ventanales, tragaluces etc.. Es uno de los métodos más baratos de moldeo para medidas regularmente grandes.

#### 7.- METODO DE MOLDEO POR VACIADO (INCLUSION).

Sirve para incluir especímenes minerales y biológicos tanto vegetales como animales y tejidos orgánicos humanos. La técnica consiste en preparar un jarabe con una viscosidad semejante a la glicerina a partir del monómero de metacrilato de metilo al que se le añade el catalizador polimerizante, ya sea peróxido a razón de 10 miligramos por mililitro, se lleva a una estufa de 50° a 60°C hasta que adquiera viscosidad de jarabe ligero, entonces se vacía parte del mismo como capa basal de un molde, se guarda el resto del jarabe bajo refrigeración y el molde se introduce en la estufa a solo 50°C para que solidifique sin burbujas dicha capa basal, una vez dura se coloca centradamente el espécimen sobre la placa obtenida y el espacio que lo circunda se rellena con el resto del jarabe enfriado y una vez lleno el molde se introduce nuevamente a 50°C dentro de la estufa hasta que endurezca, quedando un bloque sólido que se extrae del molde y se pule en sus paredes con cepillos giratorios para darle brillo, resultando así piezas ornamentales, vitrinas de museo; y cuando el polvo atmosférico lo raspa, se pueden pulir con un paño empapado de pasta, brazo y aún hasta pasta dentífrica; el pretratamiento de los especímenes para que pierdan la humedad y no se obtengan nebulosidades o turbios alrededores de las muestras es el siguiente: para

las de origen mineral, se sumergen en alcohol absoluto el especimen inorgánico para que salga todo el aire y se desengrace, así como también se extraiga la humedad o el agua que contiene y así en un desecador al vacío, se le evapora el alcohol que lo impregnaba de manera que una vez bien seco se pueda ya colocar centradamente sobre la capa basal sólida para proseguir el proceso de inclusión. El pretratamiento de las muestras biológicas, consiste en introducir las en un desecador al vacío donde en presencia de vapores de cristales de tioxano y por calentamiento de una placa eléctrica en el fondo libera, por cada molde tres moles de  $O=CH_2$  por molde de tioxano que van a termofijar las proteínas de las redes celulares a través de los tratamientos finales por eliminación de agua, quedando así las proteínas vegetales y animales termofijadas y el vacío elimina toda el agua generada durante la reacción, sin que pierdan su forma una vez secos.

#### 8.- METODO DE MOLDEO AL VACIO.

Una lámina reblandecida con calor de cualquier termoplástico, se sujeta firmemente a un marco metálico; mediante lámparas infrarojas se mantiene reblandecida, se aplica vacío a través de los orificios capilares localizados en las esquinas del molde y la presión atmosférica va a determinar que la hoja reblandecida se flexione hacia adentro y ocupe todos los intersticios del molde; cuando esto ha pasado se retira la fuente de calentamiento y se deja endurecer por enfriamiento con corrientes de aire frío o agua atomizada. Es uno de los métodos más usados para el moldeo de termoplásticos y de los más sencillos, sirve para hacer piezas de todos tamaños: cajas, puertas de refrigerador, planchas, partes automotrices etc..

## 9.- MOLDEO POR PRESION MECANICA.

Una lámina reblandecida por calor, de cualquier termoplástico se sujeta firmemente a un marco metálico y lámparas infrarrojas, la mantienen reblandecida para que mediante la presión mecánica de un pistón en cuya cúspide se encuentra la forma que se desea imprimir con un molde a la hoja de tal modo que cuando ha terminado su carrera dicho émbolo, queda la hoja con la forma deseada, luego se apagan las fuentes de emisión de calor y se deja enfriar para que solidifique mediante corrientes de aire o agua atomizada.

## 10.- MOLDEO POR SOPLADO.

Es la contra partida del molde al vacio, puesto que aquí se utiliza presión de aire, hay dos variantes principales: en la primera, un tubo de material termoplástico extruido\* y todavía blando, se introduce al interior de un molde, en donde, por la parte inferior queda aprisionado y se aplica una corriente de aire a presión para inflarlo y obligarlo a que tome toda la forma interior del molde de modo que esté frío, acelera al endurecimiento, pudiendo hacerse esto con agua circulante; el proceso puede durar alrededor de 30 segundos, según el tamaño de la pieza; cuando son muy grandes, duran cuando más 50 segundos. La segunda variante consiste en hacer una película por el método de extrusión la que sale en forma de tubo de cualquier termoplástico reblandecido, por la parte interior del tubo hay una corriente de aire que infla como globo, adelgazando las paredes del tubo hasta alcanzar hasta una micra de espesor, para eso se requiere que el tubo vaya siendo extruido paulatinamente y se asegura la uniformidad de la película en la parte superior, comprimiéndolo entre rodillos diferenciales calentados interiormente con vapor. Para que resulte del espesor deseado, por otra boquilla exterior a la extrusora sale otra corriente concéntrica de aire caliente para mantener reblandecida la película durante el proceso.

\* Este método se explicará más adelante.

## 11.- MOLDEO POR CALANDRADO.

Sirve para revestir materiales como tela, papel lona, tela de fibra de vidrio o asbesto, etc., con termoplásticos, bien sea para cerrar sus poros y hacerlos impermeables o para darles además ciertas características de mayor resistencia tales como los llamados papeles encerados para envolver alimentos, empaques para bebidas.

Se utilizan rodillos huecos por cuyo interior se pasa vapor sobrecalentado, se llama así este método (calandrias), por los sonidos que emiten al estar girando. Una tolva que contiene la formulación la va vaciando entre dos rodillos que giran en sentido contrario y se van formando capas concéntricas de la misma en la superficie de las calandrias hasta que se obtiene la separación máxima de ellos debido a que son móviles los ejes centrales, cuando esto pasa, una cuchilla corta del espesor deseado, láminas que van saliendo en forma concéntrica al desenrollarse de los rodillos y se pueden ir adelgazando al pasar por otra serie de calandrias. Generalmente sirven para revestir por un lado o ambas caras los materiales ya mencionados.

En este método puede substituirse la formulación de polvos por soluciones viscosas de termoplásticos en solventes orgánicos con plastificantes que por evaporación del solvente al pasar por los rodillos sobrecalentados de las calandrias recubren la superficie de los materiales que pasan a través de ellos.



## 12.- MOLDEO POR ESPUMADO.

Un reactor en forma de tolva, con un agitador de 2 ó 3 aspas, vierte la formulación homogénea sobre una banda sin fin o transportadora en donde tiene lugar el esponjamiento de la espuma en forma de colchón continuo de 30 a 50 cm. de espesor y cerca de 2 m. de ancho y todo el largo que se requiera; mediante una segueta manual, después de la banda, se van cortando a tramos regulares o irregulares según las medidas deseadas.

Otra variedad resulta cuando la espuma prehecha se comprime dentro de las matrices de un molde que se cierra herméticamente y se lleva al interior de un horno en donde a unos 100°C, la espuma toma toda la forma interior de las matrices. Se extrae de horno el molde, se abre y aún caliente se saca el producto.

Otra variante es vaciar directamente la formulación líquida viscosa homogénea dentro de un molde que se cierra inmediatamente y basta calentarlo ligeramente para que se esponje la espuma y tome la forma interna de los moldes. Las matrices deben ser paredes metálicas gruesas para resistir la presión del espumado.

Una cuarta variante es llevar moldes cerrados, de paredes metálicas y gruesas con gránulos preexpandidos de poliestireno expandible o de polietileno también expandible, pasando luego vapor sobrecalentado a través de las paredes de las matrices para que el calor esponje y fusione los gránulos de modo que ocupen todo el espacio interior del molde, el esponjado se debe al agente expansor que llevan los gránulos que se obtienen por polimerización en emulsión.

### 13.- MOLDEO ROTACIONAL O ROTOMOLDEO.

Sirve para obtener objetos huecos totalmente cerrados sin costura, ni uniones, tales como juguetes, muñecas, cajas de acumuladores, tanques de gasolina automotrices, tanques para agua, para solventes de diferentes dimensiones desde pequeños hasta grandes. Consiste en llenar directamente los moldes con los polvos termoplásticos alojándose en el extremo de un brazo de un aro circular que los introduce a un horno semicircular y les imprime un movimiento centrífugo que al pasar por la zona caliente permite la fusión y distribución a espesor uniforme de la pared en todo el interior de las matrices. El espesor depende del polvo que se introduce en el molde, el cual sigue girando por medio de un eje central y sin quitarle el movimiento centrífugo, se aspersiona agua para el enfriamiento rápido y endurezca el producto. El proceso dura 50 segundos aproximadamente.

### 14.- MOLDEO PARA METALIZADO DE PLASTICO.

Es condición esencial que antes del proceso, la superficie esté muy bien desengrasada y que después del mismo se someta el depósito o inclusión metálica a pulimentado con cepillos rotatorios para abrillantar la superficie.

Primera variante: se cuelga en una cama cerrada previamente los objetos termofijos o termoplásticos por metalizar, se aplica el vacío dentro de la cámara y entonces se volatilizan por sublimación vapores metálicos que proceden de múltiples alambres delgados del metal respectivo, haciéndoles pasar corrientes de alto amperaje que los vuelve incandescentes y desprenden vapores que se van a condensar en las superficies plásticas expuestas a ello.

Segunda variante: consiste en depositar espejos metálicos sobre las superficies plásticas con soluciones químicas de sales en presencia de un reductor tal como nitrato de plata amoniacal con solución tartrato\* doble de potasio y sodio para depósitos lentos o bien, con formaldehído para menos lentos. Otras soluciones son sulfato de cobre amoniacal más sal de tochala, según se requiera de la velocidad del depósito, así se pueden obtener tajos de espejos metálicos.

Tercera variante: es el espejado electroquímico; la formulación inicial del plástico contiene polvo impalpable de Cu, para que después de moldeado, el producto sea conductor de la electricidad, los objetos se colocan como cátodos para hacer conductora la superficie de plástico mediante cobrizado químico que da el espejo de Cu conductor, lo cual se puede depositar electroquímicamente mediante baños de Ni, Cr, Au.

#### 15.- MOLDEO POR EXTRUSION.

Se obtienen en forma continua termoplásticos como varillas, tubos, planchas, laminados, películas, fibras textiles y diferentes perfilados.

Físicamente el proceso se parece al fenómeno de exprimir un tubo de pasta dentrífica con el fin de obtener una cinta continua con la configuración final que tengan las matrices o dados de la máquina.

De la tolva pasa la formulación que contiene los gránulos termoplásticos, a un cilindro horizontal calentado con resistencias eléctricas en sus paredes o bien la mixtura se reblandece mediante el paso de corriente de alta frecuencia que la reduce hasta la consistencia de pasta y mediante un tornillo sin fin se expulsa al final a través de los labios terminales de los dados en forma de cinta que se recoge por una banda transportadora

\* Sal o ester del ácido tártrico.

que la enfría, mediante chorros de aire o bien a través de un baño de agua para que endurezca por enfriamiento al termoplástico, después se corta en tramos regulares según las dimensiones deseadas.

#### CLASIFICACION DE EXTRUSION.

A).- Por la forma del producto:

1.- Perfiles, cilindros o laminados.

Ejemplos: Pelets de polipropileno, poliester, etc., perfiles de aluminio y láminas de acrílico.

2.- Fibra corta.

Ejemplos: Extrusión de fibras para telas (nylon, poliester, etc.).

B).- Por posición del dado terminal:

1.- Vertical. (Extrusión de polietileno para bolsas, para filamento de licra, nylon).

2.- Horizontal. (Pelet de P.V.C.).

C).- Por manejo en la extrusora:

1.- Husillo: -simple sin etapas de compresión.

-simple con etapas de compresión.

-doble husillo.

2.- Pistón.

3.- Con y sin vacfo.

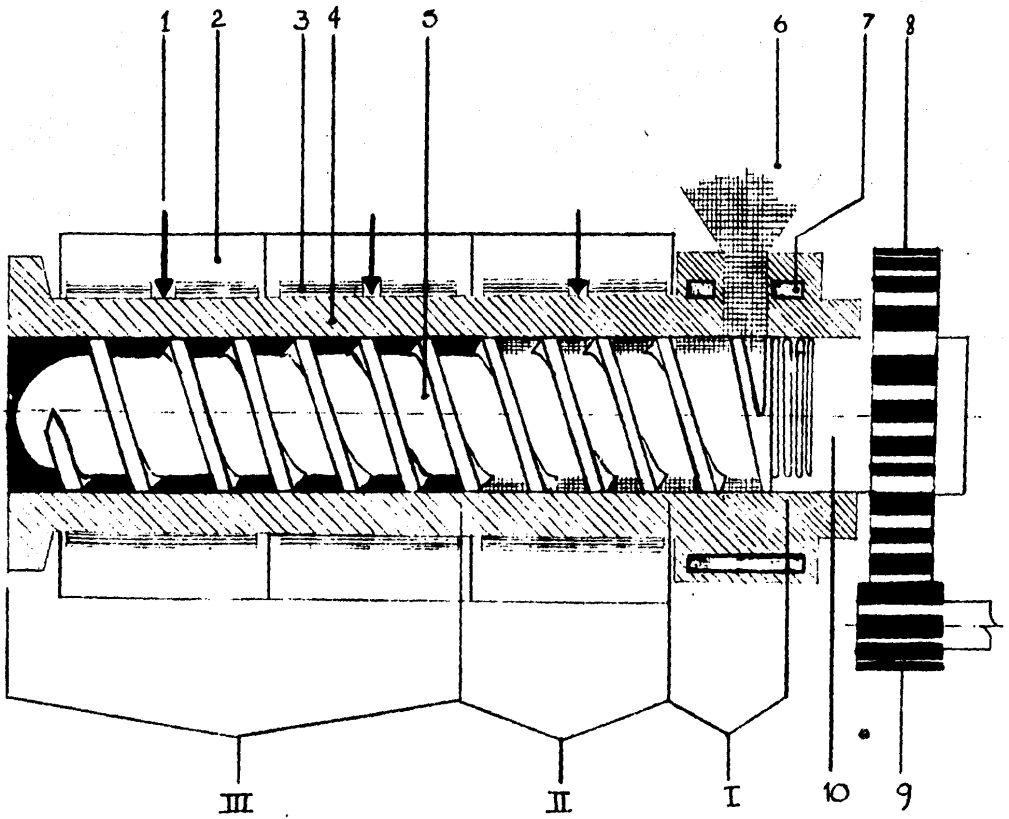


FIGURA 1

**FIGURA 1.- REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LA CONSTITUCION DE UN EXTRUSOR DE UN HUSILLO.**

- 1.- Sonda térmica para los aparatos reguladores de la calefacción del cilindro.
  - 2.- Zonas de refrigeración del cilindro.
  - 3.- Elementos calefactores del cilindro.
  - 4.- Cilindro.
  - 5.- Husillo.
  - 6.- Tolva de material.
  - 7.- Refrigeración en la zona de aportación de material.
  - 8.- Accionamiento del vástago del husillo.
  - 9.- Piñón del engranaje.
  - 10.- Vástago del husillo.
- I = Zona de entrada.  
II = Zona de transformación.  
III = Zona de salida.

En general, se explica el desarrollo del proceso del moldeo por extrusión con el ejemplo de un extrusor de un husillo de trabajo politrópico (fig.1). La granza se encuentra en la tolva (6) y cae, a través de los orificios de llenado del cilindro extrusor (4) y de la camisa de husillo (10), sobre el husillo (5), que gira en general con extremo libre. De acuerdo con su misión, el husillo posee tres campos de acción. En la zona de entrada (I) se toma la granza del orificio de carga y se transporta hacia el cilindro en dirección del extremo de salida. El cilindro extrusor se calienta mediante elementos (3) dispuestos en la superficie exterior del cilindro. El material es prensado constantemente contra la pared interior caliente del cilindro durante el movimiento del husillo. La masa reblandecida es cizallada, amasada y homogeneizada permanentemente por los filetes del husillo, con lo que la fusión recibe un calentamiento interno adicional por transformación de energía. Dentro de la zona de transformación (II) se inicia la disgregación de material y éste pasa de su consistencia sólida de granza a un estado termoplástico, avanzando en disgregación homogénea a la zona de salida (III).

La relación entre el diámetro y la longitud del husillo da una idea aproximada de la capacidad volumétrica de un extrusor y de su rendimiento, habiéndose calificado como magnitud de valoración y empleándose en casi todos los folletos de maquinaria. La relación permite también conclusiones sobre la intensidad del calentamiento interno del material producido por la conversión de energía por efectos de fricción, así como la capacidad de los elementos calefactores exteriores del cilindro.

El diverso comportamiento de los distintos materiales termoplásticos en la elaboración con extrusor, hizo necesario desarrollar para muchos de estos materiales una geometría especial del husillo.

El husillo (tornillo sin fin) es el elemento mecánico esencial de un extrusor. La condición previa para el desarrollo de un husillo de trabajo rentable es una idea exacta de la tarea de producción a resolver con el mismo. Principalmente las propiedades del material son las que determinan la geometría y dimensiones del husillo. También las secciones de flujo de los moldes del extrusor influyen notablemente en el diseño del husillo.

Los materiales termoplásticos muestran considerables diferencias en cuanto a sus propiedades en el curso de su elaboración. La diversidad de los valores de dureza superficial de la granza, temperaturas de fusión, coeficiente de rozamiento, viscosidad de plastificación por ejemplo, hace muy difícil el diseño de formas de husillo.

Realmente no existe ningún husillo universal que pueda calificarse para la elaboración de todos los materiales. Sin embargo en la práctica, basta generalmente con 3 ó 4 husillos por extrusor, porque muchos termoplásticos pueden elaborarse con un solo husillo, de acuerdo con sus características reológicas dentro de un espectro de viscosidad similar.

Consideremos la distribución por zonas de husillo en determinados sectores de trabajo, mediante el ejemplo de un sistema de husillo único (fig.2) cuya nomenclatura se indica.



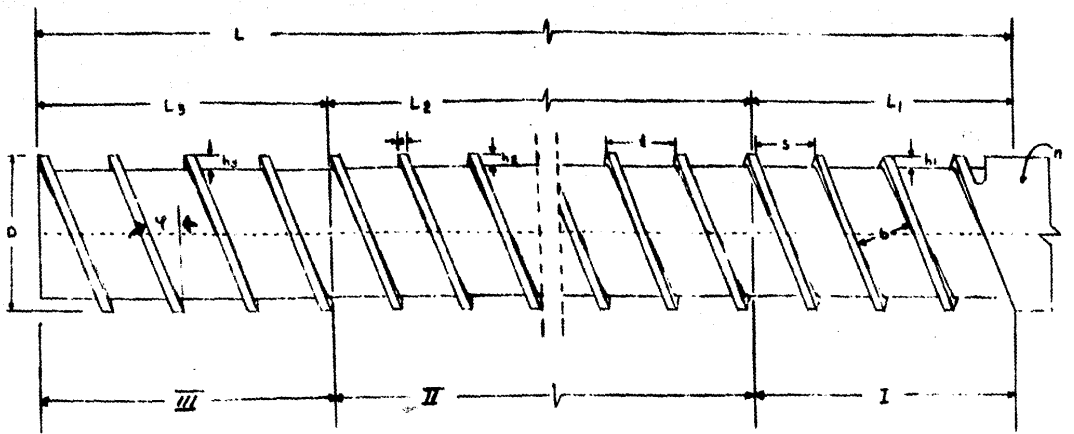


FIGURA 2

FIGURA 2.- NOMENCLATURA DE UN HUSILLO.

VALOR	UNIDAD	DESIGNACION.
L	cm.	Longitud total del husillo sin vástago.
L1	cm.	Longitud de la sección de husillo con pasos muy salientes.
L2	cm.	Longitud de la sección intermedia.
L3	cm.	Longitud de la sección con característica plana.
D	cm.	Diámetro del husillo.
e	cm.	Anchura del filete.
h	cm.	Profundidad del paso.
h1	cm.	Profundidad del paso en la sección L1.
h2	cm.	Profundidad del paso en la sección intermedia L2.
h3	cm.	Profundidad del paso en la sección L3.
b	cm.	Anchura del paso (anchura del canal perpendicular al filete).
s	cm.	Anchura del paso (anchura del canal paralelamente al eje del husillo).
t	cm.	Distancia entre pasos.
$\theta$	0	Angulo de inclinación.
n	n.p.s.	Velocidad del husillo.

I = Zona de entrada.

II = Zona de transformación.

III = Zona de salida.

En general son tres zonas (raramente dos) que se extienden por toda la longitud efectiva del husillo, marcadas en la figura 1 con I, II y III, correspondiendo a su orden de funcionamiento. Si bien estas secciones de husillo tienen que cumplir diversas misiones, no pueden verse como zonas netamente delimitadas entre sí, ya que el proceso de disgregación y transporte se extiende sobre toda la zona efectiva de un husillo y el flujo de material no se interrumpe normalmente antes de salida.

La zona de entrada del husillo (I), tiene la misión de acoger el material que llega al cilindro por el orificio de entrada y transportarlo a las zonas de disgregación. La configuración del perfil de los pasos del husillo en esta zona es influida principalmente por la forma y calidad del material a elaborar. Según ello se determinan el ángulo de inclinación y el perfil de los filetes del husillo. Para la elaboración de materiales pulvulentos se ha acreditado un ángulo de inclinación de unos  $30^\circ$ , mientras que los materiales en granza son transportados en forma óptima por husillos con ángulos de inclinación de  $15^\circ$ - $20^\circ$ .

La siguiente zona de transformación (II), tiene la misión de disgregar el material y densificarlo en una fusión con viscosidad estructural. En muchos tipos de husillo, esta sección se caracteriza por una progresión del núcleo del husillo hasta el diámetro de la zona de salida. Con ello se reduce el volumen del paso, se comprime el material y se equilibran los diversos volúmenes de masa sólida, termoplástica y termoelástica. La compresión de la masa tiende por una parte a eliminar la parte de aire incluida y arrastrada a la zona de disgregación, así como la humedad ya vaporizada. Por otra parte es más efectiva la transmisión

termica al material. La relación de compresión de los husillos, en la zona correspondiente, depende del volumen aparente (es decir, de la forma original del material) y de la presión acumulada en el extremo de salida del husillo, ya que ésta se transmite por los pasos del husillo a lo largo del material. Consideremos el funcionamiento de los husillos con reducción del ángulo de inclinación bajo el aspecto de la capacidad de disgregación: si bien la capacidad de cizallamiento de los filetes (indirectamente proporcional a la profundidad del paso) es constante por no variar el diámetro del núcleo, la acción de calentamiento del material es más baja que en un husillo con diámetro progresivo. Se tiende a realizar tan intensamente la disgregación de material, en la zona de transformación, que la masa termoplástica pasa a la última sección prácticamente como masa de viscosidad estructural.

La última sección del husillo (la zona de salida) tiene la misión de comprimir la fusión homogénea, obtenida en la sección anterior, hacia el émbolo inyector, en forma constante y uniforme. La longitud de esta sección varía entre 4-7 D.. También en cuanto a su forma existen diversas variantes. La profundidad de los pasos en la zona de salida está en relación con la viscosidad del material. Generalmente es constante en toda la sección.

## 16.- MOLDEO POR INYECCION.

La elaboración de materias primas por el proceso de inyección ofrece amplias posibilidades de racionalización desde el punto de vista de producción económica; el desarrollo del proceso de inyección fue influido necesariamente por el desarrollo de materias termoplásticas y fue acompañado, desde sus primeros tiempos, por la exigencia de adaptar la técnica a las particularidades de elaboración de los nuevos plásticos que aparecían en el mercado.

Las principales ventajas del proceso de inyección residen en el ahorro de material, espacio de fabricación y tiempo de producción. Pese a los costos de instalaciones, moldes y producción, el proceso ofrece considerables ventajas económicas, sobre todo a partir de series superiores a mil piezas.

El proceso ofrece entre otras cosas:

- == Máxima exactitud de formas y dimensiones de las piezas inyectadas.
- == Posibilidades de formación de orificios, refuerzos, ajustes y marcas, así como de inserción de elementos de otros materiales, con lo que la producción se hace completa o las piezas quedan considerablemente listas para el montaje.
- == Superficie lisa y limpia de las piezas inyectadas.
- == Buenas propiedades de resistencia a pesar de espesores de pared finos, con una configuración de las piezas adecuadas al proceso y al material.
- == Múltiples posibilidades en cuanto a un ennoblecimiento posterior de las superficies.
- == Rápida producción de gran cantidad de piezas en moldes duraderos con una ó varias cavidades; esto permite plazos de entrega relativamente cortos y una capacidad de almacenaje reducida.
- == Gran aprovechamiento del material empleado; en muchos casos puede efectuarse la trituración de las mazarotas directamente junto a la máquina de producción, mezclando de nuevo la molienda con el granulado fresco.

Considerado desde el punto de vista puramente termológico, hay que valorar como máxima ventaja de la inyección, el hecho de que la pieza inyectada queda determinada por el molde en todas sus superficies, en cuanto a forma y dimensiones.

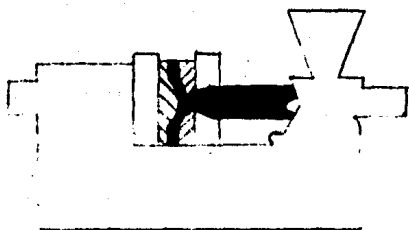
En los restantes métodos de elaboración que compiten con la inyección, las tolerancias de forma y dimensiones quedan determinadas solamente por la superficie de la cavidad del molde o del núcleo. Por ello hay que considerar en estos procesos diferencias en espesor de pared y variaciones en la resistencia mecánica.

En el procedimiento de inyección se introduce primeramente en la cavidad del molde relativamente frío (provisto de la reproducción en negativo de la pieza a fabricar) una cantidad dosificada de material termoplástico fundido en forma homogénea. Tras un cierto período de tiempo, solidifica la masa inyectada y la pieza puede extraerse del molde abierto.

Para la elaboración de materias termoplásticas por el procedimiento de inyección se dispone de una gran variedad de máquinas, que se diferencian no tanto por el proceso, como por variantes en el diseño de sus elementos de montaje, así como por sus sistemas de accionamiento.

El tipo de construcción más común en las máquinas de inyección es el horizontal. En él, las unidades de inyección y cierre trabajan horizontalmente en alineación axial. En máquinas verticales, que se desarrollaron principalmente para funcionamiento manual (inserción de elementos metálicos y similares), se conserva también el trabajo axial de las unidades de inyección y cierre. Sin embargo, existen también variantes en las que la unidad inyectora está dispuesta perpendicularmente respecto al eje de la unidad de cierre; el desvío de la corriente de material plástico hacia la boquilla alineada axialmente con la unidad de cierre se efectúa dentro del cilindro especial de plastificación. Existen construcciones especiales, diferentes a las anteriores,

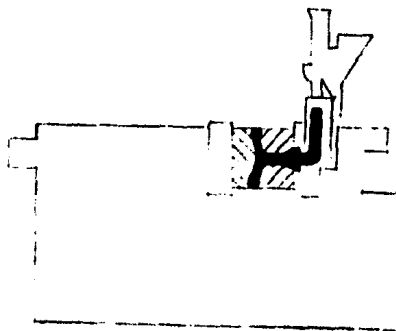
que permiten una inyección del material en ángulo respecto al eje de la unidad de cierre en el plano de separación. Estas máquinas se construyeron en general para resolver determinadas finalidades de producción, su participación en el mercado es relativamente pequeña en comparación con las anteriores.

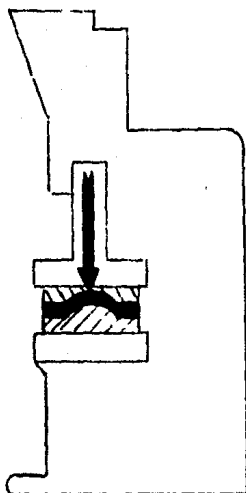


**Trabajo Horizontal.**

La inyección de material se efectúa en línea recta perpendicularmente al plano de separación del molde.

Variante modificada de la anterior, con cilindro de inyección dispuesto verticalmente, el flujo de material se desvía en ángulo de  $90^\circ$  a dirección horizontal y penetra perpendicularmente al plano de separación en el molde.

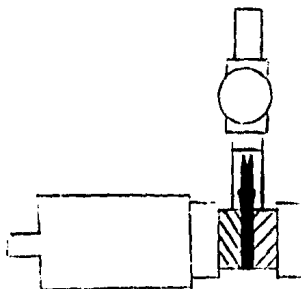




### Trabajo vertical.

Indispensable para la inserción de elementos metálicos y similares. La inyección de material adopta un curso rectilíneo y se efectúa verticalmente hacia abajo, perpendicularmente al plano de separación del molde. De esta versión constructiva existen variantes con inyección en vertical hacia arriba.

Unidad inyectora en posición angular respecto a la unidad de cierre. En el ejemplo representado de una unidad inyectora con ángulo de  $90^\circ$ , el flujo de material penetra en forma rectilínea en el plano de separación del molde.





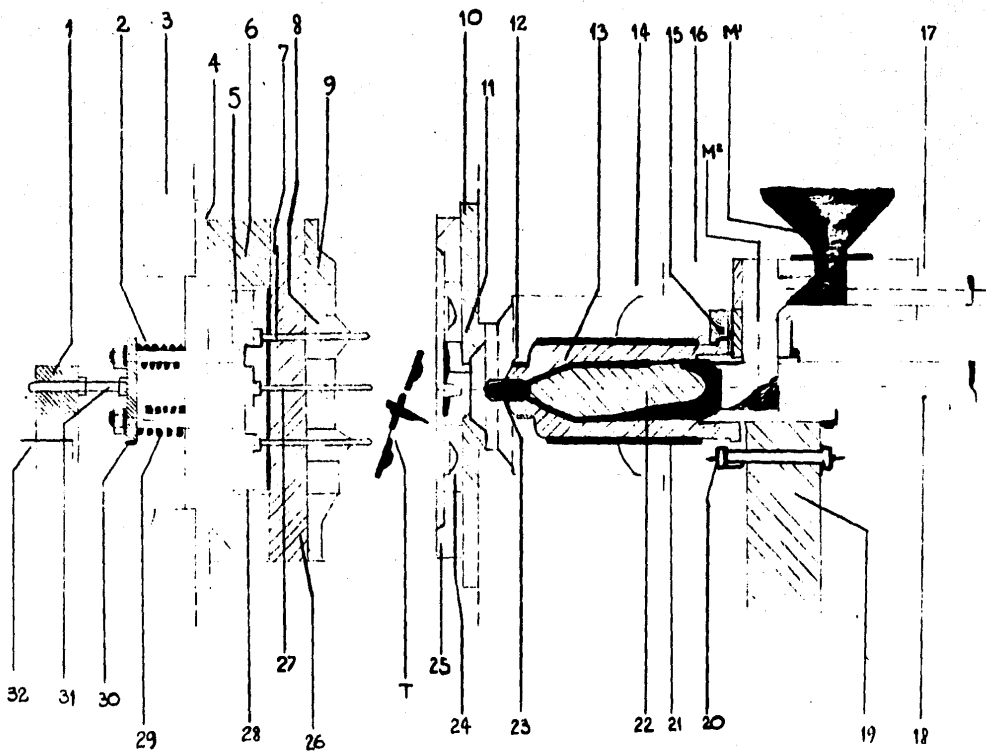


FIGURA 3

### FIGURA 3.- ESQUEMA DEL PROCESO DE INVECCION.

Los números de referencia de las representaciones esquemáticas significan:

- 1 .- Soporte extractor.
- 2 .- Resorte placa extractora.
- 3 .- Plato portamolde lado extractor.
- 4 .- Cuerpo de fijación posterior.
- 5 .- Placa extractora posterior.
- 6 .- Placa distanciadora.
- 7 .- Expulsores.
- 8 .- Elemento posterior de moldes.
- 9 .- Placa posterior del molde.
- 10.- Cuerpo de fijación anterior.
- 11.- Bebedero.
- 12.- Banda calefactora.
- 13.- Cilindro de plastificación.
- 14.- Plato portamolde lado boquilla.
- 15.- Anillo fijación cilindro.
- 16.- Dispositivo de dosificación.

- M<sup>2</sup>.- Material dosificado.
- M<sup>1</sup>.- Material en la tolva.
- 17.- Embolo de dosificación.
- 18.- Embolo de inyección.
- 19.- Placa transversal.
- 20.- Camisa.
- 21.- Banda calefactora.
- 22.- Presor de la masa (torpedo).
- 23.- Boquilla.
- 24.- Cuerpo anterior de moldes.
- 25.- Placa anterior del molde.
- T .- Pieza moldeada.
- 26.- Placa intermedia.
- 27.- Expulsor de mazarota.
- 28.- Placa extractora anterior.
- 29.- Perno extractor.
- 30.- Puente extractor.
- 31.- Tope extractor.
- 32.- Cuerpo de la máquina.

## CURSO DEL PROCESO.

La explicación seguirá el camino del material, designado con  $M^1$ , que se vierte en la tolva del dispositivo dosificador situado sobre la unidad inyectora de la máquina. Una determinada cantidad de este material cae ante el émbolo (17) del dispositivo dosificador (16). Esta porción del material es empujada hacia adelante por el émbolo dosificador en el curso del ciclo de trabajo y cae primeramente sobre el émbolo de inyección a través del pozo vertical de la placa transversal (19), cayendo de nuevo ante este émbolo cuando efectúa su movimiento de retroceso. Esta porción dosificada de material se designa con  $M^2$ . El émbolo de inyección (18) impulsa este material hacia adelante al iniciar su movimiento de trabajo a través de la camisa (20) hacia el cilindro de plastificación (13). Las bandas calefactoras (12,21) situadas en la superficie exterior del cilindro le llevan a una temperatura que produce la transformación de la masa de inyección prensada en una fusión termoplástica.

La pared interior del cilindro transmite continuamente su calor propio al granulado, que empieza rápidamente a modificar su consistencia sólida de granos bajo la influencia de la temperatura. El curso de esta disgregación del material se indica en la representación esquemática mediante el creciente ennegrecimiento del flujo de material. Para empujar el material hacia la pared interior caliente del cilindro y conseguir una influencia térmica uniforme, se dispone en el interior del mismo un dispositivo presor de la masa (22), conocido como torpedo por su configuración hidrodinámica.

La característica propia del proceso de inyección, de un método de trabajo intermitente, hace que el avance de material no sea permanente, sino que haya una cierta permanencia de la masa en el cilindro.

Con cada avance aumenta la disgregación del material, llegando a la parte delantera del cilindro calefactor como fusión plástica homogénea y lista para la inyección. A través de la boquilla (23) se presiona la masa caliente hacia el molde cerrado. El flujo propio de este proceso que se efectúa con un despliegue de energía relativamente elevado, ha motivado que en la práctica se designe como disparo el ciclo de trabajo de la unidad inyectora. La velocidad de inyección (velocidad de disparo) depende de las propiedades del plástico que se emplea; el émbolo puede moverse en forma lenta o brusca según el diseño de la máquina.

El molde de inyección es parte de la unidad de cierre de la máquina y consta fundamentalmente de dos mitades, fijadas respectivamente a los platos portamolde del lado de la boquilla (14) y del lado del extractor (3). En la representación esquemática se indican estos platos mediante líneas de trazos.

El material inyectado atraviesa el bebedero (11) de la mitad del molde correspondiente al lado de la boquilla y llega a través de los canales de llenado a los espacios huecos del mismo, que corresponden a la imagen en negativo de la pieza a fabricar.

La cantidad de material dosificada debe ser tal que su volumen baste para llenar los huecos del molde. La masa plástica enfría al poco tiempo dentro del molde, donde un sistema de atemperado dispuesto en sus dos mitades disipa el calor y acelera el proceso de solidificación de la pieza.

Finalizando el proceso de solidificación puede abrirse el molde, y es extraída la pieza (T) por los expulsores (7) del sistema extractor. Ello ocurre cuando casi se ha alcanzado la posición de apertura máxima del plato portamolde del lado extractor y el puente extractor (30) choca con el tope (31) situado en el soporte de la máquina. Con el desmoldeo de la pieza inyectada termina el ciclo de trabajo.

Resumiendo puede subdividirse el proceso de inyección en varias operaciones aisladas, de la siguiente manera:

- == Dosificación de una cantidad de granulado, correspondiente al volumen del molde, ante el émbolo de inyección.
- == Fusión de este material en el sistema de plastificación, hasta alcanzar una consistencia termoplástica apta para la inyección.
- == Inyección del material termoplástico en el molde cerrado relativamente frío.
- == Enfriamiento del material inyectado hasta la solidificación que permite el desmoldeo de la pieza.
- == Desmoldeo de la pieza con el molde abierto.

Las máquinas de inyección se caracterizan por dos componentes principales: la unidad inyectora y la unidad de cierre. La unidad inyectora abarca el dispositivo de aportación de material, los elementos mecánicos para la plastificación del mismo y el accionamiento del émbolo inyector. La unidad de cierre efectúa los movimientos de apertura y cierre del molde de inyección.

Las modernas máquinas de inyección permiten un trabajo con tres formas de funcionamiento; manual, semiautomático, automático. En el trabajo manual todas las funciones son dirigidas por el personal de servicio. En el trabajo semiautomático un impulso de mando dispara el ciclo total de

trabajo; la duración de las diversas funciones queda determinada por impulsos de relés de conexión regulables. En el funcionamiento automático un impulso de mando introduce el ciclo de trabajo, que se repite entonces automáticamente. El cambio de una forma a otra, se efectúa generalmente mediante conmutador.

#### PLASTIFICACION POR EMBOLO.

La plastificación por émbolo se basa en el principio de fluidizar el material dentro de un grupo de plastificación y transportar la fusión termoplástica al cilindro de inyección mediante un sistema de canales (fig.4).

El flujo de material es dirigido por el distribuidor de mando. Existen formas de construcción asimétricas y simétricas.

En la mayoría de sistemas de plastificación por émbolo, es necesario impedir el retroceso de material disgregado al cilindro de plastificación, mediante una válvula antes de iniciar el proceso de inyección. En algunos diseños, el émbolo de inyección produce un cierre de los caminos de flujo durante su avance. Esta solución es más favorable; así pueden evitarse los canales de unión configurados, teniendo en cuenta puntos de vista de técnica de flujo y ángulos mutuos, en los que puede depositarse y quemarse el material.

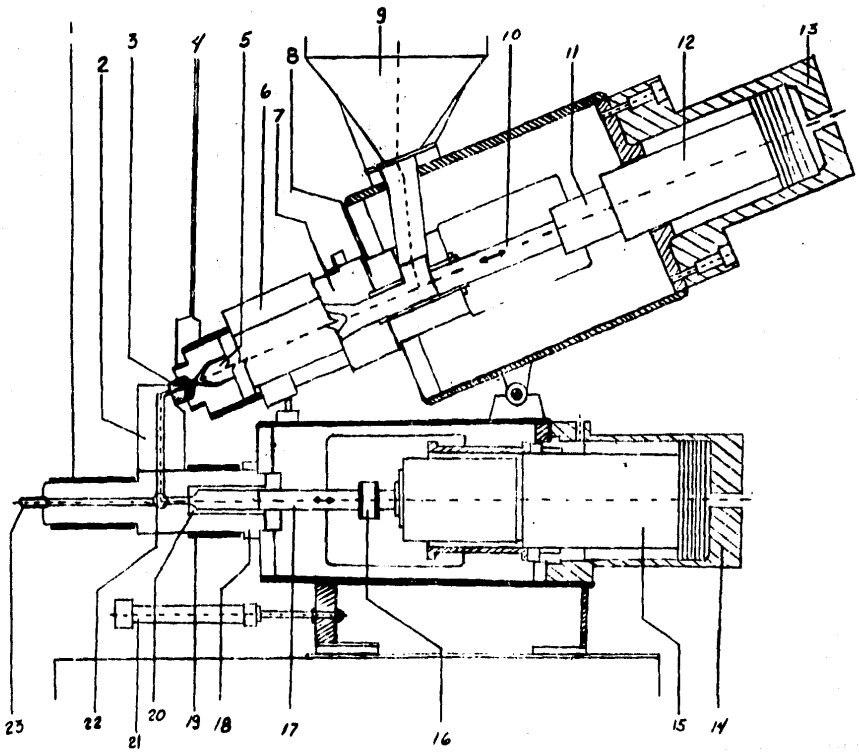


FIGURA 4



**FIGURA 4.- PLASTIFICACION POR EMBOLO.**

- 1 .- Bandas calefactoras.
- 2 .- Elementos de unión.
- 3 .- Pieza intermedia.
- 4 .- Bandas calefactoras.
- 5 .- Torpedo.
- 6 .- Revestimiento de protección térmica.
- 7 .- Cilindro de plastificación.
- 8 .- Camisas.
- 9 .- Tolva de material.
- 10.- Pistón de plastificación.

11.- Acoplamientos.

12.- Pistones hidráulicos.

13.- Cilindro hidráulico para el pistón 10.

14.- Cilindro hidráulico para el pistón 17.

15.- Pistones hidráulicos.

16.- Acoplamientos.

17.- Pistón de inyección.

18.- Cilindros de inyección.

19.- Bandas calefactoras.

20.- Camisas.

21.- Cilindro hidráulico para el movimiento de la unidad inyectoral.

22.- Válvula de torsión para el cierre de la boquilla.

23.- Boquilla.

## PLASTIFICACION POR HUSILLO.

La plastificación por husillo utiliza el principio del extrusor para la disgregación de material (fig.1) y transporta mediante el husillo (tornillo sin fin) el flujo termoplástico ante el émbolo de inyección. Existen diseños de una y varias etapas.

Un material adecuado de consistencia apta para la elaboración, es dividido en pequeñas secciones (formadas por la pared interior del cilindro y los pasos del husillo), mediante un husillo con los pasos adecuados, durante su torsión en el interior de un cilindro hueco, siendo transportado hacia el extremo de salida.

El material se mezcla intensamente durante este proceso. La disgregación tiene lugar tanto por el calentamiento de la masa desde el exterior, como también, en cierto modo, por la conversión de energía mecánica relacionada con los efectos de fricción dentro del material.

En la zona de la abertura de salida (en el extremo de salida del cilindro extrusor) termina el proceso de plastificación y el material cruza esta abertura como fusión termoplástica homogénea.

## PLASTIFICACION POR EMBOLO-HUSILLO.

Este sistema se basa en los principios antes mencionados, pero proporciona al husillo la función adicional de émbolo, para inyectar en el molde el material extruido. (fig. 5).

El principio de la plastificación simétrica por émbolo-husillo según la figura, está patentado por la Badische Anilin & Sodafabrik AG, Ludwigshater, con patente básica 858310 y patentes adicionales 880068, 918962, 926879. El principio se ha introducido con éxito en la práctica durante los últimos años, y es empleado por casi todas las fábricas de maquinaria.

Desde el punto de vista del diseño, el sistema de émbolo-husillo ha de considerarse una solución muy buena, y puede incluirse perfectamente en la unidad inyectora de una máquina por su forma simétrica. El volúmen es mucho más reducido que en los sistemas antes citados.

El funcionamiento es el siguiente: al iniciar la operación el émbolo-husillo se encuentra en posición avanzada. Durante su giro transporta hacia adelante el material de la tolva, calentándolo y plastificándolo. La fusión termoplástica llega al espacio anterior del husillo y le hace retroceder. Cuando se han plastificado la cantidad necesaria de material, se interrumpe su movimiento de rotación y desplazamiento mediante un interruptor final. En el siguiente movimiento de inyección, el émbolo-husillo actúa como émbolo y comprime el material disgregado a través de la boquilla hacia el molde. Durante este avance, el émbolo-husillo conecta la operación de compresión mediante un segundo interruptor final.

Una esencial ventaja de este sistema, consiste en la posibilidad de plastificar durante los tiempos corrientes de funcionamiento, sin influir en el ciclo general de trabajo.

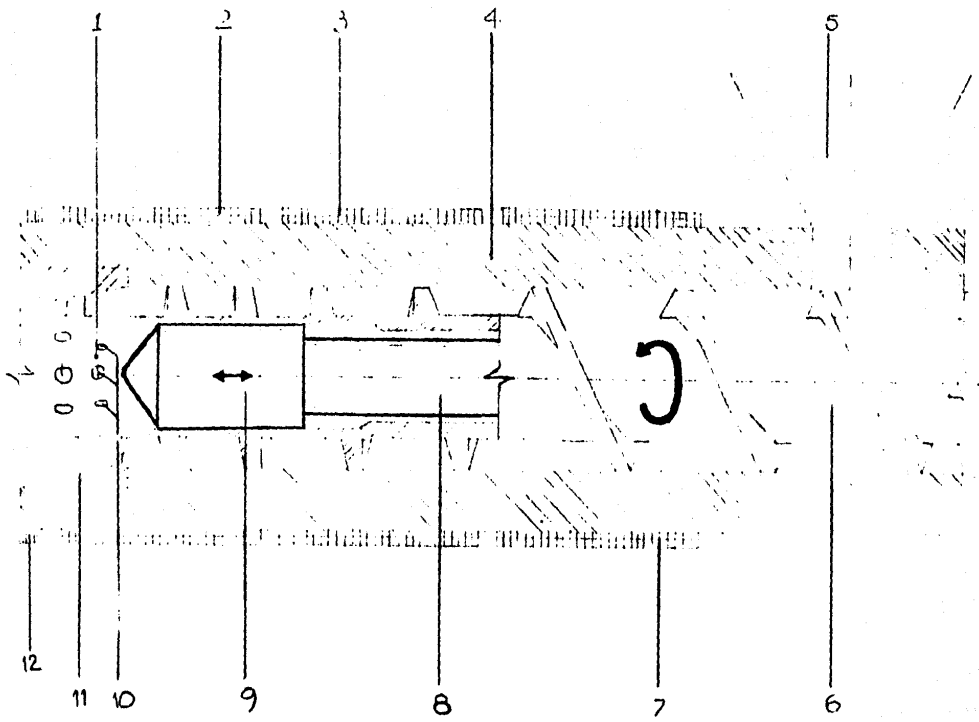


FIGURA 5

**FIGURA 5.- PLASTIFICACION POR EMBOLO-HUSILLO.**

- 1.- Cámara de inyección.
- 2.- Banda calefactora.
- 3.- Banda calefactora.
- 4.- Cilindro.
- 5.- Tolva de material.
- 6.- Husillo hueco con aumento progresivo del perfil de los filetes.
- 7.- Banda calefactora.
- 8.- Vástago del émbolo.
- 9.- Embolo inyector.
- 10.-Canales de flujo.
- 11.-Cabezal del cilindro.
- 12.-Banda calefactora.

La plastificación puede extenderse como máximo a los tiempos de ciclo: enfriamiento, apertura y cierre del molde; sin embargo, para una plastificación máxima, se precisa el empleo de una adecuada boquilla de cierre, para evitar la salida del material.

El émbolo-husillo no trabaja igual que el émbolo de un cilindro convencional. A lo largo de los pasos del husillo existe una posibilidad de escape para el material termoplástico. La presión máxima alcanzable queda limitada en parte por la presión estática de la masa en diversos estadios de disgregación.

Como el husillo de un extrusor, el émbolo-husillo produce una alta presión en la parte anterior del cilindro, cuyo valor depende de la viscosidad del material, velocidad del émbolo-husillo y dimensiones del orificio del cilindro.

## C A P I T U L O   I I I

### DEFINICION DE LA PLANTA



Para la realización satisfactoria de la presente tesis, se elabora este tercer y último capítulo, el cuál abarca puntos mayormente encaminados al enfoque ingenieril.

El contenido de este capítulo es el siguiente:

- I.- Alcance y objetivos.
- II.- Materias primas.
- III.- Ingeniería básica.
- IV.- Estimación de costos.
- V.- Programa de trabajo.
- VI.- Servicios auxiliares.
- VII.- Procedimientos de operación y mantenimiento.
- VIII.-Plan de pruebas y arranque.

## I.- ALCANCE Y OBJETIVOS.

La planta de inyección ubicada en el parque industrial Lerma en Toluca, Edo. de México, tiene como objetivo principal el establecimiento de la fabricación de autopartes, en especial de piezas para cinturones de seguridad siendo éstas totalmente de policarbonato (proveedores: Dow Chemical y Mobay Chemical) y polipropileno (proveedores: Amoco Chemical, Eastman Ch., Arco Ch., Shell Ch., y Phillips Ch.) como las hebillas, el clip ajustador, la cubierta del soporte y el retractor y de piezas de acero al carbón troqueladas recubiertas con los polímeros, como en el caso de las lengüetas.

Cabe mencionar que existen otro tipo de polímeros adecuados para el proceso de inyección, tales como: Poliestireno, Nylon, ABS, Poliuretano, PVC flexible y rígido y Acetales.

Todos éstos materiales se trabajan en presentación de "pellets" ó "chips".

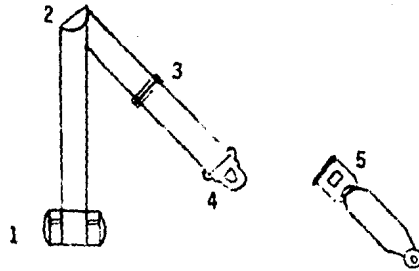
Otra base utilizada para este estudio, además del polipropileno y el policarbonato, es la Máquina Inyectora Newbury Imperial de 200 toneladas (fig.6).

La base de cálculo será de 3,000 juegos completos de cinturones mensuales.



Un cinturón de seguridad consta principalmente de:

- 1.- Retractor.
- 2.- Soporte.
- 3.- Clip ajustador.
- 4.- Lengüeta.
- 5.- Hebilla.



- NOTAS:
- a).- Según la marca y el modelo del automóvil, cambia el tipo y color del cinturón de seguridad.
  - b).- Existen algunos cinturones llamados fijos, los cuales carecen de retractor.
  - c).- El material sobrante por rebabas ó fuera de especificación, puede ser recuperable moléndolo para fabricar material de segunda, refacciones, algún otro tipo de producto ó en el mejor de los casos venderlo.

**TABLA DE MEZCLA DE PRODUCTOS.**

=====

MARCAS PIEZAS	FORD	VOLKSWAGEN	RENAULT	NISSAN	GENERAL MOTORS	TOTAL %
RETRACTOR	3.6	3.4	1.6	2.9	2.9	14.4
SOPORTE	3.6	6.7	2.8	5.4	2.9	21.4
CLIP AJUSTADOR	3.6	6.7	2.8	5.4	2.9	21.4
LENGUETA	3.6	6.7	2.8	5.4	2.9	21.4
HEBILLA	3.6	6.7	2.8	5.4	2.9	21.4
TOTAL %	18.0	30.2	12.8	24.5	14.5	100.0
T O T A L	543	906	384	735	432	3,000

## II.- MATERIAS PRIMAS.

Por materias primas se conoce a todos y cada uno de los materiales necesarios para la fabricación del producto final deseado.

Cada uno de éstos materiales presenta ciertas características y comportamientos que los diferencian de los demás, las cuales son indispensable conocerlas y se llaman especificaciones.

A continuación se presentan las especificaciones de las principales materias primas necesarias para cubrir los requerimientos de calidad del cliente, de los productos básicos, en caso de existir algún requerimiento especial, se estudiaría y desarrollaría un nuevo producto ó se optimizaría el ya existente.

## E S P E C I F I C A C I O N E S

Polycarbonato.- Resinas para moldeo y extrusión.

	ALTA VISCOSIDAD	BAJA VISCOSIDAD	PRUEBA <sup>4</sup> ASTM
Temperatura fusión (°C) (amorfo)	150	140	
Rango de temperatura de proceso (°F) (inyección)	560	520	
Rango de presión de moldeo (10 <sup>3</sup> psi)	10-20	8-15	
Radio de compresión	1.74-5.5	1.74-5.5	
Resistencia a la tensión (psi) a ruptura	9,500	9,500	D638
Elongación % a ruptura	110	110	D638
Resistencia a la tensión (psi) razgado	9,000	9,000	D638
Resistencia a la compresión (psi)	12,500	12,500	D695
Módulo de tensión (10 <sup>3</sup> psi)	345	345	D638
Módulo de compresión (10 <sup>3</sup> psi)	350	350	D695
Dureza Rockwell	M70	M70	D785
Conductividad térmica 10 <sup>-4</sup> cal. cm./seg. cm <sup>2</sup> °C	4.7	4.7	C177
Gravedad específica	1.2	1.2	D792
Absorción de agua (muestra 1/8" de espesor) 24 hrs.	0.15	0.15	D570

Proveedores: Dow Chemical.

Mobay Chemical.

## E S P E C I F I C A C I O N E S

### Polipropileno.

	HOMOPOLIMERO	COPOLIMERO	METODO ASTM
Temperatura fusión (°C) (cristalina)	168	160-168	
Rango de T. de proceso (°F)			
(inyección)	400-550	400-550	
(extrusión)	400-500	400-500	
Rango de P. de moldeo (10 <sup>3</sup> psi)	10-20	10-20	
Radio de compresión	2.0-2.4	2.0-2.4	
Resistencia a la tensión (psi)			
a ruptura	4,500-6,000	4,000-5000	D638
Elongación % a ruptura	100-600	200-700	D638
Resistencia a la tensión (psi)			
a razgado	4,500-5,400	3,500-4,300	D638
Resistencia a la compresión (psi)	5,500-8,000	3,500-8,000	D695
Módulo de tensión (10 <sup>3</sup> psi)	165-225	100-170	D638
Módulo de compresión (10 <sup>3</sup> psi)	150-300	— —	D695
Dureza Rockwell	R80-102	R50-96	D785
Conductividad térmica			
10 <sup>-4</sup> cal. cm./seg. cm <sup>2</sup> °c	2.8	3.5-4.0	C177
Gravedad específica	0.900-0.910	0.890-0.905	D792
Absorción de agua			
(muestra 1/8" espesor) 24 hrs.	0.01-0.03	0.03	D570

Proveedores: Amoco Ch.

Eastman Ch.

Arco Ch.

Shell Ch.

Phillips Ch.



Algunos antioxidantes que se pueden utilizar con ambos polímeros.

NOMBRE	FABRICANTE	CARACTERISTICAS PRINCIPALES
Naugard P	Uniroyal	claro, no decolorante, líquido.
Naugard 512	Uniroyal	líquido, buena hidrólisis, resistente, no decolorante.
Sandoz tab P-EPQ	Sandoz	estabilizador, de alta temperatura, no decolorante.

NOTAS: Los antioxidantes mencionados se pueden utilizar tanto para polipropileno como para policarbonato. Si se requiriera un tratamiento individual o especial, existen antioxidantes exclusivos, tales como:

Para Policarbonato:

Vanox 1005 , Vanderbilt mejora color y estabilidad

Para Polipropileno:

Irganox 1035, Ciba-geigy no decolora, no mancha  
Vanox 1080, Vanderbilt estabiliza viscosidad, no decolora

**C O L O R A N T E S**  
**Pigmentos Orgánicos**

**== Quinacridona (magenta) Pigmento Rojo.**

Brillante, transparente.

Resistente a: ácido concentrado y diluido, aldehidos, alcalis, calor,  
luz, agentes oxidantes y reductores.

No emigra.

Tóxico.

Proveedor: Dupont de Nemours; Mobay Chemical Co.

**== Isoindolina (amarillo) Pigmento Amarillo.**

Brillante, translúcido.

Resistente a: ácidos diluidos, calor.

No emigra.

Tóxico.

Proveedor: Basf; Mobay Chemical Co.

**== Ftalocianina (azúl) Pigmento Azúl.**

Brillante, transparente.

Resistente a: ácidos diluidos, calor, alcalis.

No emigra.

Tóxico.

Proveedor: Ciba-Geigy Co.; Harwick Chemical Co.

## COLORANTES

### Pigmentos Orgánicos

== Quinacridona (magenta) Pigmento Rojo.

Brillante, transparente.

Resistente a: ácido concentrado y diluido, aldehidos, alcalis, calor,  
luz, agentes oxidantes y reductores.

No emigra.

Tóxico.

Proveedor: Dupont de Nemours; Mobay Chemical Co.

== Isoindolina (amarillo) Pigmento Amarillo.

Brillante, translúcido.

Resistente a: ácidos diluidos, calor.

No emigra.

Tóxico.

Proveedor: Basf; Mobay Chemical Co.

== Ftalocianina (azúl) Pigmento Azúl.

Brillante, transparente.

Resistente a: ácidos diluidos, calor, alcalis.

No emigra.

Tóxico.

Proveedor: Ciba-Geigy Co.; Harwick Chemical Co.

**CO L O R A N T E S**  
**Pigmentos Inorgánicos**

**== Dioxido de titanio, Pigmento Blanco.**

Brillante, opaco.

Resistente a: ácidos diluïdos, aldehidos, alcalis, calor, agentes oxidantes.

No emigra.

Tóxico.

Proveedor: Dupont de Nemours; Cyanamid.

**== Oxido de fierro café, Pigmento Café.**

Opaco.

Resistente a: alcalis, calor.

No emigra.

Tóxico.

Proveedor: Harwick Chemical Co.

**== Negro cerámico, Pigmento Negro.**

Opaco.

Resistente a: ácidos diluïdos, aldehidos, alcalis, calor, agentes oxidantes y reductores.

No emigra.

Tóxico.

Proveedor: Ciba-Geigy; Ferro.

## AGENTES ANTIESTATICOS

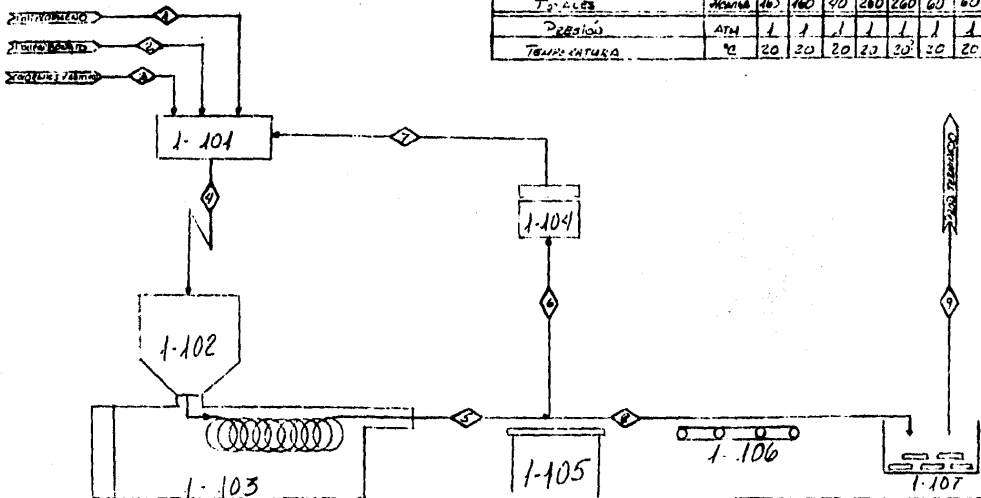
NOMBRE	TIPO	PROVEEDOR	ADITIVO CUBRIENTE O INTERNO	CONCENTRACION
Agente Antiestático 106 G	Amina	Hexcel	Ambos	0.1-1.0
Aerosol arc-ease	Compuesto de amonio cuaternario	Am. Resin	Cubriente	según formulación
Ast-1001	Compuesto de amonio cuaternario	Merix	Cubriente	10.0-100.0
Cyastak 609	Compuesto de amonio cuaternario	Am. Cyanamid	Cubriente	1.0-10.0
Gafac RD-510 RE-610, RD-610 RS-710	Aniónicos	Gaf.	Ambos	0.5-1.0

## RETARDANTES A LA FLAMA

TIPO	NOMBRE QUIMICO	NOMBRE COMERCIAL	PROVEEDOR
Aditivos Orgánicos	Oxido de decabromodifenilo	FR-300-BA	Dow Ch.
Aditivos inorgánicos	Oxido de aluminio trihidratado	Lubral 710	Alo Ch.
	Oxido de antimonio	TMS Red Star	Anzon America



COORDINATA		Valores	1	2	3	4	5	6	7	8	9
COMPUESTO	Polipropileno	g/gramo	160	-	-	208	208	48	48	160	160
	Poliolefinas	g/gramo	-	160	-	208	208	48	48	160	160
	Colores y aditivos	g/gramo	-	-	40	52	52	12	12	20	20
	TOTAL	g/gramo	160	160	40	260	260	60	60	200	200
	Presión	atm	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Temperatura	°C	20	20	20	23	23	20	20	20	20



F.E.S. CUMUTRAU U.N.A.M.  
 DISEÑO DE TUBO  
 PLANTA INYECTORA  
 PINTO: ENSOLO  
 001 José Luis Salazar Salgado

LISTA DE EQUIPOS	
1-101	REACTOR
1-102	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
1-103	REACTOR DE ALMACENAMIENTO
1-104	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
1-105	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
1-106	CONDUCTO TRANSPORTADOR
1-107	TANQUE DE ALMACENAMIENTO













## DIAGRAMA CIRCUITO HIDRAULICO

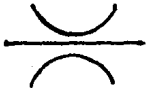
REFERENCIA	DESCRIPCION
1	Cierre múltiple.
2	Inyección múltiple.
3	Control de presión múltiple.
4	Secuencia múltiple.
5	Accesorio múltiple.
6	Ensamble entrelazado múltiple.
7	Válvula direccional de cierre.
8	Válvula direccional de inyección.
9	Válvula direccional de extrusión.
10	Válvula de control inyección piloto.
11.1	Válvula direccional de ajuste de altura.
11.2	Válvula direccional de terminación.
12	Válvula direccional de acarreo.
13	Válvula de entrelazado.
14	Válvula principal de relevo.
15	Bomba.
16	Cilindros de cierre.
17	Cilindro de inyección.
18	Motor de tornillo.
19	Cilindros terminales.
20	Motor de ajuste de alturas.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 21 Cilindro de acarreo.
- 22 Válvula de relevo bomba secundaria.
- 23 Válvula de ajuste de presión de inyección.
- 24 Válvula de ajuste presiones bajas.
- 25 Válvula de relevo de inyección.
- 26 Válvula de secuencia.
- 27 Válvula de ajuste de presión trasera.
- 28 Control de velocidad del tornillo.
- 29.1 Control de velocidad de inyección.
- 29.2 Control de velocidad del cierre.
- 30 Control de velocidad de cierre dispuesto.
- 31 Control de velocidad de ajuste de acabado.
- 32 Control de velocidad de terminado.
- 33 Válvula Check.
- 34 Válvula Check.
- 35 Válvula Check de cierre.
- 36 Drenaje múltiple.
- 37 Filtro de la línea de succión.
- 38 Intercambio de calor del aceite.
- 39 Termómetro del tanque de aceite.
- 40 Calibrador de presión.
- 41 Válvula de aguja del calibrador de presión.
- 42 Extensión manual.
- 43 Válvula de reducción de presión.
- 44 Subplato.

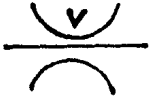
## PRINCIPAL SIMBOLOGIA PARA SISTEMAS HIDRAULICOS.

SIMBOLO	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	Conducción hidráulica, fija.	Conducción sometida a presión, tendido fijo.
	Conducción de mando.	Conducción para el accionamiento de elementos de mando hidráulicos.
	Conducción del aceite de fuga.	Conducción de retorno al tanque del aceite de fuga.
	Conducción hidráulica, flexible.	Conducción flexible sometida a presión (manguera de alta presión).
	Bifurcación.	Punto de unión de conducciones de acceso o bifurcación.
	Cruce de conducciones.	Dos conducciones que se cruzan en el plano y no están comunicadas entre sí.
	Dirección de flujo.	Dirección de flujo del medio hidráulico de presión.
	Símbolo de retorno.	Retorno de una conducción al tanque.



Válvula de estrangulación fija.

Válvula de estrangulación fija para reducir el caudal de flujo.



Válvula de estrangulación regulable.

Válvula de estrangulación para la limitación regulable del caudal de flujo.



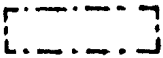
Símbolo básico de válvula.



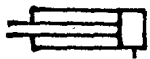
Válvula de ajuste de presión.



Válvula de retroceso.

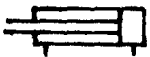


Símbolo para aparatos hidráulicos y combinaciones.  
Cilindro hidráulico.



Cilindro hidráulico.

De efecto simple.



Cilindro hidráulico.

De efecto doble.

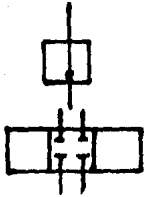


Símbolo básico para distribuidores de varias vías.



Distribuidor unidireccional.

Posición normal; paso cerrado.



Distribuidor unidireccional.

Posición normal; paso abierto.



Distribuidor de varias vías.

Pasos cerrados.



Distribuidor de varias vías.

Pasos abiertos. Las flechas indican la dirección de flujo.



Distribuidor de tres vías.



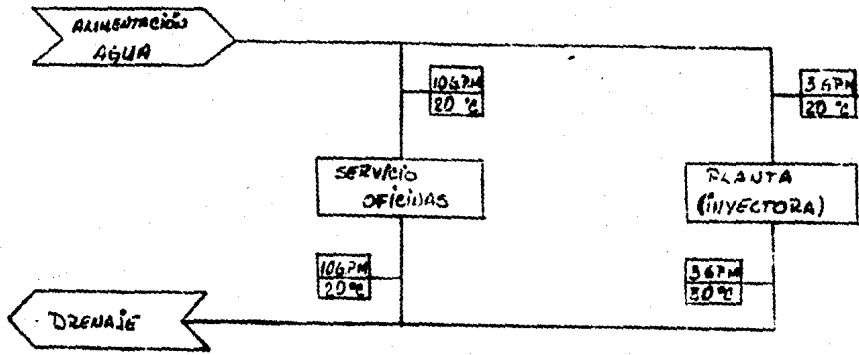
Distribuidor de cuatro vías.

Tres posiciones. Cuatro conexiones. Paso libre en posición central.



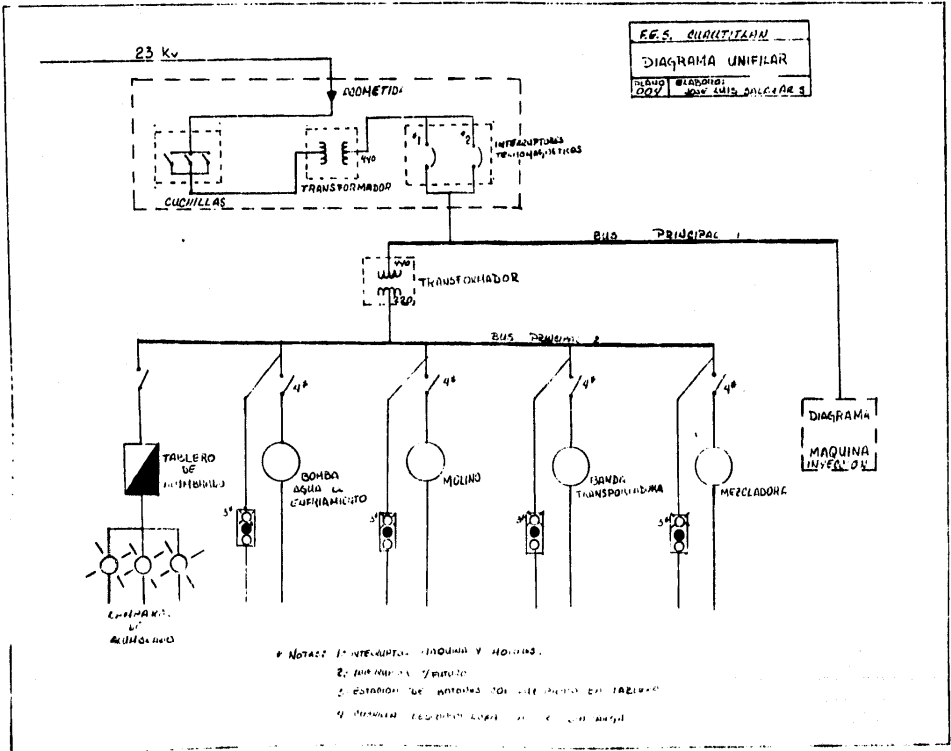
Distribuidor de cuatro vías.

Tres posiciones. Cuatro conexiones. Paso cerrado en posición central.



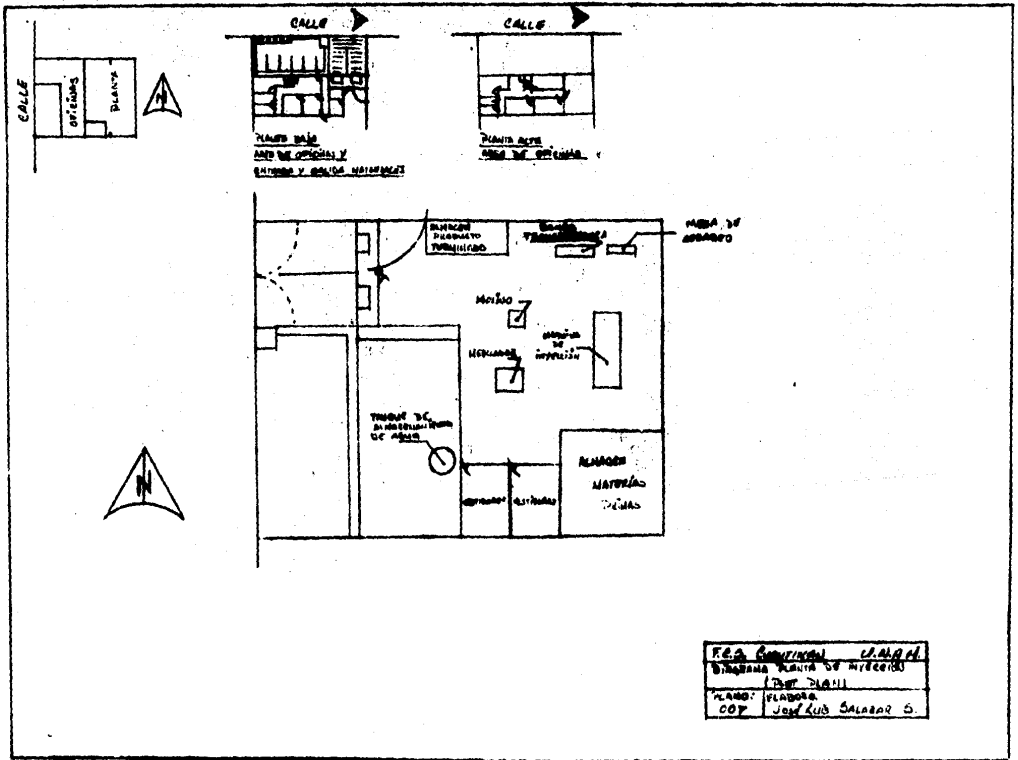
F.E.S. CUAUTITLAN U.N.A.M.	
Diagrama de Flujo	
SERVICIOS AUXILIARES	
PLANS:	ELABORO:
003	Jose Luis Salazar Salgado











#### IV.- ESTIMACION DE COSTOS.

Resulta indispensable en cualquier estudio la estimación de costos, ya que es la pauta para dar el paso decisivo a la realización de la idea estudiada ó por el contrario, cancelar ésta.

La estimación de costos tiene como objetivo, definir un estimado flujo de efectivo aproximado para el proyecto.

Es importante que la estimación de costos presente un porcentaje de contingencias y un porcentaje por el factor inflacionario.

En la presente estimación debemos aclarar que el respectivo factor inflacionario no se está tomando en cuenta debido al grave desajuste ó falta de estabilidad de la economía en la fecha en que se realizó ésta.

RESUMEN ESTIMACION DE COSTOS.

F. E. S. CUAUTITLAN U. N. A. M.	Localización: Parque Ind. Lerma Nombre Proyecto: Planta Inyectora	Elaboró: J.L.S.S. Aprobó: C.G.V.
------------------------------------	--	-------------------------------------

SUBCTA.	CONCEPTO	CAPITAL (MILES DE \$)
01	Terreno	1'200
02	Construcción	18'000
03	Planta	3'000
04	Equipo	31'680
05	Instalación y prueba equipo	85
06	Instrumentos	considerados en cta. 04
07	Instalación y prueba instrumentos	250
08	Materiales tuberías	100
09	Instalación y prueba tuberías	252
10	Material eléctrico	870
11	Instalación y prueba material eléctrico	350
12	Soportes plataformas estructura	320
13	Cimentación equipos	210
14	Pintura	135
15	Sistema contra incendios	200
16	Material de consumo	45
17	Personal contratista	285
18	Asesoría externa	360
19	Fletes	considerados en cta. 04
20	Seguros y fianzas	222
21	Contingencias	11'513
	<u>T O T A L E S</u>	<u>69'077</u>

RESUMEN ESTIMACION DE COSTOS

F. E. S. CUAUTITLAN	Localización: Parque Ind. Lerma	Elaboró: J.L.S.S.
U. N. A. M.	Nombre Proyecto: Planta Inyectora	Aprobó: C.G.V.

SUBCTA.	CONCEPTO	GASTOS (MILES DE \$)
	PROYECTO.	
22	Relocalización y modificaciones	200
23	Refacciones	2'220
24	Facilidades temporales	500
25	Nómina personal firma de ingeniería	2'400
26	Gastos personales firma de ingeniería	1'080
27	Gastos de personal	1'160
28	Aceites, lubricantes, etc.	850
	<u>TOTAL</u> Gastos proyecto sin contingencias	<u>7'910</u>
29	Contingencias gastos proyecto 20%	<u>1'582</u>
	<u>TOTAL</u> Gastos proyecto	<u>9'492</u>
	GASTOS DE ARRANQUE	
30	Herramientas menores	100
31	Relocalizaciones, modificaciones	200
32	Producto no vendible, producción 8 días, 1 turno, 145Kg/hr a \$350/Kg.	<u>812</u>
	<u>TOTAL</u> Gastos de arranque sin contingencias	<u>1'112</u>
33	Contingencias gastos de arranque 20%	<u>223</u>
	<u>TOTAL</u> Gastos de arranque	<u>1'335</u>

ESTIMACION DE COSTOS.

F. E. S. CUAUTITLAN U. N. A. M.	Localización: Parque Ind. Lerma Nombre Proyecto: Planta Inyectora	Elaboró: J.L.S.S. Aprobó: C.G.V.
------------------------------------	--	-------------------------------------

SUBCTA.	ITEM.	CONCEPTO.	TOTAL (MILES DE \$)
		C A P I T A L	
01	01-1	Terreno 30m.x40m. Parque Industrial Lerma, Toluca México.	1'200
02	02-1	Construcción 800m <sup>2</sup> incluyendo oficinas, casetas, baños, vestidores, estacionamiento, rampa de carga y descarga, comedor y almacenes.	18'000
03	03-1	Planta Nave industrial tipo arco de 10mx30m a una altura de 10m. con 8 soportes de acero tipo I.	3'000
04	04-1-102-103	Equipo Inyectora Newbury Imperial de 200 ton. serie tornillo reciprocante con dimensiones 5.90mx2.10mx1.40m. con un peso de 6 ton. con consola de control.	23'500



SUBCTA.	ITEM.	CONCEPTO.	TOTAL (MILES DE \$)
		<p>Nota: precio F.O.B. frontera, 3 meses de entrega; fracción 84.59 a .004 bajo la declaración; máquina de inyección para materias termoplásticas con capacidad hasta de 5Kg. para un solo molde. Cuota AD VALOREM 25%. Requiere permiso.</p>	
	04-1-101	<p>Mezclador: de aditivos y pellets; de acero al carbón, capacidad aproximada 400Kg. de 1m. de altura con motor monofásico 1/4 HP y pequeña estructura de soporte capacidad 200Kg/hr.</p>	100
	04-1-104	<p>Molino de cuchillos con 1/2 HP capacidad de 10Kg/min. marca Hazemag.</p>	720
	04-1-105	<p>Mesa de madera de 1.20m. de ancho x 2.40m. largo, fabricada sobre medida.</p>	120
	04-1-106	<p>Banda transportadora de neopreno de 2m. de largo x 0.70m. de ancho, con 4 rodillos goma c/0.50m. con motor de 1/4 HP.</p>	315
	04-2	<p>Patfn-gato hidráulico de 20 ton. para área de empaques- envíos.</p>	600
	04-3	<p>Tablero de control general para equipo principal eléctrico de 2.50m. de ancho con 5 contadores, con el siguiente equipo complementario:</p>	

SUBCTA.	ITEN.	CONCEPTO	TOTAL (MILES DE \$)	
	04-3-2	Amperímetro		
	04-3-3	Voltímetro		
	04-3-4	Potencímetro		
	04-3-5	Interruptor de circuito		
	04-3-6	Interruptor de seguridad		
	04-3-7	Control con botones, de arranque y paro, luces, switches, etc.	1'325	
	04-4	Tánque de almacenamiento de agua de 100,000 lts.	13'600	
		Total subcta. 04	32'280	
		Nota: fletes:		
		frontera norte-Toluca		
		\$=45,000/ton.,		
		frontera marítima-Toluca		
		\$=30,000/ton.		
05		Instalación y prueba equipo	H.H.	\$/H.H.
	05-1-102-103	Inyectora	300	.21
	05-1-101	Mezclador	24	.21
	05-1-104	Molino	24	.21
	05-1-106	Banda transportadora	40	.21
		Total	388	85
06		Instrumentos Considerados en la consola de control de la inyectora y en el tablero general subcta. 04-3		

SUBCTA.	ITEM.	CONCEPTO.	TOTAL (MILES DE \$)	
07		Instalación y prueba instrumentos	H.H.	\$/H.H.
		Consola inyectora	140	.50
		Tablero de control general	140	.50
		Amperímetro	40	.50
		Voltímetro	40	.50
		Potenciómetro	50	.50
		Interruptor de circuito	50	.50
		Control con botones, switches, etc.	40	.50
		Total	500	250
08		Materiales		
		Tuberías		
	08-1	Tubería agua principal: de acero al carbón de 3", 30m; 4 codos; 2 válvulas; bomba 1/4, 2 reducciones 3"-1/2; 1/2", 2m tubería	69	
	08-2	Tubería a oficinas: de acero al carbón 3/4", 40m. 10tees, 3 válvulas, 7 codos	18	
	08-3	Tubería planta: de acero al carbón 3/4", 30m.; 1 válvula; 3 codos	11	
		Total	100	
09		Instalación y prueba tuberías.	H.H.	\$/H.H.
	09-1	referencia 08-1	400	.21
	09-2	referencia 08-2	400	.21
	09-3	referencia 08-3	400	.21
		Total	1.200	252

SUBCTA.	ITEM.	CONCEPTO.	TOTAL (MILES DE \$)
10		Material eléctrico	
	10-1	Alimentación a tablero de control general; cable THW, calibre 500 MCM conduit galvanizado 3"	180
	10-2	Alimentación a inyectora; cable THW calibre 00, conduit galvanizado 2" , 6 condulets	15
	10-3	Alimentación consola de control inyectora: cable THW calibre 12 conduit galvanizado 3/4", 6 condulets	15
	10-4	Alimentación a motor de mezclador: cable THW, calibre 12, conduit galvanizado 3/4" 6 condulets	15
	10-5	Alimentación a motor molino: cable THW, calibre 12, conduit galvanizado 3/4" 6 condulets	15
	10-6	Alimentación a banda transportadora, cable THW, calibre 12 conduit galvanizado 3/4", 6 condulets	15
	10-7	Alimentación a bomba tanque de enfriamiento de agua: cable THW, calibre 12, conduit galvanizado 3/4", 6 condulets	15
	10-8	2 transformadores 23Kw/440 y 440/220	600
		Total	870

SUBCTA.	ITEM.	CONCEPTO.	TOTAL (MILES DE \$)	
11		Instalación y prueba material eléctrico	H.H.	\$/H.H.
	11-1	referencia 10-1	1 000	.21
	11-2	referencia 10-2	60	.21
	11-3	referencia 10-3	60	.21
	11-4	referencia 10-4	60	.21
	11-5	referencia 10-5	60	.21
	11-6	referencia 10-6	60	.21
	11-7	referencia 10-7	60	.21
	11-8	referencia 10-8	300	.21
		Total	1,660	350
12		Soportes, plataformas, estructuras	M.O.	Material
	12-1	Soporterfa tuberfas	80	80
	12-2	Soporterfa eléctricos	80	80
		Total		320
13		Cimentaciones equipo		
	13-1	4 zapatas, 1 firme con mallalac para inyectora		80
	13-2	Cimentación tanque de almacenamiento		50
	13-3	Cimentación bomba agua a tanque		20
	13-4	Cimentación mezclador		20
	13-5	Cimentación molino		20
	13-6	Cimentación banda transportadora		20
		Total		210
14		Pintura		
	14-1	Equipo 150 m <sup>2</sup>	.25/m <sup>2</sup>	
	14-2	Tuberfas 130 m <sup>2</sup>	.25/m <sup>2</sup>	
	14-3	Estructura 200 m <sup>2</sup>	.25/m <sup>2</sup>	
		Total		135

SUBCTA.	ITEM.	CONCEPTO.	TOTAL (MILES DE \$)
15		Sistema contra incendio	
	15-1	Estinguidores tipo ABC (2R y 4M)	200
16		Material de consumo	
	16-1	Cinta aislante 15Kg.	.30/Kg. 4.5
	16-2	Soldadura 50Kg.	:525/Kg. 26.3
	16-3	Cinta teflón 10Kg.	.70/Kg. 7
	16-4	Varios	60
		Total	45
17		Personal contratista	
	17-1	1 bodeguero y su ayudante (1600x22) 8 meses	285
18		Asesoría externa	
	18-1	1 ingeniero durante 1 mes (\$=5,000/dfa)	150
	18-2	Viáticos (hospedaje \$=5,000/dfa comida \$=2,000/dfa)	210
		Total	360
19		Fletes	
		Incluidos en la subcta. 04	
20		Seguros y fianzas	
		7 al millar total equipo (31'680,000)(0.007)	222
		Total sin contingencia	57'564

SUBCTA.	ITEM.	CONCEPTO.	TOTAL (MILES DE \$)
21		Contingencias capital 20 %	11'513
		Total capital	69'077
		G A S T O S	
		PROYECTO	
22		Relocalización y modificación	
	22-1	Descomposturas	50
	22-2	Modificaciones menores	150
		Total	200
23		Refacciones 7% total equipo	2'220
24		Facilidades temporales	
	24-1	Caseta provisional 6 meses	60
	24-2	Contactos eléctricos provisio- nales	50
	24-3	Alimentación eléctricos provi- sionales	100
	24-4	Renta equipo en gral.(1mes)	200
		Total	500
25		H ó m i n a   p e r s o n a l f i r m a   d e   i n g e - n i e r i a	
	25-1	2 ingenieros \$=200,000 c/u du- rante 6 meses	2'400

SUBCTA.	ITEM.	CONCEPTO.	TOTAL (MILES DE \$)
26		Gastos personales firma de ingenieria	
	26-1	2 gentes \$=1,000/dfa c/u durante 6 meses por kilometraje	360
	26-2	2 gentes \$=2,000/dfa c/u durante 6 meses por comi - sión	720
		Total	1'080
27		Gastos de personal	1'160
28		Aceites, lubri- cantes. etc.	850
29		Contingencias	1'582
		Total	9'492
		A R R A N Q U E	
30		Herramientas menores	100
31		Relocalizaciones, modificacion- nes	200
32		Producto no vendible	812
33		Contingencias	223
		Total	1'335
		GRAN TOTAL GASTOS	10'827
		GRAN TOTAL	79'904

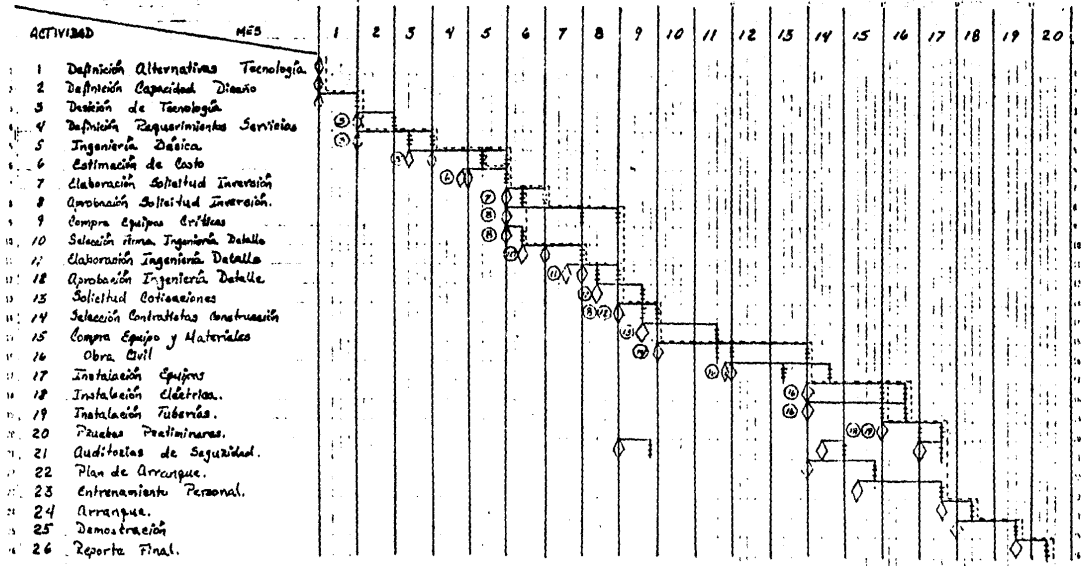


## V.- PROGRAMA DE TRABAJO.

El programa de trabajo tiene como objetivo poder visualizar la fecha tentativa de inicio y terminación del proyecto; desde la definición de alternativas de tecnología para el proyecto hasta el arranque y demostración de la planta.

Además es una herramienta muy útil y necesaria para controlar el tiempo de las actividades a realizar, pudiendo observar si éstas se encuentran dentro del tiempo estimado para su terminación ó por el contrario la realización de la actividad está resultando lenta, y por tal motivo, poder tomar y acatar las decisiones pertinentes y necesarias.

PROGRAMA DE TRABAJO  
PLANTA DE INYECCION DE RR. Y R.C.



◇ Inicio  
 † Terminación  
 ◇ Inicio Paralelo  
 ... Ruta crítica

## **VI.- SERVICIOS AUXILIARES.**

Para una planta inyectora se requieren los siguientes servicios auxiliares: Electricidad y Agua.

### **ELECTRICIDAD.**

Características: 220 V. 3 $\phi$ , 60Hz  
110 V. 3 $\phi$ , 60Hz

Consumo: mínimo 12 Kw  
máximo 61 Kw  
promedio 36 Kw

### **AGUA.**

Características: temperatura ambiente (20°C promedio)

Consumo: mínimo 3 GPM  
máximo 13 GPM  
promedio 1680 Kg/hr.

## VII.- PROCEDIMIENTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.

Para que una planta trabaje y rinda lo mejor posible deben existir procedimientos tanto de operación como de mantenimiento; ésto es con el fin de obtener resultados en cuanto a producción ya que siguiendo los procedimientos se aprovecha lo mejor que se puede la eficiencia de las máquinas.

Por otro lado, los procedimientos de mantenimiento tienen como objetivo mantener utilizables el mayor tiempo posible las máquinas y/o equipos, y en caso de fallas de ellos, tener pasos a seguir para su ajuste ó arreglo.

## EQUIPO DE CONTROL.

Los controles eléctricos usados en la máquina son seleccionados para una larga vida de operación y no requieren ningún mantenimiento. En caso de falla remplase el componente entero como se indique a excepción del contacto principal. Para remplazar partes en este dispositivo, consulte el manual de fabricación.

## REEMPLAZO DE LAS BANDAS DEL CALENTADOR.

En el caso de una falla en la banda del calentador, el calentador debe removerse del final de la boquilla del cañón. Para remplazar el calentador en mal funcionamiento, suelte todas las bandas de los calentadores, incluyendo la mala, para soltar el husillo en el calentador. Remplase la banda por una nueva, coloque de nuevo los calentadores en la misma posición relativa. Asegúrese que las superficies internas de los calentadores estén limpias para permitir que éstos estén en contacto con el cañón. Apriete los calentadores en su lugar. Es recomendable revisar todas las bandas para asegurar siempre un calentamiento óptimo.

## MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD.

Al inicio de cada cambio de turno de 8 horas y después de cada cambio de lote, debe chequearse la operación de los switches en los límites de la puerta de seguridad, la válvula hidráulica de la puerta de seguridad y el mecanismo de tranca de seguridad operados por la puerta de seguridad. No se opere la máquina a menos que todos los mecanismos de seguridad trabajen adecuadamente.

Para checarlos, se dejan libres de movimiento las partes de la máquina. Gire el switch selector de operación semi-manual-auto a la posición auto. Cuando el motor funcione, la máquina en posición des-pejada, la puerta de seguridad abierta y la tranca en posición para prevenir que la máquina cierre, cheque los sistemas como sigue:

- 1 .- Depresione la válvula hidráulica de la puerta de seguridad, alcanzando esta depresión, cierre la puerta. La abrazadera no debe moverse.
- 2 .- Asegurar que la tranca atore delante del perno, cuando la puerta este abierta. La distancia entre el perno y la tranca debe ser aproximadamente de 1/4 de pulgada.
- 3 .- Con la puerta de seguridad depresione la válvula de trabado, cierre la puerta hasta que se cierre la válvula, pero no hasta el límite del switch de la puerta de seguridad. El ensamble no debe moverse.
- 4 .- Para checar la guardia posterior de seguridad, remueva la puerta trasera para hacer al switch inoperante, cierre la puerta de seguridad delantera. El ensamble no debe moverse.

Siempre asegure que la válvula de trabado se encuentre completamente depresurizada y el sistema de tranca esté adecuadamente ajustado.

#### MANTENIMIENTO DEL ENSAMBLE DE INYECCION.

Para facilitar el servicio a los componentes del ensamble de inyección, el ensamble puede girarse hacia el cilindro inyector y aproximadamente 30° del centro de líneas en cualquier dirección. El giro está limitado solamente por la libertad de movimiento permitido por las líneas de suministro de enfriador y lubricante.

Primero, retracte completamente el ensamble de inyección lejos del plato estacionario. Note que el plato del ensamble de inyección es cerrado al subplato por tres pernos salientes, dos al final del cañón del ensamble y uno al final del cilindro de inyección. Removiendo los dos pernos delanteros se facilita que el ensamble gire sobre el perno restante. Tenga cuidado cuando se gire el ensamble para no desprender las líneas de grasa para lubricación y las líneas de agua de enfriamiento.

Lo más notable del giro es la ayuda para la remoción del tornillo de alimentación ó del ensamble del cañón del husillo.

#### PARA REMOVER EL HUSILLO.

Si existe material en el cañón, éste debe calentarse y purgarse antes de intentar este procedimiento.

Para mover el husillo del cañón para limpieza ó cambio de la punta de éste, gire el ensamble de inyección como se indicó anteriormente. Saque el carro. Mueva la banda del primer cañón calentador, remueva además los tornillos del adaptador de la boquilla y remueva ésta y el adaptador del frente del cañón. Entonces mueva el perno y opere el botón de inyección para mover el husillo hacia adelante.

Con el husillo hacia adelante y el engrane en la posición de retracción, se inserta una varilla de cobre de 4" de longitud y 1" ó ligeramente menor de diámetro, en los hoyos ocultos del acoplamiento del husillo para facilitar el acceso a la válvula de no regreso y las banderas iniciales del husillo. Esta varilla actuará como espaciador. Gire el switch selector inyección-retracción a la posición inyección, causará que el engrane jale al husillo a una distancia adicional fuera del cañón.

Precaución: cuando empuje el husillo hacia adelante con el ciclo inyección, libere las manos de la alimentación y del engrane. Una vez que el ensamble de la válvula de no regreso esté libre del cañón del husillo, éste puede moverse manualmente con un mínimo de esfuerzo usando guantes de asbesto.

#### PARA REMOVER EL CAÑON DEL HUSILLO.

Para remover el cañón del husillo, mueva el ensamble de inyección a posición posterior, sacando la boquilla. Gire el ensamble de inyección como se explicó. Gire el switch selector inyección-retracción a la posición retracción, moviendo el husillo a ésta posición. Remueva el perno que agarra el cañón al acoplamiento del engrane. Gire el switch selector a inyección, a la posición delantera del husillo.

Precaución: cuando empuje el husillo hacia adelante con el ciclo inyección, libere las manos de la alimentación y del engrane. Retracte el engrane por arranque del switch de retracción. Esto dejará al husillo en la posición delantera, por el peso del cañón se debe usar un cabrestante para remover el cañón de la máquina. Soltar la traba del husillo de la tuerca en la parte trasera del cañón y entonces el cañón colocará al husillo en la zona de alimentación. También remueva la tuerca. Desconecte las bandas calentadoras y termoacopladas donde se conecten al paso de la corriente en el armazón, por atrás del ensamble de inyección. El cañón puede entonces removerse del ensamble y el husillo removerse de la parte posterior del cañón.



## PARA CAMBIAR EL EXTREMO DEL HUSILLO

Para cambiar el extremo de husillo, seguir los procedimientos escritos para remover el husillo, para mostrar el extremo de éste ensamblado con la válvula de no regreso. Usando una banda para torcer el extremo, gire el ensamble en el sentido del reloj, para remover el extremo ensamblado.

Nota: si el husillo gira con el extremo, inserte una varilla en el acoplamiento husillo-perno para prevenir ésto. La varilla debe tener la suficiente longitud para ahorrar el uso de otras varillas que actúen como frenos. Cuando remplase con un nuevo extremo, asegúrese que las áreas de bandas estén libres de materiales extraños y el plano del ensamble de la válvula quede convenientemente ajustado contra el plano del husillo.

## OTROS CHEQUEOS DE MANTENIMIENTO.

Periódicamente al menos una vez al mes checar todas las tuercas y pernos (especialmente en la sección de ensamble) en la máquina, asegurando que ajusten; con la vibración de la máquina se pueden ir perdiendo rápidamente éstas piezas. Además una breve inspección visual de todos los componentes.

## DESCUBRIMIENTO DE PROBLEMAS.

Las siguientes sugerencias están pensadas para ayudar al personal de mantenimiento en la localización de problemas en la operación de la máquina, como ocurriría. Esto no sugiere que la máquina sea objeto de fallas en alguna de sus áreas discutidas.

## SISTEMA ELECTRICO.

Para facilitar la localización de problemas en el sistema eléctrico, demostrado en los diagramas, se tiene la siguiente explicación de operación.

1 .- Síntoma.- La máquina no enciende.

Causa.- No hay paso de corriente a los controles.

Solución.- Cheque para asegurarse que la alimentación del circuito y los switches estén cerrados y los fusibles no estén quemados.

2 .- Síntoma.- El motor prende y se para.

Causa.- El motor está sobrecargado, causando que el arrancador del motor se sobrecargue y releve su operación.

Solución.- Checar mal funcionamiento de la bomba hidráulica. Reajuste relevos de sobrecarga.

3 .- Síntoma.- Las bandas calentadoras no calientan.

Causa.- Las clavijas no están conectadas o los fusibles del calentador quemados.

Solución.- Checar clavija y condición de los fusibles. Si los fusibles están en orden, remplace el calentador con mal funcionamiento.

4 .- Síntoma.- En operación, la máquina falla al ejecutar una porción del ciclo.

Causa.- Falla en uno de los componentes de control, tales como switches de límite y relevo.

Solución.- Determinar el punto del ciclo en el cual la máquina falla al funcionar y averiguar en el diagrama esquemático el componente de control involucrado. Cheque el (los) componente (s) de control y remplace la (s) unidad (es) en mal estado.

5.- Síntoma.- La máquina falla a seguir el tiempo programado con retraso.

Causa.- Falla de los reguladores de relevo.

Solución.- Cheque los tiempos de retraso de operación y los ciclos reguladores y remplase las unidades en mal funcionamiento.

6.- Síntoma.- La luz falla al operar.

Causa.- Falla de la bobina o falla del circuito.

Solución.- Checar la bombilla y reemplazarla si es necesario.

Indagar sacando el circuito y repare si es necesario.

#### SECUENCIA DE OPERACION.

Nota: los números en los paréntesis se refieren a los números de línea en el diagrama de control de la máquina de inyección.

#### A.- OPERACION MANUAL.

- 1.- Con el switch selector de modo colocado en "manual" y la puerta de seguridad abierta, cierre la alimentación principal del circuito y los switches de control del circuito, del calentador del cañón y del calentador de la boquilla. Cuando los pirómetros indiquen que se ha alcanzado una temperatura óptima de operación, oprimir el botón de arranque del motor para arrancar la bomba de éste.
- 2.- Cierre la puerta de seguridad, recorriendo 1-LS, el contacto 1-LS (37) cerrado, arrancando puerta de relevo 2-CR. Los contactos 2-CR (20) y 2-CR (35) cerrados.
- 3.- Gire el switch selector de ensamble a "cerrado", arrancando el solenoide cerrado. Impulsando a 7-LS (36) arrancando el solenoide LPC para permitir que el ensamble cierre bajo presiones bajas.
- 4.- Cuando el ensamble cierre, recorriendo 6-LS, abriendo 6-LS (36), el cual desconecta el solenoide LPC, permitiendo cerrar el ensamble bajo presiones altas. Soltar el switch selector de ensamble, desconectando el solenoide cerrado.

- 5 .- Girar el switch selector del husillo a "inyección", conectando el solenoide de inyección. Soltar el switch selector para desconectar el solenoide de inyección.
- 6 .- Apretar el botón de extrusión. La cabeza regresa a la distancia de precolocación, recorriendo 4-LS. El contacto 4-LS (33) abierto desconecta el solenoide de extrusión. Soltando el botón de extrusión.
- 7 .- Girar el switch selector de ensamble a "abierto", conectando el solenoide abierto. Cuando el ensamble esté completamente abierto, recorriendo 2-LS, abriendo 2-LS (18) los cuales desconectan el solenoide abierto.

#### B .- OPERACION SEMI-AUTOMATICA.

- 1 .- Abriendo la puerta de seguridad asegurandose que esté completamente abierta recorre 2-LS. Gire el switch de selección de modo a "semi", conectando el relevo de arranque 1-CR. Contacto 1-CR (3) cerrado para detener 1-CR y 1-CR (25) cerrado para disponer del circuito 1-TR.
- 2 .- Cierre la puerta de seguridad, recorriendo 1-LS cerrando 1-LS (37) y abriendo 1-LS (1). Contacto 1-LS (37) conecta el relevo de la puerta 2-CR. Los contactos 2-CR (20) conecta el circuito de control y 2-CR (35) dispone del solenoide cerrado.
- 3 .- Cerrando el circuito 2-CR (20) conecta el contador de tiempo del ciclo completo 1-TR, cerrando el contacto 1-TR (20) y abriendo 1-TR (18). 1-TR (20) conecta abierto el relevo 3-CR y el contador de tiempo LPC 5-TR. El contacto 5-TR (22) es un contacto de relevo cerrado.
- 4 .- El contacto 3-CR (35) cerrado, conecta el solenoide cerrado. Cuando 7-LS esté actuando, el solenoide LPC es conectado también por el circuito.

- 5 .- El ensamble cerrado recorre 6-LS, abriendo el contacto 6-LS(36) para desconectar el solenoide LPC. Cuando el ensamble esté completamente cerrado, se conecta 3-LS, abriendo el contacto 3-LS (20), desconectando 3-CR, el cual en su oportunidad desconecta el solenoide cerrado. El contacto 3-LS(26) cierra para conectar el contador de tiempo de inyección 2-TR. Normalmente los contactos 5-TR(45) abiertos, completan la operación del contador del ciclo.
- 6 .- Con la conexión del switch de presión de inyección secundario, el contador de tiempo de presión inicial de inyección 3-TR, se conecta también. Durante la secuencia de inyección, cerrar los contactos 3-LS(26) para conectar el relevo de inyección secundaria 8-CR. El contacto 8-CR(42) cierra para conectar el solenoide de inyección secundaria para reducir la presión de las partes del ciclo.
- 7 .- Normalmente los contactos abiertos 2-TR(29) cierran, conectando el relevo de inyección 5-CR. Los contactos 5-CR(39) cierran para conectar el solenoide y el husillo de inyección. Cuando 2-TR están fuera de tiempo, normalmente contacto cerrado, 2-TR (29), abierto, desconectan 5-CR y solenoide de inyección. Los contactos 2-TR(31) cerrados, conectan el relevo de extrusión 7-CR, Los contactos 7-CR(41) se cierran para conectar el solenoide de extrusión. La cabeza regresa, recorriendo 4-LS, abriendo 4-LS(33) para desconectar 7-CR y solenoide de extrusión.
- 8 .- Si se usa la descompresión, con el switch selector en "abierto", normalmente los contactos se abren, 4-LS(31) cierra para conectar el relevo de retracción 6-CR. Los contactos 6-CR(40) cierran para conectar el solenoide de retracción. El husillo regresa a la segunda posición de 4-LS, abriendo normalmente los contactos cerrados 4-LS(31), los cuales desconectan 6-CR y el solenoide de retracción.

- 9 .- Cuando 1-TR está fuera, los contactos 1-TR(3) abren para desconectar 1-CR. Los contactos 1-CR (25) abren reajustando 1-TR. El contacto 1-TR (18) cierra, conectando el solenoide abierto. Como el ensamble abre, 3-LS se suelta, abriendo 3-LS (26) para desconectar 2-TR.
- 10.- El ensamble abre completamente, siguiendo 2-LS y desconectando el solenoide abierto. El ensamble permanece abierto hasta que la puerta de seguridad se abre y se cierra de nuevo, operando 1-LS y vuelve a empezar la secuencia vía relevos 1-CR y 2-CR.

### C.- SECUENCIA AUTOMÁTICA.

La secuencia automática es idéntica a la secuencia semi-automática excepto por la acción del relevo 1-CR y el contador de tiempo de abertura final 4-TR.

- 1 .- Abra la puerta de seguridad, asegurándose que el ensamble esté abierto completamente y 2-LS esté haciendo contacto cercano con 2-LS (2). Gire el switch selector al modo (auto).
- 2 .- El relevo 4-TR se conecta a través de 2-LS (3). 4-TR conecta a 1-TR, el cual se detiene por 1-CR (3).
- 3 .- Cerrando la puerta de seguridad siguiendo 1-LS conectando 2-CR, la secuencia empieza como se describe en los pasos 2-8 de la secuencia semi-automática.
- 4 .- Cuando 1-TR para, 1-TR (3) abre, desconectando 1-CR y 4-TR. Cuando el ensamble abre completamente, siguiendo 2-LS desconecta el solenoide abierto y comienza 4-TR, el ciclo se repite hasta interrumpirlo cambiando el selector de modo, abriendo la puerta de seguridad o por la secuencia de seguridad.

#### D.- SECUENCIA DE SEGURIDAD.

- 1 .- El cierre del ensamble se cronometra por el contador de tiempo LPC 5-TR.
- 2 .- Si el molde encuentra alguna obstrucción, y no sigue 3-LS, 5-TR para, cerrando contactos 5-TR (22) los cuales conectan 9-CR y encienden la luz de emergencia.
- 3 .- El contador de tiempo del ciclo completo para y el ensamble abre completamente, debido a que los relevos de seguridad permanecen conectados a través 9-CR (21), el ensamble no se cerrará hasta que los contactos 9-CR (20) abran previniendo a 3-CR para funcionar y la luz permanezca encendida.
- 4 .- Abriendo la puerta de seguridad o desviando el switch selector de modo recolocando el circuito de seguridad.

#### E.- SECUENCIA DE SEGURIDAD DE EXTRUSION.

- 1 .- Debe empezar el ensamble a abrir antes de operar 4-LS, desconectando 7-CR, el circuito se hace normalmente por la abertura de los contactos 4-CR (24) y 7-CR (24), para operar 9-CR (23) cierre y tome relevo 9-CR dentro y prevenga reciclaje.

#### F .- SECUENCIA DE SALIDA.

- 1 .- Manual.- Gire el selector de salida a manual. Cuando el ensamble esté abierto completamente, gire el switch de salida manual a "dentro", conectando el solenoide de salida prolongada. Tome el switch dentro hasta que la salida se prolongue, hasta que el switch salte de regreso al centro.
- 2 .- Para retractar la salida, gire el switch a "fuera", conectando el solenoide de retracción de salida.
- 3 .- Automática.- Gire el switch del selector de salida a automático. Con el switch de secuencia de salida en estandar, como el ensamble empieza a abrir, se sigue 3-LS. El con

tacto 8-LS (15) cierra, conectando 10-TR, el cual se detiene conectandose con los contactos 10-CR (16), y conectando el solenoide de salida prolongada.

- 4 .- Cuando 9-LS termine el golpe de salida, los contactos 9-LS (7) abren, desconectando el solenoide de salida prolongada. El contacto 9-LS (10) cierra, conectando 11-CR, el cual se detiene a través del contacto 11-CR (12), y conecta el solenoide de retracción de salida. El contacto 11-CR (4) cierra para disponer el reinicio del circuito y 11-CR (7) abre para tener reconectado el solenoide de salida prolongada. Nota: 8-LS y 9-LS saltan de regreso a los límites de los switches.
- 5 .- Cuando la salida sea completamente retractada, activa 10-LS. Normalmente cierra el contacto 10-LS (14) abre para desconectar el solenoide de retracción. Normalmente abre el contacto 10-LS (37 a) cerrando para conectar el relevo 12-CR. El contacto 12-CR (4) cierra para disponer el reinicio de circuito. El contacto 12-CR (35) es trabado para prevenir que el relevo cierre para operar la secuencia de salida completa.
- 6 .- Cronometrado.- La secuencia de salida es semejante a la automática, excepto que 9-LS (10) conecta el contador de tiempo de salida prolongada 6-TR. La salida permanece prolongada hasta que 6-TR acaba, cerrando 6-TR (15) para conectar el solenoide de salida de retracción.



## SISTEMA HIDRAULICO.

- 1 .- Sintoma.- El sistema no presenta la presión para iniciar.  
Causa.- El motor y la bomba giran en dirección equivocada.  
Solución.- Desvía dos o tres entradas de la alimentación al control principal de la consola, invirtiendo la rotación del motor.
- 2 .- Sintoma.- Después de un año o más de uso, decrece rápidamente en su funcionamiento la bomba, indicado por una caída en la presión hidráulica y un comportamiento general tardío.  
Causa.- La succión del filtro está conectada.  
Solución.- Remueva el filtro y limpie con solvente adecuado.
- 3 .- Sintoma.- Insuficiente presión de inyección.
  - a).- Causa.- Baja presión de cierre de la válvula solenoide por atorarse el devanado en posición de conectada.  
Solución.- Remueva el devanado de la válvula y cheque horadaciones; o libre acción por medio de operación manual.
  - b).- Causa.- Baja presión restringiendo a la válvula solenoide por descomponerse su sistema de regreso.  
Solución.- Cheque y replácese sus sistemas de regreso si es necesario.
  - c).- Causa.- El relieve del émbolo principal o el de inyección están horadados o la base de ellos está obstruida por algún material.  
Solución.- Remojar los componentes en solventes y lavar. Cheque horadaciones y replácese unidades si es necesario.

- 4 .- Síntoma.- La bomba presenta ruido más alto que el nivel normal.
- a).- Causa.- La bomba presenta piezas sueltas.  
Solución.- Repare o replase la bomba.
  - b).- Causa.- La bomba cavila debido a vapor de agua.  
Solución.- Checar línea de succión para soltar o romper accesorios y apretarlos o remplazarlos.
  - c).- Causa.- Filtro bloqueado.  
Solución.- Limpiar filtro.
- 5 .- Síntoma.- Altas temperaturas del aceite; intercambiador de calor de aceite colocado correctamente.
- a).- Causa.- Intercambiador de calor tapado con sedimentos.  
Solución.- Remueva y desarme el intercambiador de calor y limpie o replase la unidad entera.
  - b).- Causa.- Obstrucción en las líneas de regreso del aceite.  
Solución.- Remueva y limpie la línea de aceite y replase el sistema hidráulico de aceite.

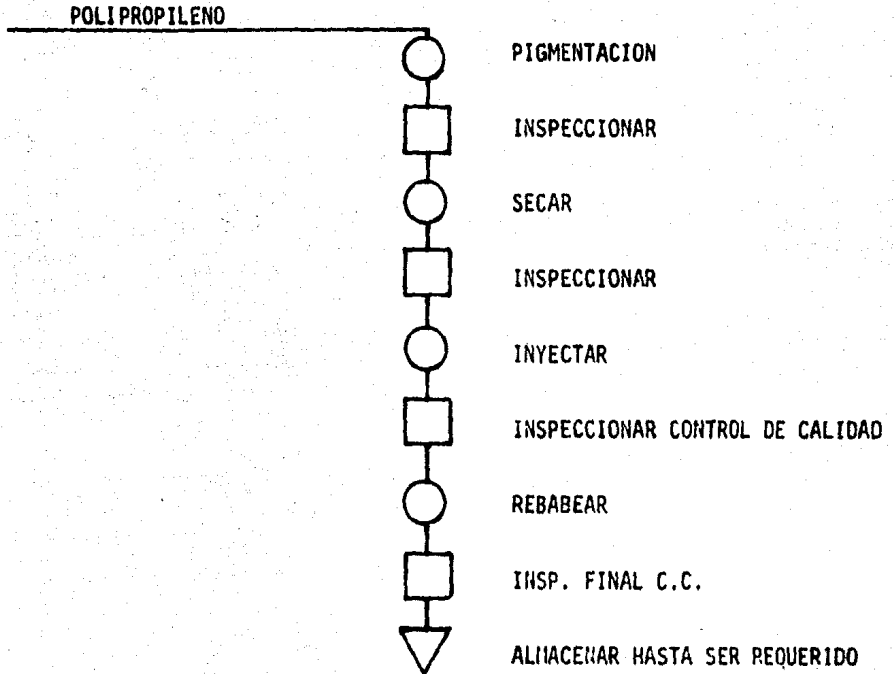
#### PUNTOS PARA LA OPERACION DEL HUSILLO.

Los siguientes puntos pueden ser de utilidad para recordar como opera la máquina de inyección.

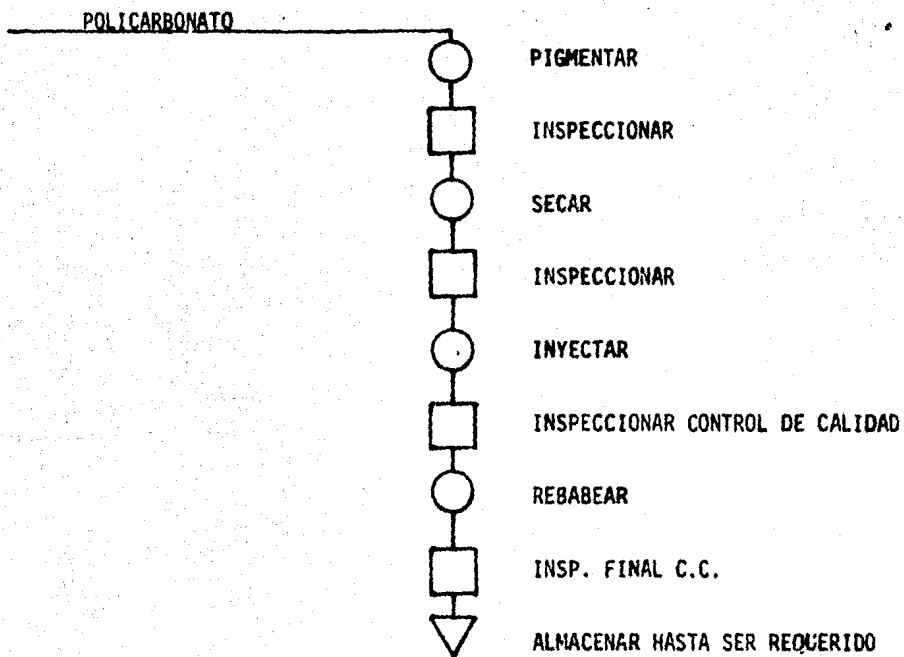
- 1.- No permita que la máquina quede inoperando con calor eléctrico por largo tiempo sin purgar primero y vaciar el material a la tolva. En un tiempo, la resina en la sección de alimentación de husillo plastificará previniendo la alimentación de material granular.
- 2.- No intente rotar el husillo a menos que el cañón esté por arriba de la temperatura adecuada.

- 3.- Cuando corran altas temperaturas en la zona posterior de calentamiento, el agua fluye dentro de la cámara de alimentación permitiendo que ésta alcance 100°F.
- 4.- Cuando corran bajas temperaturas en la zona posterior de calentamiento, la cámara de alimentación puede operarse fría para la alineación y ajuste.
- 5.- Cuando se cambian materiales o colores, es necesario que se purgue completamente el cilindro antes de empezar una nueva corrida.

# DIAGRAMA DE PROCESO DE OPERACIONES



# DIAGRAMA DE PROCESO DE OPERACIONES



## VIII.- PLAN DE PRUEBA Y ARRANQUE.

Una vez diseñada, aprobada y construida la planta, se continúa con la instalación de equipos, la instalación eléctrica y la instalación de tuberías.

Se realiza un plan de pruebas preliminares para checar las instalaciones, así como una corrida experimental de inyección para observar los resultados que se llegan a obtener y poder conocer la capacidad de la inyectora, así como empezar a delimitar las condiciones de calidad del proceso de inyección.

Las pruebas tienen como objetivo, el satisfacer los requerimientos tanto del personal y dueños de la planta, como de los clientes que generan el mercado al cual se dirige el producto terminado.

Una vez ajustados todos los parámetros necesarios, corrigiendo las fallas observadas en las pruebas preliminares, se llevan a cabo pruebas de verificación, las cuales tienen como objetivo, la obtención de óptimos resultados en la producción y establecer los límites de calidad definitivos para el proceso de inyección, una vez realizadas éstas, se procede a realizar una demostración del proceso en forma. Después de la cual, se lleva a cabo el arranque definitivo de la planta.

Durante la realización, tanto de las pruebas preliminares como de las pruebas de verificación, se pueden llegar a presentar algunos problemas de inyección, los cuales se tratan a continuación.

Nota: normalmente existen dentro de una planta, manuales de procedimiento y operación, para mantenimiento y producción, los cuales resulta conveniente seguirlos para la obtención de altos rendimientos en el trabajo, menores fallas, ya sean de equipo o humanos y obtener con esto, un óptimo funcionamiento de la planta completa.

## POSIBLES PROBLEMAS DE INYECCION.

### I.- PIEZAS MOLDEADAS INCOMPLETAS O CORTAS.

#### CAUSA PROBABLE.

#### SOLUCION POSIBLE.

- |  |   |
|--|---|
| 1.- Material demasiado frío.   | a.- Aumente la temperatura del cilindro de calentamiento, pero evítese un calentamiento excesivo.<br>b.- Aumente el ciclo total.<br>c.- Aumente la temperatura del molde.   |
| 2.- La presión de inyección demasiado baja.  | a.- Aumente la presión.<br>b.- Aumente el tiempo de aplicación de la presión total.   |
| 3.- Canales o entradas demasiado pequeños.   | a.- Aumente el tamaño del canal o de la entrada para aumentar la presión efectiva en el vaciado.  |
| 4.- Molde demasiado frío.  | a.- Reduzca la corriente de agua de enfriamiento.<br>b.- Calientese el molde con vapor, aceite o resistencias eléctricas o ciérrase el agua de enfriamiento y permítase que el molde se caliente con el mismo material.   |
| 5.- Resistencia causada por contrapresión de aire atrapado. (Normalmente marcado por que <u>maduras</u> alrededor de la porción que no llenó). | a.- Ventile las cavidades.<br>b.- Use una velocidad de inyección menor.<br>c.- Instale el molde de manera que tenga 0.0015" de tolerancia cuando esté cerrado.<br>d.- Instale un sistema de vacío para evacuar el molde cuando esto sea económicamente posible. |

6.- El orificio de la boquilla obstruye la corriente.

- a.- Quite toda contaminación.
- b.- Use un orificio de boquilla más largo.
- c.- Rebordee el orificio si se ha deformado.

7.- Tapones de material frío, obstruyendo canales, entradas o bebederos.

- a.- Aumente el material depositado en los expulsores.
- b.- Caliente el final del canal recto.
- c.- Separe la boquilla del casquillo del bebedero en cada carrera del pistón.

## II.- REBABAS.

### CAUSA PROBABLE.

### SOLUCION POSIBLE.

1.- Material demasiado caliente.

- a.- Reduzca la temperatura del cilindro.
- b.- Disminuya el tiempo de ciclo.
- c.- Reduzca la presión y/o la temperatura hasta que se obtenga un balance apropiado.

2.- La presión de inyección demasiado alta.

- a.- Reduzca la presión.

3.- Un ajuste defectuoso del molde.

- a.- Corrija el brazo de la palanca de regreso y los ajustes del molde.

4.- Rebabas o materias extrañas interfiriendo en el área de contacto.

- a.- Quite esos obstáculos.

5.- Area de contacto de los moldes desgastados.

- a.- Rectifique el molde.



- |  |   |
|--|---|
| <p>6.- Presión de cierre del molde insuficiente.</p> | <p>a.- Aumente la presión de cierre.<br/> b.- Reduzca el número de cavidades.<br/> c.- Reduzca el área de contacto del molde.</p> |
|--|---|

### III.- LAS PIEZAS SE PEGAN EN LAS CAVIDADES

#### CAUSA PROBABLE.

#### SOLUCION POSIBLE.

- |   |  |
|---|--|
| <p>1.- Condiciones del molde:</p> <p>a) Despostillados, raspaduras, pedazos quebrados o superficies perjudicadas.</p> <p>b) Superficie defectuosamente pulida.</p> <p>c) Salida insuficiente en las cavidades en el bebedero.</p> <p>d) Expulsores diseñados incorrectamente o que no funcionan con propiedad.</p> <p>e) Cavidades del molde de metal poroso.</p> | <p>a.- Desmante el molde y púlalo.<br/> b.- Púlase.<br/> c.- Dele la mayor salida posible.<br/> d.- Repárese o corríjase.<br/> e.- Substitúyase por cavidades de acero duro.</p> |
| <p>2.- La presión ha sido mantenida durante demasiado tiempo, no permitiendo el encogimiento natural de la pieza dentro del molde.</p>  | <p>a.- Reduzca el tiempo de inyección.<br/> b.- Quite los acinturamientos que existan en el molde.</p>   |

- |   |  |
|---|--|
| 3.- Las piezas salen demasiado suaves.                    | a.- Aumente el tiempo del ciclo de molde.<br>b.- Reduzca la temperatura del molde.   |
| 4.- El material se quema en el cilindro de calentamiento. | a.- Use una temperatura de calentamiento menor, aumentándose el ciclo total si es necesario.   |
| 5.- Películas en el molde.                                | a.- Lave con solventes apropiados, tales como acetona o benceno.   |
| 6.- El material se adhiere a las cavidades.               | a.- Reduzca la presión.<br>b.- Reduzca el tiempo de aplicación de la presión.<br>c.- Reduzca la temperatura del molde.<br>d.- Aplique un lubricante.<br>e.- Dé un baño de cromo a las cavidades. |

#### IV.- EL BEBEDERO SE PEGA.

##### CAUSA PROBABLE.

##### SOLUCION POSIBLE.

- |   |  |
|---|--|
| 1.- La boquilla no asienta correctamente.                             | a.- Repárese.  |
| 2.- El orificio de la boquilla es mayor que el orificio del bebedero. | a.- Substitúyase por una boquilla de menor orificio.<br>b.- Aumente el tamaño del orificio del bebedero. |

3.- Cono de salida del bebedero inadecuado o diámetro demasiado pequeño.

a.- Repárese.

4.- El encogimiento del bebedero no es suficiente.

a.- Prolongue el tiempo de cerrado del molde o disminuya el tiempo en que el pistón permanece en el máximo de su carrera.

#### V.- LAS PIEZAS SE DEFORMAN DESPUES DE SALIDAS DE LAS CAVIDADES.

##### CAUSA PROBABLE.

##### SOLUCION POSIBLE.

1.- La pieza se pega o se atora en el molde.

a.- Véase la sección III.

2.- Acinturamiento en los moldes demasiado pronunciado.

a.- Disminuya la profundidad del acinturamiento.

3.- Expulsores que trabajan desigualmente.

a.- Corrija o ajuste los expulsos.

4.- La pieza moldeada está demasiado caliente al salir expulsada.

- a.- Reduzca la temperatura del molde.
- b.- Aumente el tiempo de enfriamiento.
- c.- Reduzca la temperatura de cilindro de calentamiento.
- d.- Use un material de fraguado más rápido.
- e.- Use un marco de enfriamiento.

5.- Piezas moldeadas de sección gruesa que se deforman por su propio peso.

- a.- Sumerja la pieza en agua fría inmediatamente después de extraída del molde.
- b.- Aumente el ciclo de moldeo.
- c.- Temperatura del moldeo demasiado baja, causando encogimiento debido a esfuerzos internos. Aumente la temperatura del cilindro de calentamiento.
- d.- Use un marco de enfriamiento.

6.- Diseño de la entrada y su localización.

- a.- Vuelva a diseñar o localizar la entrada de manera que se obtengan menores encogimientos.

#### VI.- DEPRESIONES O MARCAS DE ENCOGIMIENTO EN LA SUPERFICIE DE LAS PIEZAS MOLDEADAS.

##### CAUSA PROBABLE.

##### SOLUCION POSIBLE.

1.- Contracción térmica del material al enfriarse.

- a.- Aumente la presión efectiva en la pieza, canal y bebedero abriendo la entrada y calentado el molde, aumentando la presión, aumentando las dimensiones del canal y/o aumentando la presión total y el tiempo que permanezca el pistón en el máximo de su carrera.

- b.- Vuelva a diseñar la pieza con secciones más delgadas.
  
- 2.- Insuficiente inyección de material en las cavidades.
  - a.- Aumente el tiempo de aplicación de la presión total en la carrera de inyección.
  - b.- Aumente la alimentación.
  
- 3.- La pieza es extraída demasiado caliente.
  - a.- Aumente el tiempo de enfriamiento.
  - b.- Reduzca la temperatura del molde.
  - c.- Sumérjase en agua fría inmediatamente después de la extracción.
  
- 4.- La presión demasiado baja.
  - a.- Aumentar la presión.
  - b.- Véase la sección I (artículos 2,3 , etc.)
  
- 5.- Velocidad de inyección demasiado lenta.
  - a.- Auméntese la velocidad de inyección aumentando la velocidad del pistón. Siempre use la máxima velocidad posible de inyección. (Si la inyección es demasiado rápida pueden aparecer quemaduras por fricción).
  
- 6.- El material está demasiado caliente o demasiado frío.
  - a.- Ajuste la temperatura del cilindro de calentamiento.
  
- 7.- Sección desigual.
  - a.- Ponga la entrada en la sección gruesa.
  - b.- Aumente el tiempo que permanece el pistón en el máximo de su carrera a presión completa.
  - c.- Vuelva a diseñar la pieza con sección uniforme si es posible.
  
- 8.- Humedad del material demasiado alta.
  - a.- Precaliente el material.

VII.- DERRAME DEL MATERIAL POR EL ORIFICIO DE LA  
BOQUILLA ENTRE CICLOS.

CAUSA PROBABLE.	SOLUCION POSIBLE.
1.- El material está demasiado caliente.	a.- Reduzca la temperatura del cilindro de calentamiento. b.- Coloque una malla en el casquillo de la boquilla.
2.- El orificio de la boquilla es demasiado grande.	a.- Substituya la boquilla por otra de orificio menor.
3.- La temperatura de la boquilla es demasiado alta.	a.- Reduzca la temperatura.

VIII.- MARCAS DE FLUJO EN LA SUPERFICIE DE LA PIEZA MOLDEADA.

CAUSA PROBABLE.	SOLUCION POSIBLE.
1.- El material está demasiado caliente.	a.- Véase la sección II, artículo 1.
2.- Material demasiado frío.	a.- Aumente la temperatura del cilindro de calentamiento.
3.- Demasiado lubricante en el molde.	a.- Limpíese o lávese con solvente. b.- Use menos lubricante.
4.- El material contiene demasiada humedad.	a.- Precaliente el material.
5.- El molde está demasiado frío.	a.- Reduzca el agua de enfriamiento. b.- Caliente el molde con un calentador efectivo.

- |  |  |
|--|--|
| 6.- Canales y entradas demasiado pequeños enfriando el material. | a.- Aumente las entradas y canales.  |
| 7.- Agua en la superficie del molde.                             | a.- Seque la superficie del molde.<br>b.- Si la humedad está condensada en la superficie del molde porque se encuentra demasiado frío, caliéntese. |
| 8.- Contaminación debida a material extraño.                     | a.- Inspeccione el material para encontrar alguna posible contaminación.<br>b.- Desmonte y limpie el alimentador y la tolva.                       |
| 9.- El material se quema en el cilindro de calentamiento.        | a.- Reduzca el calor y aumente el ciclo.   |
| 10.- Tapones de material frío.                                   | a.- Caliente el final de los canales rectos.<br>b.- Separe la boquilla del casquillo del bebedero en cada carga del pistón.                        |

**IX.- MARCAS QUE SEMEJAN NICA EN LA SUPERFICIE DE LA PIEZA MOLDEADA.**

- | CAUSA PROBABLE.                             | SOLUCION POSIBLE.  |
|---|--|
| 1.- El material contiene demasiada humedad. | a.- Séquese más cuidadosamente.  |
| 2.- Contaminación con otro material.        | a.- Inspeccione el material moldeado.<br>b.- Desmonte y limpie el alimentador. |

- |  |   |
|--|---|
| 3.- Material demasiado frfo.                   | a.- Aumente la temperatura.<br>b.- Aumente el tiempo que permanece el pistón al máximo de su carrera a presión total. |
| 4.- Material demasiado caliente.               | a.- Reduzca la temperatura del cilindro.  |
| 5.- Las entradas y canales demasiado pequeños. | a.- Aumente sus dimensiones.  |
| 6.- Agua o aceite en la superficie del molde.  | a.- Limpiese.   |
| 7.- Demasiado lubricante en el molde.          | a.- Evite un exceso de lubricante.<br>Limpiese.   |

#### X.- LAMINACION SUPERFICIAL.

##### CAUSA PROBABLE.

##### SOLUCION POSIBLE.

- |  |  |
|--|--|
| 1.- Contaminación con otros materiales moldeables. | a.- Inspeccione el alimentador y la tolva.<br>b.- Inspeccione el material de moldeo. |
| 2.- Demasiada humedad en el material.              | a.- Es necesario secar debidamente el material.                                      |
| 3.- Material demasiado frfo.                       | a.- Aumente la temperatura del cilindro.   |



- |   |  |
|---|--|
| 4.- Velocidad de inyección demasiado lenta.                   | a.- Aumente la velocidad de inyección si es posible.<br>b.- La inyección rápida es siempre preferible. |
| 5.- Los canales, la entrada o el bebedero demasiado pequeños. | a.- Agrande el canal y/o la entrada primero; después agrándese el bebedero.                            |
| 6.- Molde demasiado frío.                                     | a.- Aumente la temperatura del molde.  |

#### XI.- UNIONES IMPERFECTAS.

##### CAUSA PROBABLE.

##### SOLUCION POSIBLE.

- |   |   |
|---|---|
| 1.- Material demasiado frío.  | a.- Aumente la temperatura del cilindro de calentamiento.             |
| 2.- Molde demasiado frío.   | a.- Aumente la temperatura del molde.                                 |
| 3.- La presión efectiva sobre la pieza es demasiado baja.                   | a.- Aumentese la presión.<br>b.- Véase la sección I.                  |
| 4.- La distancia de la entrada a la unión de soldadura es demasiado grande. | a.- Usense entradas y canales múltiples.                              |
| 5.- Agua o lubricante en la superficie del molde.                           | a.- Revísese y límpiase bien. Use menos lubricante.                   |
| 6.- Material demasiado caliente.  | a.- Reduzca ligeramente la temperatura del cilindro de calentamiento. |

## XII.- BURBUJAS EN EL INTERIOR DE LAS PIEZAS MOLDEADAS.

CAUSA PROBABLE.	SOLUCION POSIBLE.
1.- Comúnmente son causadas por encogimientos internos después del endurecimiento de la capa superficial.	a.- Aumente la presión efectiva de los vaciados. b.- Calentando el molde. c.- Aumentando las dimensiones de las canales, de las entradas, del <u>bebe</u> dero y de la boquilla. d.- Aumentando la velocidad de inyección e.- Aumentando la presión. f.- Haciendo un ciclo más largo, especialmente el tiempo que el pistón permanece en el máximo de su carrera a presión completa.
2.- Material demasiado caliente.	a.- Use temperaturas menores en el cilindro.
3.- Ventilación imperfecta causando atrapamiento de aire.	a.- Ventilese el molde.
4.- Humedad en la superficie del molde debida a condensación.	a.- Disminuya el enfriamiento del molde.
5.- La temperatura posterior del cilindro es demasiado alta.	a.- Redúzcase.

### XIII.- LAS PIEZAS MOLDEADAS SON DEBILES O FRAGILES.

CAUSA PROBABLE.	SOLUCION POSIBLE.
1.- Material demasiado frfo.	a.- Aumente la temperatura del cilindro.
2.- Entradas, bebederos o canales demasiado pequeños.	a.- Auméntense sus dimensiones.
3.- Presión demasiado baja.	a.- Aumente la presión.
4.- Material demasiado caliente, causando descomposición o destrucción de la estructura molecular.	a.- Reduzca la temperatura del cilindro. b.- La cantidad del material inyectado es demasiado pequeña en relación a la capacidad de calentamiento. Aumente la cantidad inyectada si es posible o use una prensa menor.
5.- Contaminación con otro material.	a.- Revise el material para ver si está contaminado. b.- Desmóntese y límpiese el alimentador
6.- Molde demasiado frfo.	a.- Aumente la temperatura del molde <u>sus</u> pendiendo la circulación del fluido enfriador y usando calentadores en el molde.
7.- El diseño de la pieza puede ser demasiado delgado.	a.- Aumente el espesor de la pieza, si es posible.

**XIV.- SUPERFICIE NEBULOSA EN LA PIEZA MOLDEADA O  
APARIENCIA NEBULOSA EN PIEZAS TRANSPARENTES.**

<b>CAUSA PROBABLE.</b>	<b>SOLUCION POSIBLE.</b>
1.- Contaminación.	a.- Inspeccione el material moldeable. b.- Desmóntese y límpiese el alimentador
2.- Material demasiado frío.	a.- Aumente la temperatura del cilindro.
3.- Lubricante en la superficie del molde.	a.- Límpiese y úsese menos lubricante.
4.- Contenido de humedad demasiado alto.	a.- Séquese más cuidadosamente.

**XV.- SUPERFICIE RUGOSA Y ASPERA.**

<b>CAUSA POSIBLE.</b>	<b>SOLUCION POSIBLE.</b>
1.- Material demasiado frío.	a.- Aumente la temperatura del material.
2.- Molde demasiado frío.	a.- Aumente la temperatura del molde.
3.- Superficie del molde mal pulida.	a.- Púlase el molde.
4.- Presión demasiado grande.	a.- Reduzca la presión.

## XVI.- LINEA DE UNION EN SECCIONES GRUESAS.

CAUSA PROBABLE.	SOLUCION POSIBLE.
1.- Molde demasiado frio.	a.- Aumente la temperatura del molde.
2.- Material demasiado frio.	a.- Aumente la temperatura del cilindro de calentamiento.
3.- Presión demasiado alta.	a.- Reduzca la presión (téngase cuidado, sin embargo, de evitar depresiones).
4.- Lubricante o agua en la superficie del molde.	a.- Véase la sección III y use algún método sugerido allí para evitar que las piezas se peguen.
5.- Velocidad de inyección demasiado lenta o demasiado rápida.	a.- Ajuste la velocidad de inyección.
6.- Ventilación impropia.	a.- Ventile el molde apropiadamente.
7.- Entradas y/o canales demasiado pequeños o localización incorrecta de ellos.	a.- Agrándese como se indica o localícese nuevamente.

## CONCLUSION

Revisando el presente trabajo se puede observar, que abarca todos los puntos a estudiar propuestos desde el inicio de éste.

En el primer capítulo, se revisaron, la teoría de los plásticos, sus principales características, su creación y desarrollo, su clasificación, sus mecanismos de reacción y reacciones de obtención y tipos de polipropileno y policarbonato que se utilizan en la planta de inyección propuesta.

Posteriormente se estudiaron, métodos básicos de moldeo y transformación de los plásticos, profundizando en el tema de extrusión, pero sobre todo, en el tema de inyección; todo esto en un segundo capítulo.

Finalmente en un tercer y último capítulo se tocaron los puntos básicos de ingeniería, necesarios para la definición de la planta de inyección; se definieron los objetivos y alcance de ésta, su localización; se propuso la fabricación de productos determinados, encaminados al ramo automotriz; se realizó la ingeniería básica, la estimación de costos, y un programa de trabajo; se revisaron los servicios auxiliares y los procedimientos de operación y mantenimiento, finalizando con un plan de pruebas y arranque.

Por todo lo anterior, concluimos que la presente tesis, cumple con los objetivos planteados, resultando atractiva su discusión para examen profesional.

## B I B L I O G R A F I A .

### 1.- Moléculas Gigantes

Colección Científica de Time-Life (1979)

Herman F.M.

Ed. Offset Multicolor, s.a, México

### 2.- Modern Plastics Encyclopedia 1983-84

Octubre 1983, volumen 60, número 10A

McGraw-Hill Publications Company, Suiza

### 3.- Advanced Organic Chemistry

Reactions, Mechanisms, and Structure

J. March

2a. edición 1978, Ed. McGraw-Hill, Kogakusha, Ltd.

### 4.- Química Orgánica

T.W.G. Solomons

Ed. Limusa 1979, México

### 5.- Inyección de Plásticos

W. Mink

Ed. Gustavo Gili, s.a. 1981

## M A N U A L E S

### 1.- Manual para técnico en plástico

C.E.C.Y.T. "Narciso Bassole"

I.P.N. 1980, México

- 2.- Manual de instrumentación para máquina Newbury Imperial  
200 Ton. Máquina de moldeo por inyección  
E.U.A. 1980

#### FOLLETOS Y REVISTAS

- 1.- Plásticos Hoechst, Química Hoechst, s.a., México
- 2.- La verdad acerca de los acetales vs. tiempo, Celanese Mexicana, s.a.  
México.
- 3.- Plásticos, G.E. Plastics, U.S.A.
- 4.- Polímeros; Polímero de México, s.a. de c.v. , México.
- 5.- Plásticos Hoechst, Hostalen PP., Química Hoechst, Alemania
- 6.- Boletín NIA, Propósito general polipropileno, Celanese Mexicana s.a.  
México.
- 7.- Respuestas a frecuentes preguntas sobre técnicas de moldeo  
P.D. Kohl, E.I. Dupont de Nemours & Co. U.S.A., 1983
- 8.- Polímeros, Mobay Chemical, Co., U.S.A.