

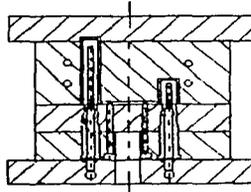
8



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE UN MOLDE EN LA INYECCION
DE PLASTICOS PARA UNA
PORTACIGARRERA.



T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO AREA: DISEÑO

P R E S E N T A :

JESUS VICENTE GONZALEZ SOSA

DIRECTOR: ING. UBALDO EDUARDO MARQUEZ AMADOR



MEXICO, D. F.

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACIÓN

DISCONTINUA

INDICE

	PAG.
I. INTRODUCCIÓN.	1
II. PLÁSTICOS.	4
II.1. ETIMOLOGÍA.	4
II.1.1. ORIGEN	
II.1.2. EVOLUCIÓN.	
II.1.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PLÁSTICOS.	
II.1.4. PROCESOS DE POLIMERIZACIÓN.	
II.1.5. TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA.	
II.2. ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE LOS POLÍMEROS.	12
II.3. ASPECTOS REOLÓGICOS.	16
II.4. PROCESOS DE MANUFACTURA DE LOS PLÁSTICOS.	17
III. MOLDEO POR INYECCIÓN.	24
III.1. MOLDEO.	24
III.1.1. PROCEDIMIENTO BÁSICO.	
III.1.2. EL MOLDE O HERRAMIENTA.	
III.2. CICLO DE MOLDEO.	25
III.3. MÁQUINA DE INYECCIÓN.	27
III.3.1. LA UNIDAD DE INYECCIÓN.	
III.3.2. BOQUILLA.	
III.3.3. UNIDAD DE CIERRE O PRENSA.	
III.3.4. PRESIÓN DE INYECCIÓN.	
III.3.5. EL MOLDE.	
III.4. ASPECTOS DEL PRODUCTO.	31
III.4.1. FUNDAMENTOS DEL MATERIAL.	
III.4.2. ASPECTOS DE DISEÑO.	
III.4.3. VISCOSIDAD.	
III.4.4. ORIENTACIÓN.	
III.4.5. CONTRACCIÓN.	
III.4.6. PERFIL DE INYECCIÓN.	

En la Dirección General de Bibliotecas.
Se ha difundido en formato electrónico e impreso
este trabajo de mi trabajo recepci.

NOMBRE: JESÚS VICENTE

GONZÁLEZ SOSA

FECHA: 29 / NOVIEMBRE / 2002

A:

IV. MOLDE.	35
IV.1. ASPECTOS GENERALES.	35
IV.1.1. NOMENCLATURA Y COMPONENTES.	
IV.1.2. NORMALIZACIÓN.	
IV.1.3. CONSIDERACIONES SOBRE DISEÑO.	
IV.1.4. DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DEL POLÍMERO DENTRO DEL MOLDE.	
IV.1.5. CONTRACCIÓN.	
IV.1.6. DEFECTOS DE PIEZAS QUE SE MOLDEAN POR INYECCIÓN.	
IV.2. TIPOS DE MOLDES.	42
IV.3. CAVIDADES DE MOLDEO.	44
IV.3.1. ÁREA PROYECTADA.	
IV.3.2. DISPOSICIÓN DE LAS CAVIDADES.	
IV.3.3. CÁLCULO DEL NÚMERO DE CAVIDADES.	
IV.4. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN.	46
IV.4.1. BEBEDEROS.	
IV.4.2. CANALES DE ALIMENTACIÓN.	
IV.4.3. ENTRADAS DE ALIMENTACIÓN A LAS CAVIDADES.	
IV.5. RESPIRACIÓN.	51
IV.6. REFRIGERACIÓN.	52
IV.6.1. CAVIDADES.	
IV.6.2. NÚCLEOS.	
IV.6.3. PUNTOS IMPORTANTES DE LA REFRIGERACIÓN.	
IV.7. SISTEMAS EXTRACTORES O EXPULSORES.	55
IV.7.1. MECANISMOS DE EXTRACCIÓN.	
IV.7.2. CAJA.	
IV.7.3. ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CAJA.	
V. DISEÑO DEL MOLDE.	58
V.1. PUNTOS IMPORTANTES, MÉTODOS SEGUIDOS EN PROYECTOS Y DISEÑOS.	58
V.1.1. ASPECTOS EN EL DISEÑO DEL PRODUCTO.	
V.1.2. PRINCIPIOS SOBRE PROYECTOS.	
V.1.3. ACOTACIÓN DE PLANOS.	
V.1.4. RESISTENCIA DE LOS MOLDES.	

V.2. DESIGNACIÓN DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE MOLDES.	64
V.3. MÉTODOS PARA LA FABRICACIÓN DE MOLDES.	68
V.3.1. PROCESOS Y EQUIPOS.	
V.4. DESARROLLO DEL DISEÑO.	70
SELECCIÓN DEL MATERIAL DEL MOLDE	
PRODUCTO A FABRICAR	
SELECCIÓN DEL MATERIAL PLÁSTICO	
DISEÑO DE LOS SISTEMAS	
RUTA DE TRABAJO PARA SU FABRICACIÓN	
VI. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.	85
APÉNDICE A	88
VII. BIBLIOGRAFÍA.	96

I. INTRODUCCIÓN

Nacidos hace más de un siglo como modestos sustitutos para fabricar bolas de billar, los plásticos han experimentado una evolución constante y creciente. Pocos hubieran imaginado hace años que este material haría tan extraordinaria carrera y que, incluso, pudiera darle nombre a una era.

Ya no se trata sólo de que ciertos plásticos sustituyan componentes o piezas de madera, metal y cerámica, sino que han venido a crear espacios propios derivados de sus extraordinarias propiedades y de su capacidad para adaptarse y servir a las necesidades de los usuarios. Una de las características principales es, justamente, la facilidad para deformarse, es decir, la plasticidad, que aunque también la poseen otros materiales, como los metales, parece haber sido la llave para entrar en el mundo de la industria y las tecnologías.

Se observa que hoy en día se conocen unos 300 tipos de plásticos y que en los últimos cinco años se han mencionado 50,000 mezclas y aleaciones de estos polímeros. Las industrias de los países europeos llevan la delantera en el desarrollo y han patentado 80% de los descubrimientos, mientras que Estados Unidos se mantiene como el mayor consumidor mundial.

Se señala también que el consumo per cápita de materiales plásticos ya se considera un indicador del desarrollo económico de los países y que, en este sentido, Europa va a la vanguardia con 250 kilogramos/habitante/año, seguido por Estados Unidos y Japón. En América Latina, Argentina y Brasil tienen consumo per cápita de 50 kilos, y México de apenas 25.

Como ningún otro material, el plástico parece haber nacido para convertirse en un socio de las industrias. El hecho es que resulta capaz de satisfacer casi todas sus demandas y requerimientos. En ocasiones, los avances se dan a partir de investigaciones básicas o, aún, hallazgos de los laboratorios. Los expertos coinciden en que el plástico tiene propiedades muy interesantes para la industria, como su capacidad para tener un comportamiento frágil y otro completamente dúctil, o su amplio rango de posibilidades ópticas y estéticas. También sobresalen su bajo costo relativo y su menor peso, así como la facilidad con que pueden utilizarse en procesos manufactureros de producción masiva.

El desarrollo y la difusión de los polímeros se relacionan claramente con su combinación de propiedades mecánicas, eléctricas, ópticas y de otra naturaleza, con los procesos de su manufactura y con las características estructurales del material. También cuenta la facilidad para una manufactura masiva y hasta la reducción de costos.

Además, si en las primeras décadas de esta evolución lo más notable fue la sustitución de materiales más pesados o costosos, sobre todo en los mercados de consumidores, juguetería, muebles, revestimientos, construcción, artículos de escritorio,

envases, etcétera, la tendencia se enfoca ahora hacia las aplicaciones avanzadas y de mayor valor agregado, como la biomédica. Un ejemplo particular son los lentes de contacto, que aunque tienen un costo accesible, considerados como material presentan propiedades ópticas, mecánicas y químicas extraordinarias.

Aunque no se pone en duda el futuro de los plásticos en la industria, el campo de los consumidores, éstos han tenido una valoración ambigua. En algunos países, como México, los plásticos no han sido bien aceptados por ciertos sectores sociales, que los identifican como materiales baratos, frágiles y de menor calidad que otros más nobles o naturales, como los metales, la madera, la piel o las fibras de algodón. En muchos mercados todavía se considera que los plásticos van dirigidos a sectores de menores ingresos y que su principal ventaja es que son desechables.

No ocurre lo mismo en Europa, donde los plásticos de alto precio y rendimiento ya ocupan lugares propios en la industria del mueble, le electrónica, los equipos deportivos, la fotografía e, incluso, la indumentaria. Muchas de las más famosas plumas europeas se fabrican ahora con este material, y hasta se han reeditado costosas ediciones inspiradas en los primeros modelos de celuloide y baquelita.

Por otro lado, el mundo de los llamados plásticos de ingeniería está destinado a producir nuevos y revolucionarios cambios en muchos campos de la industria y de la vida cotidiana. Se señala que existe un gran interés respecto de sus propiedades mecánicas y las posibilidades de manufacturarlos y acceder a nuevas formas. En este sentido destacan las sillas de plástico de una sola pieza, que serán muy difíciles de manufacturar con otros materiales, pero con similares precios, peso o servicio.

Y aún los más entusiastas defensores de los plásticos reconocen sus límites; entre ellos, su temperatura de fusión relativamente baja en comparación con la de los metales, el vidrio y la cerámica. Una de las grandes demandas de la industria se refiere precisamente a esta restricción, porque cuando más alta sea la temperatura de fusión, más eficiente será el material en su operación. Se han alcanzado avances en esta materia, pero nunca vamos a comparar esas temperaturas con las de un acero ordinario o de otros metales.

Como resulta visible, el desarrollo de nuevos plásticos y el ajuste de las propiedades de otros ya existentes requiere una enorme comunicación entre los niveles científicos, tecnológicos, los de manufactura y mercadotecnia, lo que hace de la industria del plástico una actividad completa y multidisciplinaria. Cuando no se reúnen condiciones adecuadas de temperatura y presión, así como el tiempo de resistencia del material en la máquina, ya sea extrusora o inyectora, puede ocurrir que no se alcance a formar el material deseado o que no se obtengan las propiedades mecánicas requeridas para la función a la que se desea aplicar. Esto significa que, aún después del desarrollo de una nueva materia prima, existe un gran campo de investigación y desarrollo en cuanto al modo de obtener las propiedades en el proceso manufacturero, sean juguetes, artículos de cocina, partes automotrices o envases para refresco.

Dentro del panorama nacional tenemos que de hecho, no existe en México una carrera de ingeniería en plásticos, de modo que la mayoría de los profesionales que laboran

en la industria se han formado en el extranjero o de manera empírica. Es una situación paradójica que en un país que reúne todos los ingredientes para innovar y desarrollar la industria del plástico, el nexo entre la investigación y la industria sea tan pobre. Es muy lamentable que exportemos materia prima e importe tecnología y producto terminado. Una actividad económica importante está en los primeros niveles de la fabricación de insumos para la industria manufacturera. Tenemos la materia prima, la industria de proceso y el mercado de consumidores, pero no existe vínculo entre el desarrollo y el producto.

Además de que los avances tecnológicos han venido llegando a México con mucho retraso, a veces de 20 y 30 años, en parte debido a razones estructurales de la economía, en parte por la resistencia de los industriales a realizar inversiones que vayan más allá de servir a los mercados de mayor demanda, que siguen siendo atractivos a pesar de sus limitaciones tecnológicas.

Por último, el plástico todavía tiene en México una imagen desvalorizada, de material frágil y barato. Existe gente que piensa que un escritorio de madera es mejor que uno de plástico, aunque sea de alta tecnología y cueste más. Es un problema cultural. También tiene que ver con el tema del diseño, que en nuestro país está retrasado y, por lo tanto, impide superar esos prejuicios. Al plástico no hay más que pedirle lo que uno necesita y nos lo da de alguna u otra manera. Lo mencionado hasta el momento nos presenta un panorama general de los plásticos en su ámbito ambiental, industrial, psicológico, técnico y de manufactura.

El propósito de este proyecto es diseñar un molde en la inyección de plásticos para un producto, que en este caso será una portacigarrera.

Y como se observará en el desarrollo del presente trabajo, se plasma igualmente una metodología sencilla de realizar un diseño de esta índole. Sin embargo, así es como se da inicio a un proyecto que estará muy vinculado con los aspectos anteriores, principalmente en el diseño innovador de un producto de material plástico, tomando en cuenta el desarrollo en todas sus etapas del diseño de un molde de plásticos y el artículo.

Por lo que cabe mencionar, que el presente proyecto sigue una trayectoria ordenada de acuerdo a los enfoques relacionados en este tema y llevados a cabo en un proceso que abarca desde la teoría hasta la práctica en el diseño.

De antemano, se agradece la atención brindada a este esfuerzo

*El hombre esta lleno
De Incertidumbres
Porque la vida lo es.
JESS*

Jesús Vicente González Sosa

II. PLÁSTICOS

En el siguiente trabajo se trata de exponer la mayor cantidad de información referente a los plásticos, pero con una profundidad moderada la más cercana posible al nivel de instrucción al que el trabajo corresponde. Así, un gran número de especificaciones técnicas y detalles de procesos industriales han sido pasados por alto, con el afán de conseguir un desarrollo más sencillo desde el punto de vista interpretativo, y un enfoque conceptual y práctico del tema.

En el transcurso del último siglo la química aplicada ha avanzado y avanza a pasos gigantescos, que la mayor parte de nosotros pertenecemos indiferentes a los avances de la misma. Y eso mismo ocurre en el caso concreto de los termoplásticos. A nadie impresiona ya un teléfono de plástico coloreado, o las botellas reciclables de agua mineral que cada día encontramos sobre nuestra mesa. Objetos muy simples que han revolucionado nuestra estética y gusto que eran impensables hace tan sólo unos 50 o 60 años. En esta primera parte se habla acerca de los polímeros, en donde se pretende dar a conocer ciertas partes, como la historia, evolución, origen, naturaleza y fabricación. Se observará que son cuestiones de suma importancia en el conocimiento de los polímeros y su desarrollo como tal.

II.1. Etimología.

El término plástico, en su significado más general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, en sentido restringido, denota ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.

• La definición enciclopédica de plásticos nos dice lo siguiente:

Materiales poliméricos orgánicos (los compuestos por moléculas orgánicas gigantes) que son plásticos, es decir, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeado o hilado. Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural, o sintéticas, como el polietileno y el nylon. Los materiales empleados en su fabricación son resinas en forma de bolitas o polvo o en disolución. Con estos materiales se fabrican los plásticos terminados.

Etimología:

El vocablo plástico deriva del griego plásticos, que se traduce como moldeable. Los polímeros, las moléculas básicas de los plásticos, se hallan presentes en estado natural en algunas sustancias vegetales y animales como el caucho, la madera y el cuero, si bien en el ámbito de la moderna tecnología de los materiales tales compuestos no suelen encuadrarse en el grupo de los plásticos, que se reducen preferentemente a preparados sintéticos.

Se entiende por la definición genérica de plásticos aquellos polímeros que, bajo la influencia del calor, son capaces de aumentar su viscosidad (entendiendo esto como la capacidad de fluir) en estado semisólido y de adoptar una forma que, una vez enfriados son capaces de mantener. Microscópicamente están formados por cadenas de polímeros. Podemos establecer un primer criterio de clasificación relativo a la estructura química del polímero y al proceso a partir del cual se ha formado, lo cual se describirá más adelante. Además, se agrupan bajo la denominación de plásticos aquellas materias de origen orgánico y muy moldeables si se someten a la acción del calor.

II. 1. 1. Origen.

El primer plástico se origina como resultado de un concurso realizado en 1860, cuando el fabricante estadounidense de bolas de billar Pelan y Collander ofreció una recompensa de 10,000 dólares a quien consiguiera un sustituto aceptable del marfil natural, destinado a la fabricación de bolas de billar. Una de las personas que compitieron fue el inventor norteamericano Wesley Hyatt, quien desarrolló un método de procesamiento a presión de la piroxilina, un nitrato de celulosa de baja nitración tratado previamente con alcanfor y una cantidad mínima de disolvente de alcohol. Si bien Hyatt no ganó el premio, su producto, patentado con el nombre de celuloide, se utilizó para fabricar diferentes objetos detallados a continuación. El celuloide tuvo un notable éxito comercial a pesar de ser inflamable y de su deterioro al exponerlo a la luz.

El celuloide se fabricaba disolviendo celulosa, un nitrato de carbono obtenido de las plantas, en una solución de alcanfor y etanol. Con él se empezaron a fabricar distintos objetos como mangos de cuchillo, armazones de lentes y película cinematográfica. Sin éste, no hubiera podido iniciarse la industria cinematográfica a fines del siglo XIX. Puede ser ablandado repetidamente y moldeado de nuevo mediante calor, por lo que recibe el calificativo de termoplástico.

En 1909 el químico norteamericano de origen belga Leo Hendrik Baekeland (1863-1944) sintetizó un polímero de interés comercial, a partir de moléculas de fenol y formaldehído. Este producto podía moldearse a medida que se formaba y resultaba duro al solidificar. No conducía la electricidad, era resistente al agua y los disolventes, pero fácilmente mecanizable. Se le bautizó con el nombre de baquelita (o bakelita), el primer plástico totalmente sintético de la historia.

Baekeland nunca supo que, en realidad, lo que había sintetizado era lo que hoy conocemos con el nombre de copolímero. A diferencia de los homopolímeros, que están formados por unidades monoméricas idénticas (por ejemplo, el polietileno), los copolímeros están constituidos, al menos, por dos monómeros diferentes.

Otra cosa que Baekeland desconocía es que el alto grado de entrecruzamiento de la estructura molecular de la baquelita le confiere la propiedad de ser un plástico termoestable, es decir, que puede moldearse apenas concluida su preparación. En otras palabras, una vez que se enfría la baquelita no puede volver a ablandarse. Esta la diferencia de los polímeros termoplásticos, que pueden fundirse y moldearse varias veces, debido a que las cadenas pueden ser lineales o ramificadas pero no presentan entrecruzamiento.

Entre los productos desarrollados durante este periodo están los polímeros naturales alterados, como el rayón, fabricado a partir de productos de celulosa.

II.1.2. Evolución.

Los resultados alcanzados por los primeros plásticos incentivaron a los químicos y a la industria a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros. En la década de los 30, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al que llamaron polietileno (PE).

Al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloruro se produjo el cloruro de polivinilo (PVC), un plástico duro y resistente al fuego, especialmente adecuado para cañerías de todo tipo. Al agregarles diversos aditivos se logra un material más blando, sustitutivo del caucho, comúnmente usado para ropa impermeable, manteles, cortinas y juguetes. Un plástico parecido al PVC es el politetrafluoretileno (PTFE), conocido popularmente como teflón y usado para rodillos y sartenes antiadherentes.

Otro de los plásticos desarrollados en los años 30 en Alemania fue el poliestireno (PS), un material muy transparente comúnmente utilizado para vasos, popotes y hueveras. El poliestireno expandido (EPS), una espuma blanca y rígida, es usado básicamente para embalaje y aislamiento térmico.

También en los años 30 se crea la primera fibra artificial, el nylon. Su descubridor fue el químico Wallace Carothers, que trabajaba para la empresa Dupont. Descubrió que dos sustancias químicas como el hexametildiamina y ácido adipico, formaban polímeros que bombeados a través de agujeros y estirados formaban hilos que podían tejerse. Su primer uso fue la fabricación de paracaídas para las fuerzas armadas estadounidenses durante la Segunda Guerra Mundial, extendiéndose rápidamente a la industria textil en la fabricación de medias y otros tejidos combinados con algodón o lana. Al nylon le siguieron otras fibras sintéticas como por ejemplo el orlón y el acrilán.

Durante la Segunda Guerra Mundial, tanto los aliados como las fuerzas del Eje sufrieron reducciones en sus suministros de materias primas. La industria de los plásticos demostró ser una fuente inagotable de sustitutos aceptables. Alemania, por ejemplo, que perdió sus fuentes naturales de látex, inició un gran programa que llevó al desarrollo de un caucho sintético utilizable. La entrada de Japón en el conflicto mundial cortó los suministros de caucho natural, seda y muchos metales asiáticos a Estados Unidos. La respuesta estadounidense fue la intensificación del desarrollo y la producción de plásticos. El nylon se convirtió en una de las fuentes principales de fibras textiles, los poliésteres se utilizaron en la fabricación de blindajes y otros materiales bélicos, y se produjeron en grandes cantidades varios tipos de caucho sintético. Hacia los años 50 aparece el polipropileno (PP).

Durante los años de la posguerra se mantuvo el elevado ritmo de los descubrimientos y desarrollos de la industria de los plásticos. Tuvieron especial interés los avances en plásticos técnicos, como los policarbonatos, los acetatos y las poliamidas. Se

utilizaron otros materiales sintéticos en lugar de los metales en componentes para maquinaria, cascos de seguridad, aparatos sometidos a altas temperaturas y muchos otros productos empleados en lugares con condiciones ambientales extremas. En 1953, el químico alemán Karl Ziegler desarrolló el polietileno, y en 1954 el italiano Giulio Natta desarrolló el polipropileno, que son los dos plásticos más utilizados en la actualidad.

En 1963, estos dos científicos compartieron el Premio Nobel de Química por sus estudios acerca de los polímeros. En la presente década, principalmente en lo que tiene que ver con el envasado en botellas y frascos, se han desarrollado vertiginosamente el uso del tereftalato de polietileno (PET), material que viene desplazando al vidrio y al PVC en el mercado de envases.

II.1.3. Características generales de los plásticos.

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y ramificadas son termoplásticas (se ablandan con el calor), mientras que las entrecruzadas son termoendurecibles (se endurecen con el calor).

Conceptos:

¿Qué son los polímeros?

La materia está formada por moléculas que pueden ser de tamaño normal o moléculas gigantes llamadas polímeros.

Los polímeros se producen por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas denominadas monómeros que forman enormes cadenas de las formas más diferentes. Algunos parecen fideos, otros tienen ramificaciones, otros globos, etc. Algunas se asemejan a las escaleras de mano y otras son como redes tridimensionales.

La mayor parte de los polímeros que usamos en nuestra vida diaria son materiales sintéticos con propiedades y aplicaciones variadas.

Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas. En general, los polímeros tienen una muy buena resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen. Las fuerzas de atracción intermoleculares dependen de la composición química del polímero y pueden ser de varias clases. Las más comunes, denominadas Fuerzas de Van der Waals, se detallan a continuación.

Fuerzas de Van der Waals:

También llamadas fuerzas de dispersión, están en las moléculas de muy baja polaridad, generalmente en los hidrocarburos. Estas fuerzas provienen de dipolos transitorios: como resultado de los movimientos de electrones, en cierto instante una porción de la molécula se vuelve ligeramente negativa, mientras que en otra región aparece una carga positiva equivalente. Así se forman dipolos no-permanentes. Estos dipolos

producen atracciones electrostáticas muy débiles en las moléculas de tamaño normal, pero en los polímeros, formados por miles de estas pequeñas moléculas, las fuerzas de atracción se multiplican y llegan a ser enormes.

Fuerzas de Atracción dipolo-dipolo:

Debidas a los dipolos permanentes, como en el caso de los poliésteres. Estas atracciones son mucho más potentes y a ellas se debe la gran resistencia tensil de las fibras de los poliésteres.

Enlaces de Hidrógeno:

Como en las poliamidas (nylon), estas interacciones son tan fuertes, que una fibra obtenida con estas poliamidas tiene resistencia tensil mayor que la de una fibra de acero de igual masa.

Otros polímeros:

Hay atracciones de tipo iónico que son las más intensas.

Se llaman ionómeros y se usan, por ejemplo, para hacer películas transparentes de alta resistencia.

Energía requerida para romper cada enlace:

La fuerza total de atracción entre las moléculas del polímero, dependería del número de las interacciones. Como máximo, sería igual a la energía de enlace según la tabla 2.1 que se muestra a continuación, multiplicada por el número de átomos de carbono en el caso del polietileno o por el número de carbonílicos C=O en los poliésteres, etc. Rara vez se alcanza este valor máximo, porque las cadenas de los polímeros no pueden, por lo general, acomodarse con la perfección que sería requerida.

Tipo de enlace	kcal/mol
Van der Waals en CH ₄	2,4
Dipolos permanentes	3 a 5
Enlaces de hidrógeno	5 a 12
Iónicos	Mayor a 100

Tabla.2.1 Energía necesaria para romper los enlaces

II.1.4. Procesos de polimerización.

Existen diversos procesos para unir moléculas pequeñas con otras para formar moléculas grandes. Su clasificación se basa en el mecanismo por el cual se unen estructuras monómeras o en las condiciones experimentales de reacción.

Mecanismos de polimerización. La polimerización puede efectuarse por distintos métodos a saber.

Polimerización por adición.

La polimerización por adición (también denominada polimerización por reacción de cadenas) es un proceso en el cual reaccionan monómeros bifuncionales que se van uniendo uno a uno, a modo de cadena, para formar una macromolécula lineal. La composición de la molécula resultante es un múltiplo exacto del monómero reactivo original.

La polimerización por adición se aplica para la síntesis de polietileno, polipropileno, cloruro de polivinilo, poliestireno y muchos copolímeros.

Polimerización por condensación.

La polimerización por condensación (o reacción por etapas) es la formación de polímeros por mediación de reacciones químicas intermoleculares que normalmente implican más de una especie monomérica y generalmente se origina un subproducto de bajo peso molecular, como el agua, que se elimina. Las sustancias reactivas tienen fórmulas químicas diferentes de la unidad que se repite, y la reacción intermolecular ocurre cada vez que se forma una unidad repetitiva.

Las reacciones de condensación forman a menudo monómeros trifuncionales capaces de generar polímeros entrecruzados y reticulados.

II.1.5. Temperatura de transición vítrea.

A temperaturas altas, los polímeros se vuelven líquidos muy viscosos en los que las cadenas están constantemente en movimiento cambiando su forma y deslizándose unas sobre las otras. A temperaturas muy bajas, el mismo polímero sería un sólido duro, rígido y frágil.

El polímero puede solidificarse formando un sólido amorfo o uno cristalino. Como se sabe los polímeros con fuertes irregularidades en su estructura tienden a formar sólidos amorfos y los polímeros con cadenas muy simétricas tienden a cristalizar, por lo menos parcialmente.

Un polímero completamente amorfo, a temperaturas altas está en forma de un líquido viscoso, y al enfriarlo, se vuelve cada vez más elástico hasta que llega a la temperatura de transición vítrea. T_g , se convierte en un sólido duro, rígido y frágil. Lo que sucede es que, conforme disminuye la temperatura, el polímero se contrae porque las cadenas se mueven menos y se atraen más. Dado que va disminuyendo el volumen libre, es decir, los espacios entre las moléculas, los segmentos de las cadenas tienen cada vez menos lugar para girar, hasta que al llegar a T_g , dejan de hacerlo, el material se pone rígido y en esas condiciones se vuelve vítreo, es decir frágil, porque como sus cadenas aunque todavía vibran ya no pueden girar por cambio de posición, y no tienen manera de amortiguar los impactos. A esta restricción del movimiento molecular también contribuye por supuesto, la falta de suficiente energía debida a las bajas temperaturas.

Evidentemente, el estado vítreo lo alcanzan diferentes polímeros a diferentes temperaturas. Los que sean más flexibles, con menos grupos voluminosos en sus cadenas, podrán girar o permanecer flexibles a temperaturas menores que los otros. Por ejemplo, los silicones, el polietileno y el hule natural tienen temperaturas de transición vítrea de -123 , -120 , -73 °C respectivamente. En cambio, polímeros con grupos grandes o grupos muy polares, tienen una baja movilidad que son vítreos a temperatura ambiente y para reblandecerlos se requiere de altas temperaturas.

El polímero semicristalino, en este caso existen dos transiciones: una, cuando cristaliza el polímero al enfriarlo (T_m) y la otra cuando el material elástico resultante se vuelve vítreo (T_g).

Entre T_m y T_g , las ramificaciones del polímero están embebidos en una matriz más o menos elástica y el material es correoso, pero debajo de T_g las ramificaciones están dispersas en una matriz frágil.

Debajo de T_g el material es un sólido vítreo de gran rigidez, que se manifiesta por altos módulos que generalmente alcanzan los 10^6 psi. La única deformación posible se debe al estiramiento y doblamiento de los enlaces covalentes que unen a los átomos en la cadena, y al estiramiento de los enlaces intermoleculares. Esta deformación no es permanente ni puede ser muy pronunciada.

A temperaturas superiores a T_g la deformación es más extensa y más dependiente del tiempo, porque las moléculas ya tienen mayor libertad y cambian continuamente su forma y hasta cierto punto su posición. La aplicación del esfuerzo tiende a orientar a las moléculas en favor de configuraciones que tiendan a hacer trabajo. Por ejemplo, un esfuerzo de tensión extiende a las moléculas y las orienta en la dirección del esfuerzo aplicado porque así se produce una elongación de la muestra.

Si la temperatura es mayor, pero muy cerca de T_g , la deformación es prácticamente reversible y se debe al reordenamiento de segmentos cortos de las cadenas.

Entre T_g y T_m , el material es en forma de hule porque las cadenas están enmarañadas y eso dificulta su movimiento.

A temperaturas cercanas a T_m y mayores, las cadenas poliméricas ya se deslizan y separan causando flujo viscoso irreversible. El material se comporta como un líquido muy viscoso.

Un polímero con estructura ordenada, generalmente tiene mayor resistencia mecánica que el mismo material con estructura amorfa. La mayor resistencia o mayor módulo se debe al gran número y espaciamiento regular de los espacios intermoleculares en las estructuras cristalinas. En los polímeros amorfos, el número de estas interacciones es menos y su espaciamiento es errático, así que al aplicarse esfuerzos, muchas secciones del polímero se extienden o deforman libremente.

¿Qué es una zona cristalina y qué una zona amorfa?

Todos los materiales sólidos pueden clasificarse de acuerdo a su estructura molecular en cristalinos y amorfos.

En los sólidos cristalinos, las moléculas se encuentran ordenadas en las tres dimensiones. Esto es lo que se llama ordenamiento periódico y lo pueden tener los sólidos cristalinos constituidos por moléculas pequeñas. En el caso de los polímeros, las cadenas son muy largas y fácilmente se enmarañan y además, en el estado fundido se mueven en un medio muy viscoso, así que no puede esperarse en ellos un orden tan perfecto, pero de todas maneras, algunos polímeros exhiben ordenamiento parcial en regiones llamadas cristalitos.

Una sola macromolécula no cabrá en uno de esos cristalitos, así que se dobla sobre ella misma y además puede extenderse a lo largo de varios cristalitos.

Se distinguen regiones de dos clases: las cristalinas, en la que las cadenas dobladas varias veces en zigzag están alineadas formando agrupaciones, y otras regiones amorfas, en la que las cadenas se enmarañan en un completo desorden.

La proporción o porcentaje de zonas cristalinas puede ser muy alto, como en el polietileno, en nylon y en la celulosa.

En esos casos puede considerarse que el material contiene una sola fase, que es cristalina, aunque con muchos defectos.

En otros polímeros, como el PVC, el grado de cristalinidad es mucho menor y es más razonable considerarlo como sistemas de dos fases, una ordenada, cristalina, embebida en una matriz amorfa.

No obstante, el principal criterio de clasificación se basa en la distribución en el espacio de las cadenas, cuando el plástico está solidificado. En función de dicha distribución espacial se puede hacer la siguiente clasificación de los plásticos.

Elastómeros: Los científicos brillantes dicen que un caucho o elastómero es cualquier material capaz de poder ser estirado muchas veces su longitud original sin romperse, y luego vuelve a su tamaño original cuando cesa el estiramiento. Se caracterizan por una fácil degradación frente al calor y una irreversibilidad del proceso de moldeado. Sus características microscópicas basadas en una organización espacial de las cadenas del tipo "muelles de colchón" influyen en el comportamiento macroscópico del mismo caracterizado por una gran flexibilidad. De hecho, con frecuencia se mezclan con algunos termoplásticos para conferirle unas mayores propiedades de flexibilidad e impacto.

Termoestables: Material entrecruzado duro y no flexible. Los termoestables son distintos a los termoplásticos, que se hacen maleables cuando se les calienta. Como los termoestables son entrecruzados, no son maleables. Además se diferencian de los elastómeros entrecruzados. Los termoestables no son flexibles y no se extienden como los elastómeros.

La organización espacial de las cadenas es similar a la red de pescador. Durante el proceso de moldeo se aplica calor para activar la reacción de los monómeros de las cadenas, algunos de los cuales logran enlazarse con monómeros de otras cadenas dando lugar a la citada estructura. Como en el caso anterior la disposición microscópica de las cadenas dota a la estructura macroscópica resultante de unas características particulares; en este caso, la estructura macroscópica resultante es muy compacta y de gran rigidez, estos materiales presentan respecto al resto de plásticos una mayor resistencia térmica por cuanto al aportar más calor no logran romperse la estructura de cadenas. No obstante, por ser frágil es inversamente proporcional a la resistencia térmica. Efectivamente, la resistencia térmica viene dada por la mayor compactación de las cadenas pero ese mismo mayor acomodamiento da lugar a una posibilidad de rotura mayor. Además, estos materiales no son reciclables. Este hecho se explica por la reacción entre cadenas durante el proceso de moldeo que dan lugar a un material muy resistente a la temperatura una vez transformado y que por tanto difícilmente se puede volver a fundir para su reutilización.

Termoplásticos: Material que puede ser moldeado y que se le puede dar forma cuando es calentado. A diferencia de los tipos anteriores, no existe ningún tipo de enlace químico entre cadenas, como en muchos existen atracciones de tipo electrostático que hacen que la estructura microscópica sea un entrecruzamiento caprichoso y liado de cadenas a modo de ovillo de lana. Un aporte de calor a la estructura permite que ésta pueda separarse y resbalar unas sobre otras.

Las materias termoplásticas son las más utilizadas y el procedimiento más empleado para la fabricación de objetos es el moldeo por inyección, efectuado por medio de prensas automáticas que permiten una gran producción. Las temperaturas para lograr la fusión oscilan entre 150 y 260°C y las presiones entre 150 y 1200 kg/cm².

Los plásticos, de manera similar a los metales o al vidrio (prensado, laminado, etc.), superan en muchos aspectos a las materias naturales que sustituyen y tienen cada día más aplicaciones en el hogar moderno, en las instalaciones industriales y hasta en Astronáutica. Los más empleados son las resinas vinílicas, el cloruro de polivinilo, los polietilenos, los poliestirenos, las siliconas, las poliamidas, los poliuretanos, los polipropilenos, las resinas acrílicas y los poliésteres.

Muchas de las materias plásticas adoptan una consistencia de espuma, rígida o flexible y de gran ligereza, de 15 a 30 kg/cm³, cualidad que es imposible lograr con materiales naturales. La fabricación con poliuretano se obtiene por mezcla de varios componentes líquidos y se utiliza frecuentemente como relleno.

II.2. Estructura y propiedades de los polímeros.

Es muy claro y necesario entender los aspectos importantes por los cuales son utilizados los diferentes tipos de polímeros, existentes en la industria del plástico. Y más que aspectos son características esenciales, propiedades y estructura así como su relación entre ambas, con las que deben contar estos materiales para obtener su desarrollo adecuado en su aplicación.

Los polímeros no sólo están relacionados con su naturaleza química, sino también con factores tales como la distribución de longitudes de cadena, la naturaleza y cantidades de aditivos, como pueden ser las cargas, refuerzos y plastificantes, por nombrar algunos de ellos. Estos factores modifican en alguna medida prácticamente todas las propiedades de los polímeros tales como la dureza, la inflamabilidad, la resistencia a la intemperie, la resistencia química, las respuestas biológicas, apariencia, facilidad de teñido, punto de reblandecimiento, propiedades eléctricas, rigidez, duración de su flexibilidad, retención de humedad. Cierta número de propiedades físicas de los polímeros cambian conforme pasan por la transición vítrea, de manera muy parecida a como lo hacen al cambiar de estado. La transición vítrea es, de manera similar, el resultado de un cambio en la cantidad de movimiento molecular, aunque no hay un calor latente y la transición no puede estimarse realmente como un cambio termodinámico verdadero. Sin embargo, existen cambios observables en las propiedades térmicas, como el calor específico y el coeficiente de expansión.

Si de esta manera comparamos el polipropileno con el polietileno de alta densidad se observa un efecto interesante de la diferencia entre los coeficientes de expansión térmica. Estos dos polímeros son parientes cercanos en cuanto a propiedades físicas, químicas y realmente compiten por los mismos usos.

A continuación se muestra la tabla 2.2, que nos da algunas relaciones entre propiedades y estructura.

Además, en la mayor parte de los plásticos la deformación progresiva se manifiesta claramente ya a la temperatura ambiente. Donde mejor se observa esto es en los termoplásticos, pero ocurre igualmente en los materiales termoestables. Esto evidencia una relación mucho mayor entre las propiedades mecánicas, tiempo y temperatura que la acostumbrada entre materiales metálicos, en especial el acero.

Estructura	Aumento de la cristalinidad	Aumento de los enlaces cruzados	Aumento del peso molecular	Aumento de la distribución de pesos moleculares	Adición de grupos rígidos de la cadena principal
Propiedad					
Resistencia a la abrasión	+	+	+	-	-
Fragilidad	-	M	+	+	+
Resistencia química	-	V	+	-	+
Dureza	+	+	+	+	+
T _g	+	+	+	-	+
Solubilidad	-	-	-	0	-
Resistencia a la tracción	-	M	+	-	+
Tenacidad	-	-	+	-	-
Rendimiento	+	+	+	+	+

Tabla. 2.2. Relación existente entre las propiedades y la estructura de los polímeros
 += aumento de la propiedad; 0= efecto nulo o despreciable; - = disminución de la propiedad;
 M= la propiedad tiene un máximo; V= resultados variables dependientes de la temperatura y muestra particular.

No sólo las propiedades mecánicas, sino también el resto de las físicas se modifican de modo análogo con las condiciones del medio ambiente. Esto se puede observar cuando las cadenas moleculares de un polímero son desplazables entre sí, con tanta mayor facilidad cuanto más elevada es la temperatura. Para ello solo se necesita, en el intervalo de reblandecimiento, una pequeña fuerza para que dicho desplazamiento tenga lugar con rapidez. Sin embargo, cuanto menor sea la temperatura, o bien, cuando más congelado este el plástico, mayor será la fuerza que ocasione el desplazamiento determinado o más se tardará en alcanzar un cierto desplazamiento con una fuerza constante.

Al tratamiento de las propiedades mecánicas éstas se dejan influenciarse fuertemente por el contenido de humedad. El grado en que la humedad del medio ambiente modifica el carácter de resistencia de los plásticos, depende de su propensión a absorber humedad.

A continuación se muestra la tabla 2.3, la cual da algunas características de diversos polímeros en cuestión a sus propiedades mecánicas.

Propiedad	Densidad	Módulo de	Resistencia	Temp. Transición	Temp. de	Temp. de
Polímero	ρ (g/cm ³)	elasticidad EX 10 ³ (kg/cm ²)	R (kg/cm ²)	vítrea °C	deformación bajo carga °C	fusión T _m °C
PEHD (polietileno de alta densidad)	0.92	1-2.6	100-170	-130	85-100	100-115
PEAD (polietileno de baja densidad)	0.94-0.96	5.6-10.0	210-380	-130	110-125	135-140
PP (polipropileno)	0.90	11-18	340-400	-10	135-150	165-170
PVC (cloruro de polivinilo rígido)	1.35-1.5	25-42	450-600	81	80-100	150-190
PVC (cloruro de polivinilo)	1.1-1.7	0.2	100-250	-	100-120	160-200
PS (poliestireno)	1.05-1.07	27-34	420-560	100	85-100	140-200
PMMA (acrílico)	1.17-1.20	29-33	500-800	105	110-125	200-250
SAN (estireno acrilonitrilo)	1.07	30-35	650-750	-	85-105	180-230
Nylon 6	1.13	30-35	600-800	50	170-190	215-220
Nylon 6.6	1.14	35-40	700-900	50	150-190	265-270
Nylon 6.10	1.09	10-22	600-800	40	90-120	220-225
Nylon 11	1.05	3-13	600-700	35	85-100	185-190
PET (tereftalato de polietileno)	1.32	23-25	900-1500	70	200-230	250-260
PC (policarbonato)	1.20	22-25	700-1000	150	125-140	255-265
POM (acetato)	1.42	30-34	700-1000	75	125-140	170-180
PP (óxido de polifenileno)	1.06	25-28	800-1200	90	140-150	260-265

Tabla 2.3. Propiedades mecánicas de los polímeros.

Los polímeros, sin embargo, se comportan de manera diferente; se deforman mucho y su respuesta no es lineal. Si se conserva el esfuerzo, se incrementa gradualmente la deformación, lo cual se puede observar en el diagrama 1, que es el siguiente:

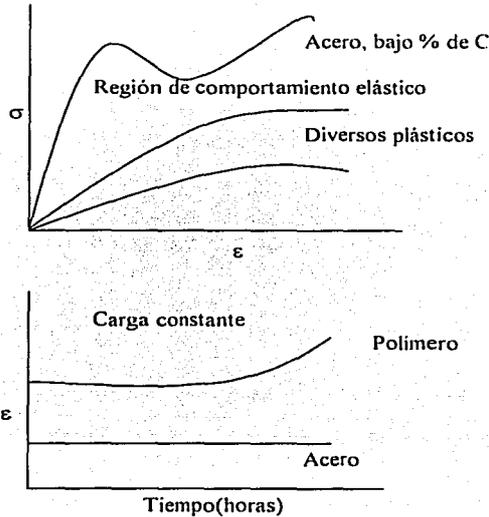


Diagrama 1. Esfuerzo-Deformación

Una consecuencia del comportamiento en la deformación permanente es que el módulo de elasticidad del material tampoco es constante, sino que decrece durante el tiempo que se aplica la carga, o sea, el esfuerzo y la deformación.

Cuando se pretende, por ejemplo, considerar el efecto del tiempo, habrá que procurar que la temperatura de ensayo se mantenga dentro de unos límites relativamente estrechos. Normalmente los valores de resistencia se presentan como valores de orientación a 20°C y son aplicables a los llamados ensayos de corta duración en los que la velocidad del esfuerzo está fijado por la norma correspondiente.

Las anteriores consideraciones son aplicables a las pruebas de tracción, en las que todavía se dispone de cierto periodo de tiempo para la deformación, es decir, para determinar la resistencia a la tracción, a la flexión, a la compresión y al corte y en los ensayos derivados de éstos.

Sin embargo, el módulo de elasticidad no puede calcularse, sin más, a partir de los ensayos de tracción o flexión, por algún método semejante al empleado en el acero, pues

dicho módulo es igual que en la fundición gris y en los metales no férreos, dependientes de la magnitud de la carga y del tiempo que dura la aplicación de la misma por presentarse una fuerte tendencia a deformación plástica lenta.

Ligado con esto, tenemos que la medida de la dureza es un método muy rápido y cómodo para tener una primera orientación acerca del comportamiento en cuanto a la resistencia, no se renuncia a este ensayo en los plásticos. Como cuerpo de penetración se utiliza preferentemente la esfera, en el ensayo Brinell. El diamante Vickers sólo es apropiado para resinas muy homogéneas sin carga, a causa de su pequeña superficie de penetración; en medidas sobre capas delgadas y con fuerzas pequeñas, le sustituye generalmente el diamante Knoop, no con aristas, sino con una punta esférica, con la que se abarca una zona superficial algo mayor. Es importante, sin embargo, en todas las medidas de dureza considerar el tiempo de carga y la deformación.

Los plásticos, son particularmente sensibles a los choques y a la percusión. Los ensayos de este tipo suministran, por tanto, valores característicos importantes, sobre todo porque, a consecuencia de las altas velocidades con que se aplican los esfuerzos, se eliminan también la deformación plástica, y los valores calculados son independientes prácticamente del tiempo.

Afortunadamente hoy en día se realizan cada vez más investigaciones sistemáticas sobre esfuerzos permanentes. El mayor gasto de tiempo, frente a los ensayos de corta duración se compensa muchas veces por el escaso costo instrumental, pues, por ejemplo, para la verificación de probetas no se precisa máquina de tracción alguna, pudiéndose operar con una simple carga por resortes o con pesos suspendidos.

También es importante en este aspecto seguir durante un tiempo suficientemente largo el curso del alargamiento en relación con el tiempo, ya que a menudo, después de un período muy largo, vuelve a variar la velocidad a variar la velocidad de alargamiento.

II.3. Aspectos reológicos.

Bingham, que algunos han llamado el padre de la reología moderna, denominó reología a la rama de la ciencia que se dedica al estudio de la deformación y el flujo de los materiales. El prefijo rheo viene de la palabra griega "rheos", que significa corriente o flujo. El estudio de la reología incluye dos ramas de la mecánica muy distintas denominadas mecánica de sólidos y mecánica de los fluidos. El químico dedicado a los polímeros trata normalmente con materiales viscoelásticos que se comportan como sólidos y como fluidos.

Las propiedades reológicas de los plásticos de ingeniería se determinan tanto en el estado sólido como en el fluido; el comportamiento del flujo es importante para el diseño de partes plásticas y moldes; afecta también la formación de líneas en las que se concentran esfuerzos internos, llenado del molde y las condiciones necesarias de procesamiento.

El comportamiento reológico de un material queda definido cuando se conocen las relaciones existentes entre las tensiones aplicadas y las deformaciones producidas.

Simplificando el análisis, se van a considerar seguidamente y por separado dos casos elementales que permiten un más profundo conocimiento de las propiedades mecánicas de los polímeros industriales, el comportamiento de los materiales sólidos sometidos a esfuerzos normales y el de los materiales líquidos sometidos a esfuerzos cortantes.

Por otro lado, tenemos que las técnicas de transformación de los materiales termoplásticos, tales como la inyección, la extrusión, el soplado, el conformado en caliente, etc., implican el reblandecimiento o fusión del material, su flujo en estado fundido hasta adquirir la forma deseada y su enfriamiento y consolidación. El conocimiento de los parámetros y de las leyes que regulan el flujo de los materiales termoplásticos permite actuar de manera más adecuada en los procesos de transformación y en la calidad de los objetos producidos.

Las propiedades elásticas de los plásticos se ponen de manifiesto en la existencia de un límite de fluencia a esfuerzos cortantes por debajo del cual sólo se producen deformaciones elásticas; a mayores tensiones el material fluye, reduciéndose la viscosidad a medida que aumenta la velocidad de deformación. La pérdida de viscosidad que se produce en los termoplásticos al aumentar la velocidad de deformación y/o con el transcurso del tiempo puede ser justificada por un cambio en la conformación molecular del polímero.

Cuando se hace fluir un polímero fundido, las macromoléculas que le constituyen están obligadas a deslizar unas con respecto a otras, sin ningún intermedio. La facilidad de este movimiento depende de la movilidad de los segmentos de las cadenas moleculares, de la intensidad de las fuerzas intermoleculares y del grado de entrelazamiento existente entre ellas.

Se ha observado experimentalmente que la velocidad crítica de deformación aumenta al aumentar la temperatura y disminuye al aumentar el peso molecular. Las deformaciones viscosas aumentan rápidamente con la temperatura, mientras que las deformaciones elásticas lo hacen mucho más lentamente. Así, la componente de deformación elástica tiende a ser más importante a temperaturas de transformación bajas que a temperaturas altas. Es decir, en los materiales de alto peso molecular, los efectos elásticos son relativamente más importantes que en los de bajo peso molecular.

11.4 Procesos de manufactura de los plásticos.

La tecnología de la transformación o procesado de polímeros tiene como finalidad obtener objetos o piezas de formas predeterminadas y estables, cuyo comportamiento sea adecuado a las aplicaciones a las que están destinados.

Los polímeros termoplásticos suelen trabajarse previamente fundidos o reblandecidos por efecto simultáneo de la aplicación de calor, presión y esfuerzos de corte. Algunos materiales termoplásticos se degradan si permanecen mucho tiempo a temperaturas relativamente altas, a las que hay que mantenerles para que su viscosidad no dificulte su flujo a través de boquillas o hileras de muy pequeña sección, como es el caso del hilado de ciertas fibras sintéticas.

Sin embargo, para facilitar el estudio de los procesos de transformación se pueden clasificar de la siguiente manera:

Procesos para termoplásticos.

- Extrusión
- Inyección
- Soplado
- Termoformado
- Calandreo
- Inmersión

Procesos para termofijos.

- Laminado
- Transferencia
- Embobinado con filamento continuo

Procesos para termoplásticos y termofijos.

- Vaciado
- Rotomoldeo
- Compresión

Aunque existe un número mayor de procesos de moldeo de plásticos, los anteriores se pueden encontrar con más frecuencia.

Otra clasificación de los procesos de transformación se basa en los cambios del estado que sufre el plástico dentro de la máquina. Así, podemos encontrar la siguiente división:

Procesos primarios: aquí el plástico es moleado a través de un proceso térmico donde el material pasa por el estado semilíquido y finalmente se solidifica.

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

Procesos secundarios: en éstos se utilizan medios mecánicos o neumáticos para formar el artículo final sin pasar por la fusión del plástico.

- Termoformado
- Doblado
- Corte
- Torneado
- Barrenado

La primera operación del procesado de los plásticos consiste en la mezcla y preparación de los componentes del material, según sea el proceso a seguir, que posteriormente se va a transformar mediante cualquiera de las técnicas ya mencionadas que a continuación se describen.

Extrusión:

La extrusión es un proceso por el cual el material termoplástico es forzado a fluir continuamente en estado fundido a través de una hilera o boquilla, al aplicarle presión y calor, a su salida el material ya conformado es recogido por un sistema de arrastre, con velocidad regulable, que le proporciona las dimensiones finales mientras se enfria y adquiere la necesaria consistencia, fig. 1. La extrusión se emplea normalmente para producir varillas, láminas, tubos, recubrimientos de cables, etc., a partir de granza o polvo.

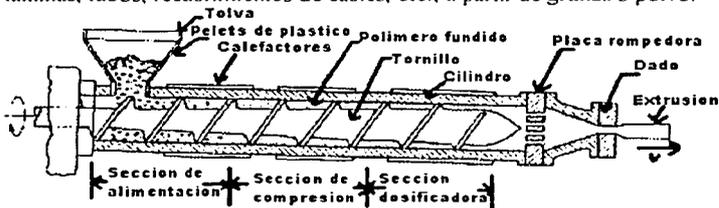


Fig. 1. Proceso de extrusión.

Moldeo:

La fabricación de piezas mediante moldes que les proporciona la forma deseada es una de las técnicas más generalmente utilizadas para los materiales termoplásticos, termoendurecibles y elastómeros.

La modalidad más sencilla y antigua es la de molde por compresión, según la cual una cierta cantidad de peso o volumen del polímero, generalmente precalentado, se introduce, en forma de polvos, de gránulos o de pastillas precalentadas, en la cavidad de un molde hembra, en el que es comprimido a presiones de 100-600 atm. Mecánicamente por un contramolde macho mientras que, mediante un sistema de calentamiento, se reblandece el material, con lo que llega a tomar la forma de la cavidad. Seguidamente se refrigera, se abre el molde y se extrae la pieza moldeada, fig. 2.

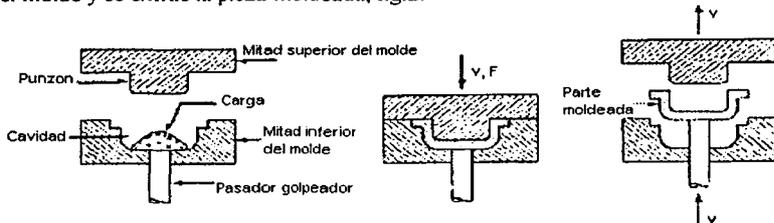


Fig.2. Proceso de moldeo para termoplásticos, termoendurecibles y elastómeros.

Molde por inyección:

En esta modalidad del moldeo el material termoplástico, en estado fundido y homogenizado, es inyectado en un molde y, transcurrido un cierto tiempo para que se enfríe y solidifique, se abre el molde y se extrae el objeto terminado, se muestra en la fig. 3.

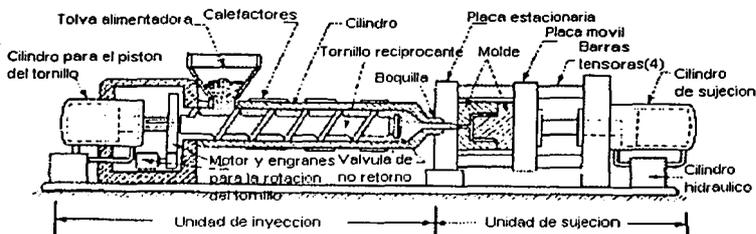


Fig.3. Proceso de moldeo por inyección.

El ciclo de producción cuenta de ocho fases, se observan en la fig. 4, y se mencionan a continuación:

1. Cierre del molde
2. Avance del grupo de inyección.
3. Inyección del material en el molde.
4. Mantenimiento de la presión.
5. Refrigeración y solidificación del objeto.
6. Retroceso del grupo de inyección.
7. Plastificación del material para el ciclo siguiente.
8. Abertura del molde y expulsión del objeto.

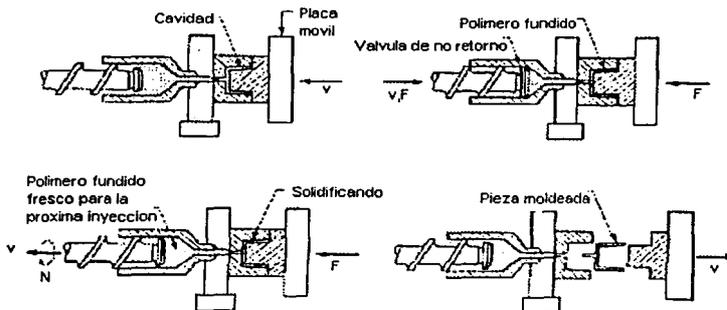


Fig.4. Ciclo de producción en el moldeo por inyección.

Moldeo por soplado:

Esta técnica se aplica muy ventajosamente a la producción de objetos huecos tales como botellas y frascos, fig. 5. Consiste fundamentalmente en la extrusión intermitente de un tubo de longitud determinada que se aprisiona por dos semimoldes. Mediante la inyección de aire comprimido en el interior del tubo, el material que lo constituye se aplasta contra las paredes del molde, adoptando su forma, y enfriándose seguidamente. El molde se abre, expulsa el objeto y vuelve a introducirse otro tramo del tubo, que sufre el mismo ciclo. En términos generales, los 2/3 del tiempo que dura el ciclo se emplea en el enfriamiento de la pieza conformada contra las paredes del molde.

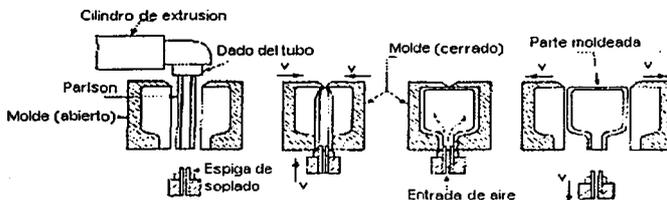


Fig.5. Proceso de moldeo por soplado

Los elementos que constituyen un equipo de moldeo por soplado son: la extrusora, el cabezal y el molde.

Moldeo centrifugo:

En este método se introduce cierta cantidad de polímero fundido en un molde rotativo, que gira alrededor de su eje de simetría, con lo que el material se adapta a la superficie del molde cilíndrico, enfriándose seguidamente y siendo expulsado longitudinalmente. Se utiliza para la producción de piezas cilíndricas de gran diámetro.

Calandrado:

El calandrado es un proceso de transformación de materiales termoplásticos y elastómeros para la fabricación de láminas y placas continuas, consiste en hacer pasar el material previamente plastificado entre tres o más cilindros, que proporcionan una lámina bruta, que luego se refina y ajusta en otra serie de cilindros de calibración, enfriamiento, corte y recogida, como se muestra en la fig.6. Mediante calandrado se pueden conseguir diferentes tipos de acabados superficiales; brillante, mate y difuminado, dependiendo del recubrimiento del último rodillo previo a la etapa de enfriamiento final.

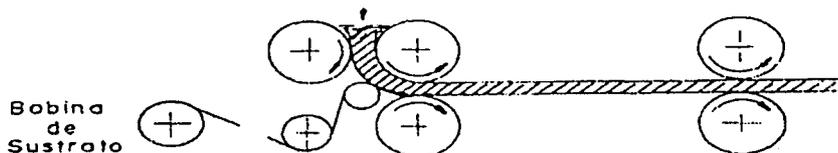


Fig.8. Proceso de calandrado.

Termoconformado:

En esta técnica de transformación de los materiales termoplásticos se parte de materiales semielaborados en forma de películas o láminas que se reblandecen por efecto de calor y se adaptan contra un molde mediante presión de aire, vacío o mediante un contramolde. Es el procedimiento más generalmente adoptado para la fabricación de piezas moldeadas de gran superficie, de paredes delgadas y en series que no necesariamente deben ser muy grandes, que adelante se observa en las figuras correspondientes.

Tres son las variantes principales del proceso:

- Conformado en vacío.

La lámina, previamente precalentada hasta alcanzar la plasticidad necesaria, queda sujeta mediante una brida a la caja del molde y a continuación se hace el vacío. La presión atmosférica adapta la hoja contra las paredes del molde; allí se enfría lo suficiente para conservar su forma y seguidamente se extrae. Se observa en la fig. 7.

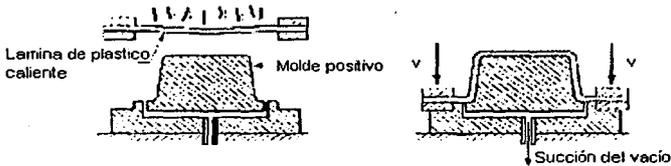


Fig.7. Proceso de conformado a vacío.

- Conformado a presión.

Similar al anterior, pero usando aire comprimido confinado en una cámara que se adapta a la brida de soporte de la lámina, lo podemos ver en la fig.8. Aunque algo más complicado que el anterior, permite controlar mejor la variación de presión con el tiempo, y sobre todo, aplicar presiones superiores a la atmosférica.

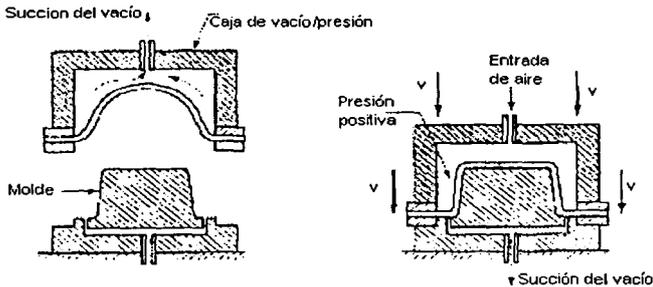


Fig.8. Conformado a presión.

-Conformado mediante moldes adaptados.

Como lo indica su nombre, la hoja precalentada se aprisiona entre dos moldes calientes, positivo y negativo, que se adaptan al material proporcionando la forma en sus dos caras, enfriándose a continuación, y una forma de describirlo es mediante la fig. 9.

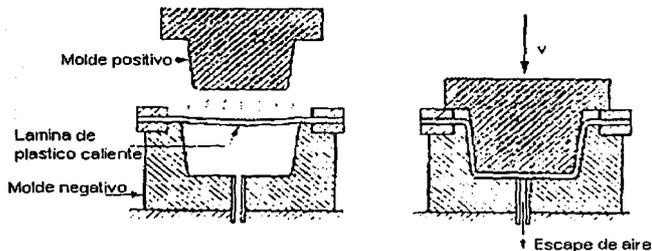


Fig. 9. Conformado con moldes adaptados.

Con lo desarrollado hasta el momento en este capítulo, se logra una semblanza teórica con la que se puede comprender la manera en la cual se desarrollan los polímeros de acuerdo a sus principios, tomando en cuenta sus procesos de manufactura.

III. MOLDEO POR INYECCIÓN

Se puede observar que el proceso de moldeo por inyección es demasiado amplio, por lo que es recomendable, familiarizarse tanto con el proceso como con la misma máquina que lleva a cabo dicho proceso.

Con ello entender el procedimiento básico del moldeo y las partes fundamentales de una máquina que lleva a cabo dicho proceso.

III.1. Moldeo.

Cuando se aplica calor a un material termoplástico para fundirlo, se dice que se plastifica. El material ya fundido o plastificado por calor puede hacerse fluir mediante la aplicación de presión y llenar un molde donde el material solidifica y toma la forma del molde. Este proceso se conoce como moldeo por inyección.

III.1.1. Procedimiento básico.

El trabajo del moldeo por inyección, reside en el ahorro del material, espacio de fabricación y tiempo de producción, pese a los costos de instalación, moldes y producción. La masa plástica, procedente de la boquilla, llena el molde de inyección que se encuentra cerrado, manteniéndolo frío o con una temperatura inferior a la de solidificación del plástico, y allí se solidifica, como pieza moldeada. La facilidad con que se trabaja termoplásticamente una masa en la máquina de inyección, depende, al igual que en el caso de la extrusión, de la temperatura y del tiempo que ésta actúa.

Las máquinas de inyección constan de dos partes claramente diferenciadas: unidad de inyección y unidad de cierre. En ciertas ocasiones, cuando el tiempo de enfriamiento es suficiente largo, puede disponerse una unidad de inyección que se acopla a varias unidades de cierre, con lo que aumenta la productividad de la máquina.

A) La unidad de inyección:

En general, abarca el dispositivo de aportación de material, los elementos mecánicos para la plastificación del mismo y el accionamiento del embolo eyector. Por otro lado, la unidad de inyección de una máquina tiene que ser tal que permita una adaptación de las funciones a las exigencias de la producción. La amplia escala de las materias termoplásticas disponibles y sus diversas propiedades de elaboración hacen problemático encontrar un diseño para una máquina universal, bajo el aspecto de las diversas tareas de producción, cuyo rendimiento no sea inferior al de la máquina especial para un solo uso.

B) La unidad de cierre:

Las unidades de cierre constan de las dos partes del molde sujetas mediante piezas portamoldes y ciertos mecanismos, generalmente hidráulicos, que tienen por misión su apertura y cierre. Estos mecanismos tienen que ser suficientemente robustos para resistir la presión del material en la etapa final de la inyección.

III.1.2. El molde o herramienta.

Los moldes de las máquinas de inyección constan esencialmente de dos mitades que se fijan respectivamente a los platos portamoldes del sistema de cierre. Lo más característico es su sistema de alimentación, que permite la llegada del polímero fundido a las cavidades de moldeo desde el bebedero, este es un orificio troncocónico al que se une a presión la boquilla de inyección y que da paso al polímero fundido a uno o varios canales de alimentación; normalmente el bebedero se sitúa en el centro del molde.

La geometría, tamaño y disposición de los canales de alimentación son muy importantes para la calidad de las piezas y la sencillez de operación. Debe procurarse que la presión del material ya fundido y las cavidades se llenen uniforme y simultáneamente.

Las entradas de los canales a las cavidades de moldeo se hacen de sección mucho más pequeña que la del canal. Así se facilita la extracción de la pieza durante el desmoldeo y la marca que queda en ellas es pequeña. Las superficies de las cavidades deben estar bien acabadas, si es que se requiere un buen aspecto superficial en la pieza. Las dimensiones de las piezas deberán ser superiores a las de la cavidad que se presenta en el molde, debido a la contracción que se produce al solidificar el polímero.

Los moldes se refrigeran mediante la circulación de agua por unos canales que van sólo por la mitad fija del molde y el portamoldes de la parte móvil.

Los extractores, ya sean espigas, placas o manguitos, se disponen normalmente en la parte móvil del molde, con el fin de aprovechar la carrera de apertura para su actuación.

III.2. Ciclo de moldeo.

Existen varias formas de describir este ciclo, y aquí se explicara de alguna forma superficial pero comprensible este aspecto cuyo propósito se encuentra inmerso en el contenido que a continuación se menciona:

El tiempo necesario para realizar en ciclo completo de moldeo es un factor importante de la producción. A este tiempo se le conoce como ciclo de moldeo. Para estudiar el ciclo de moldeo se puede dividir en ciertos pasos, como se describen enseguida:

- 1) Tiempo muerto, durante el cual avanza el pistón pero aún no se lleva a cabo la inyección.
- 2) Tiempo de llenado.
- 3) Tiempo de enfriamiento.
- 4) Tiempo con el molde abierto.

Por otro lado, existe un criterio llamado aceptabilidad, es el que nos indica de acuerdo a los criterios de diseño de un producto, lo adecuado a aplicar en cuanto a sus funciones, el cual nos permite un mejor desarrollo del ciclo de moldeo. El criterio de aceptabilidad inevitablemente dependerá del tipo de pieza que se desea moldear y de la

aplicación a que se destinará. Además de que dicho criterio en ocasiones estará sujeto a las siguientes circunstancias:

- * La pieza moldeada debe presentar una rigidez por encima de un valor mínimo.
- * No haya problemas en la extracción de la pieza desde la cavidad.
- * Los defectos de la pieza sean mínimos y desde luego estén por debajo de un patrón
- * La pieza produzca con fidelidad la forma de la cavidad de moldeo.

La secuencia de operación para producir piezas moldeadas por inyección es como se da a continuación, mostrándolo en la fig. 10.

-El molde esta cerrado. En esta etapa se encuentra vacío. La unidad de inyección está llena de material fundido.

-Se inyecta el material. La válvula abre y el tornillo fuerza el paso del material fundido por la boquilla hacia el molde.

-Etapa de retención, donde se mantiene la presión mientras el material se enfría para evitar la contracción. Una vez que se inicia la solidificación, puede eliminarse la presión.

-La válvula cierra y se inicia la rotación del tornillo. La presión se aplica a la boquilla cerrada y el tornillo se mueve hacia atrás para acumular una nueva carga de material fundido frente a él.

-Mientras tanto, la pieza moldeada se enfría en el molde, cuando está lista, la prensa y el molde se abren y se bota la pieza moldeada.

-El molde cierra de nuevo y se repite el ciclo.

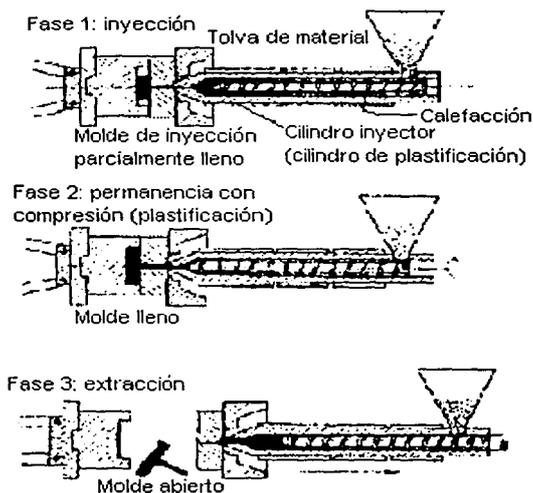


Fig.10. Secuencia de operación en un ciclo de moldeo por inyección.

III.3. Máquina de inyección.

Anteriormente se nombraron las partes fundamentales de la máquina de inyección, para su proceso, y en éste se describen más profundamente ampliando conceptos de gran interés para el moldeo, como son la boquilla, presión de inyección y el molde, como parte esencial de este trabajo.

III.3.1. La unidad de inyección.

La descripción de la unidad de inyección, se dio anteriormente, por lo cual aquí se atenderán algunos aspectos no planteados, como son las partes fundamentales de esta unidad.

Por un lado, tenemos que la unidad de inyección se encuentra dividida en los siguientes elementos.

Tolva de alimentación
El sistema de dosificación
Plastificación e inyección

La tolva de alimentación es la que se conecta mediante un conducto al cilindro donde tiene lugar la plastificación. La técnica de moldeo con alimentación controlada consiste en alimentar el material granular delante del émbolo de inyección en una cantidad tal que, exactamente cuando el émbolo de inyección alcanza el final de su carrera hacia delante, todas las cavidades del molde terminan de llenarse. Estas partes se ven claramente en la figura 11.

El sistema de dosificación admite la cantidad necesaria de resina, la reblandece o funde y la inyecta en el molde a través de una boquilla que abre una válvula de descarga dispuesta en su extremo. Al desacoplar la boquilla, la válvula se cierra automáticamente.

Además, suponiendo que la distribución de temperatura en la máquina y el molde es constante a lo largo del tiempo, para que el material salga siempre con el mismo grado de plastificación, es preciso que se caliente durante el mismo espacio de tiempo y para conseguir esto debe entrar en la máquina en cada ciclo, exactamente la misma cantidad que sale, pues de otro modo la calidad de producción de pieza a pieza no sería uniforme. Por esta razón es preciso dosificar la cantidad de material que entra por la tolva y lograr un mezclado con la mayor exactitud posible.

Si el molde se llena con demasiada cantidad de material se producen piezas con grandes tensiones e incluso se corre el riesgo de rotura de las columnas de la prensa si no se advierte a tiempo el exceso de dosificación; las piezas moldeadas son difíciles de extraer de las cavidades y al extraerlas pueden presentar un gran porcentaje de roturas.

Al mismo tiempo el diseño de esta unidad debe evitar la posible formación de zonas muertas o estancas en el flujo del polímero fundido, en cuyas zonas pudiera descomponerse el polímero debido a estar sometido durante un prolongado tiempo a temperaturas

excesivamente altas; finalmente, este cambiador de calor debe ser capaz de resistir las altas presiones internas necesarias para realizar la inyección del polímero fundido.

La plastificación mediante el husillo proporciona una fusión regular y homogénea y posibilita un llenado del molde a presiones más bajas, combinando el movimiento giratorio con su desplazamiento longitudinal.

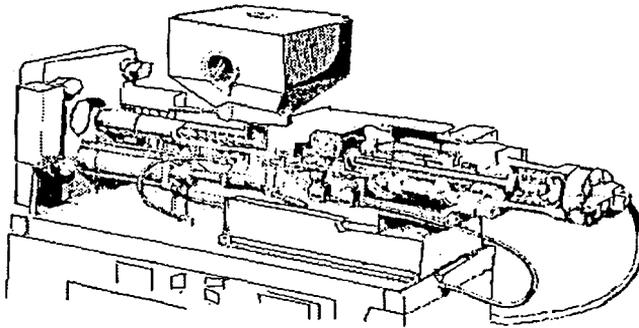


Fig.11. Unidad de inyección.

III.3.2. Boquilla.

La boquilla conecta las dos mitades de la máquina para dejar pasar el material fundido desde la etapa de plastificación hacia el molde. Mediante las boquillas de inyección, se establece la conexión con el molde, para dirigir el material termoplástico al bebedero. Las boquillas se fijan a la parte anterior del cilindro de la parte correspondiente a la inyección mediante rosca o también mediante un perfil de bayoneta. Este último ofrece la ventaja de un rápido cambio de boquilla y permite en muchos casos el desmontaje del émbolo hacia adelante.

Ésta dependerá esencialmente del tipo de polímero con el que se desea trabajar al igual que el diseño del molde, con el fin de conseguir piezas de buena calidad. Y sus factores importantes son la forma, acabado superficial interno, tamaño del barreno y la temperatura a la que se trabaja.

Además, la boquilla debe presentar una banda de calefacción, debido a que existen algunos materiales plásticos que pueden solidificarse en esa zona del equipo antes de ser inyectados, creando una obstrucción. Las boquillas de inyección, de alguna manera deben presentar una forma convexa con radio de curvatura que debe coincidir con el de la cavidad receptora del bebedero al molde. En las imágenes siguientes, fig 12, se podrán observar algunas formas de cómo se pueden disponer las boquillas.

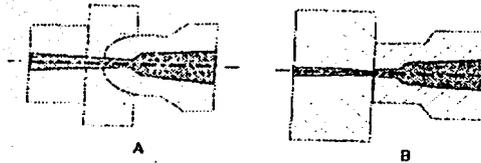


Fig.12. Formas y acoplamientos de la boquilla.

En la primera figura existe una disposición de la boquilla de manera adecuada, con lo que ya se mencionó acerca de la curvatura de radio, igualmente se tiene una boquilla con punta plana las cuales usualmente se emplean cuando los moldes tienen sistemas de colada caliente y no es frecuente su utilización en aplicaciones convencionales el proceso de colada fría. En la figura de lado derecho tenemos la disposición de tres boquillas, de las cuales las dos primeras que se encuentran en la parte superior no son correctas, sin embargo la tercera, localizada en la parte inferior, es la forma más correcta de la colocación adecuada de una boquilla.

Por otro lado, el orificio de la boquilla es igualmente importante ya que debe ser menor, pero muy semejante al orificio del bebedero. Si llegase a ocurrir lo contrario, el plástico encontrará restricciones para fluir hacia el interior del molde; presentando sobrecalentamiento y posible degradación.

III.3.3. Unidad de cierre o prensa.

Dentro de esta parte, debemos tener en cuenta que un perfecto cierre del molde tiene una gran importancia sobre la calidad de la pieza moldeada y puede hacer innecesarias operaciones secundarias de desbarbado de los artículos producidos. Al diseñar el molde debe darse la debida consideración a la fuerza de cierre que depende del área proyectada de las cavidades; la máquina elegida para trabajar con un molde determinado debe tener la suficiente fuerza de cierre.

Suelen existir tres tipos de unidad de cierre:

- *Hidráulico
- *Mecánico
- *Mecánico-Hidráulico

Hidráulico: La acción de cierre requiere la máxima eficiencia y la máxima rapidez; conviene que se haga lo más rápidamente posible hasta un instante antes de que se toquen las dos mitades del molde, y que después se haga más despacio aplicando la máxima fuerza de cierre; de este modo se evitan golpes innecesarios sobre los moldes.

Para conseguir esto las bombas del sistema hidráulico pueden dar o bien un gran caudal de fluido a mediana presión o bien un pequeño caudal a gran presión. Las ventajas que ofrece junto con su sencillez, la elevada fuerza de cierre que puede desarrollar que es constante en toda la carrera del pistón de cierre y que el pistón hidráulico está lubricado por el propio aceite.

El movimiento de cierre es demasiado lento con este sistema, pues si se quieren grandes fuerzas de cierre hay que usar pistones de gran diámetro que necesitan un gran caudal de fluido para desplazarse.

Mecánico: Estos sistemas solo emplean una acción mecánica para el cierre del molde y han sido más utilizados por fabricantes europeos. El sistema en su forma más sencilla, puede consistir en una palanca, piñón y manubrio o en un tornillo de suficiente diámetro equipado en una palanca. La versión más completa esta constituida por un motor eléctrico que actúa sobre un volante y un cigüeñal para abrir y cerrar los platos de la prensa. Las ventajas de los sistemas totalmente mecánicos están en su sencillez, pequeño costo y rapidez de operación.

Mecánico-Hidráulico: Estos sistemas de cierre son los más empleados en máquinas de pequeño y mediano tamaño. Unas veces el pistón hidráulico está fijo y actúa sobre un elemento central de palanca al abrir o cerrar el molde respectivamente. Las ventajas de los sistemas de palanca estriban en la acción positiva de cierre de éstas, así como en la mayor velocidad de cierre empleando un pistón más pequeño, puesto que se trata de sistemas multiplicadores de fuerza en los que el factor de multiplicación es del orden de 20:1 a 25:1 se comprende que pueden usar pistones pequeños, además, la fuerza relativamente grande que se desarrolla al final de la carrera de cierre va acompañada de una reducción de velocidad del mismo orden, lo que es muy conveniente para evitar golpes cuando se cierra el molde. Quizá un inconveniente de estos sistemas puede estar en la limitación de la carrera de apertura del molde aunque esto no es necesariamente cierto siempre.

III.3.4. Presión de inyección.

La presión de inyección es necesaria determinar en gran parte por la viscosidad del material; los termoplásticos muy viscosos exigen en general el máximo potencial de presión para el llenado del molde. También la velocidad de inyección queda influida por la viscosidad; sin embargo podrá ajustarse teniendo en cuenta la geometría de los caminos de flujo de cada tipo de producción. Desde luego, la presión de inyección P no es la misma que la máxima presión que se desarrolla en las cavidades de moldeo, esta última es bastante menor y puede tener valores solamente del 40% de la presión de inyección (0.4P) y aún menores, dependiendo de la construcción del molde, de las condiciones de moldeo y del polímero a utilizar.

III.3.5. El molde.

Toda la industria de transformación depende de los fabricantes de moldes. Los moldes de buena calidad permiten la producción en serie, un excelente acabado, fácil inyección de piezas moldeadas sin deformación, dimensiones exactas, piezas sin defectos y

limpieza de las piezas a bajo costo después del moldeo. Un buen molde puede dar muchos años de servicio a entera satisfacción. El éxito de cualquier operación de moldeo puede medirse por la perfección del diseño del molde y por la calidad en la construcción del mismo.

Los moldes se desgastan y con frecuencia hay que corregir las dimensiones y volver a pulir tras un largo período de tiempo un servicio continuo. Muchas veces el fabricante del molde se ve obligado a cambiar el diseño de una pieza y a introducir en el molde cambios que son complicados y arriesgados.

Todas las piezas moldeadas se someten a operaciones de acabado después del moldeo. Estas operaciones permiten eliminar entradas, rebabas o aletas. Las entradas unen la pieza moldeada con el resto del material en molde por transferencia y por inyección. Se llama rebaba al exceso de material que se escapa fuera de la cavidad, cuando se cierra un molde de inyección. Recibe el nombre de aleta la parte del material que penetra en las pequeñas ranuras entre las partes móviles del molde. Este exceso de material se elimina de las piezas moldeadas durante la operación de acabado. Para realizar esta operación, a veces se emplean troqueles de punzonado. Estos troqueles eliminan las aletas de los agujeros y de las superficies irregulares. Con otros instrumentos especiales pueden realizarse otras operaciones, tales como llevar las dimensiones, mediante rectificado con muela abrasiva, dentro de unos límites estrechos o taladrar agujeros difíciles de obtener en el moldeo.

En programas de producción importantes, a veces son justificables los enormes gastos realizados en diseñar herramientas especiales que faciliten las operaciones de limpieza y acabado.

III.4. Aspectos del producto.

Para cubrir esta parte es necesario entender de que características depende un producto, que se describirán en este tema, para su mejor empleo y desarrollo como tal.

Cuyas características se explican de acuerdo a su importancia en orden ascendente, desde un punto de vista con criterio ligado, hasta el momento, con los otros temas expuestos.

III.4.1. Fundamentos del material.

Puede considerarse al procedimiento de moldeo por inyección como una fase compuesta por tres componentes:

- La unidad de inyección
- El molde
- El polímero

Dentro de los aspectos del comportamiento del material se incluyen:

*El calentamiento del polímero que se suministra, por la disipación viscosa y por el calor que se suministra externamente.

- * Las viscosidades de los materiales fundidos y el flujo no newtoniano.
- * Los valores de entalpía y viscosidad de los polímeros.
- * El flujo de calor de estado no estacionario durante el enfriamiento de las piezas moldeadas.

Además de que existen parámetros principales para el control del proceso:

- La temperatura del material fundido.
- La temperatura del molde.
- La presión de inyección y la presión de retención.
- La velocidad de inyección.
- La distribución del tiempo para las diversas partes del ciclo del proceso.

III.4.2. Aspectos de diseño.

En lo que respecta a este tema, es preciso describir de manera específica algunos de los aspectos que deberán considerarse para el diseño de molde, sin embargo aquí solamente se darán algunos de todos los aspectos existentes.

Líneas de soldadura: estas se forman donde se encuentran los flujos de polímero y algunas veces pueden evitarse. Si son inevitables las soldaduras, por lo común se pueden mover a una posición de la compuerta. Una vez que el diseño reduce el problema, se puede aplicar el control del proceso para disminuir el efecto. Esto significa asegurar temperatura y presión adecuadas para una buena soldadura.

Una soldadura es siempre una trampa potencial del aire, debido a la convergencia de los frentes de fusión, de modo que en este punto puede requerirse sacar el aire.

Marcas de hundimiento y huecos: Estas fallas de moldeo relacionadas se producen cuando la sección del producto es demasiado gruesa. La parte gruesa retiene calor y se hunde por las fuerzas de contracción.

Quando se requieren secciones gruesas en una pieza moldeada, para darle rigidez, es mejor usar un procedimiento modificado como el moldeo en núcleo de espuma, que evita el problema de hundimiento y de deformación de huecos a la vez.

Concentración de esfuerzos: La consecuencia de las contracciones de esfuerzos en piezas moldeadas con esquinas agudas puede ser por lo común, la fractura, especialmente si el producto soporta carga. Algunas veces es la distorsión, principalmente cuando se usan polímeros reforzados con fibra, especialmente de vidrio.

Selección del polímero: Realmente no es posible obtener una guía completa, en gran parte depende de la experiencia individual y se encuentra que varios polímeros trabajan igualmente bien. Sin embargo, una vez más, al surgimiento de las computadoras hizo posible un diseño por computadora para este problema. Se usan bancos de datos que contienen las propiedades generales, mecánicas, eléctricas, etc., de muchos polímeros.

III.4.3. Viscosidad.

La viscosidad es una propiedad de un fluido, sustancia que cede inmediatamente a cualquier fuerza que tiende a alterar su forma y con lo que fluye y se adapta a la forma del recipiente, que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza. Los fluidos de alta viscosidad presentan una cierta resistencia a fluir, los fluidos de baja viscosidad fluyen con facilidad. La fuerza con la que una capa del fluido en movimiento arrastra consigo a las capas adyacentes de fluido determina su viscosidad.

Además, la viscosidad de un fluido disminuye con la reducción de densidad que tiene lugar al aumentar la temperatura. En un fluido menos denso hay menos moléculas por unidad de volumen que puedan transferir impulso desde la capa de movimiento hasta la capa estacionaria. Esto, a su vez, afecta a la velocidad de las distintas capas. En algunos líquidos, el aumento de la velocidad molecular compensa la reducción de la densidad.

Un objetivo importante de la temperatura y presión de inyección es el llenar el molde con la cantidad necesaria de polímero fundido evitando la aparición de defectos en la pieza moldeada. Así, durante el proceso de inyección, la temperatura se eleva en proporción a la caída de presión que hay conforme el material fundido se mueve a través de los canales, la temperatura aumenta aproximadamente 1°C por IMPa de caída de presión. Además, conforme se presuriza el material fundido, se produce un efecto de la presión sobre la viscosidad. El efecto consiste en incrementar la viscosidad que se observa al enfriarse, o sea, puede considerarse a la presión como una temperatura negativa equivalente. La magnitud es de nuevo del orden de 1°C por IMPa de incremento de presión.

III.4.4. Orientación.

Uno de los aspectos más importantes en el moldeo por inyección es la orientación del polímero al entrar en la cavidad de moldeo y después cuando solidifica. En los productos obtenidos por extrusión, por lo común se desea esta orientación que intensifica las propiedades, pero en el moldeo por inyección es un problema. Entonces lo normal es minimizar la orientación, lo cual a su vez representa un enfriamiento rápido de las piezas moldeadas y la consiguiente congelación de las distribuciones orientadas, esto se realiza mediante un factor económico utilizando ciclos más rápidos.

Existieron asimismo patrones de orientación:

1. Cuando el material fundido entra al molde hay poca orientación conforme el material se pone en contacto con la pared del molde, esto genera una capa de baja orientación.

2. La mayor parte del flujo es laminar y altamente orientado; dentro de la capa delgada aparece una capa de alta orientación.

3. El centro puede estar menos orientado debido a que permanece caliente, aislado por las capas externas que son muy grandes para reconocerse.

III.4.5. Contracción.

Otro aspecto de gran interés para el fabricante de moldes es el de la contracción. Esta es la diferencia de tamaño entre el molde y la pieza moldeada fría. La causa principal es el cambio en densidad que se produce cuando solidifica el polímero. Los polímeros cristalinos, por ejemplo, el acetal, el nylon, el polietileno de alta densidad, el polietilentereftalato y el polipropileno causan los problemas más serios con contracciones desde 1 hasta 4%. Los polímeros amorfos, por ejemplo, el poliestireno, el acrílico y el policarbonato son más tratables, con contracciones de sólo 0.3 a 0.7%.

Los factores de control del proceso incluyen la reducción de la temperatura del molde y el uso de un programa óptimo de inyección, así como de velocidades y presiones adecuadas de retención. Lo mejor es usar la presión máxima para obtener un llenado rápido y mantener alguna presión de retención hasta que el material solidifique en la compuerta, esto también evita algunas otras fallas.

III.4.6. Perfil de inyección.

Esta parte debe contar con lo siguiente:

- *Llenar rápido el sistema del canal de alimentación y bebedero.
- *Retardar para evitar que haya chorros a través de la compuerta.
- *Una vez que se empieza a llenar la cavidad principal, incrementar de nuevo la velocidad que esté llena.
- *Disponer de posteriores variaciones de la velocidad para equilibrar los núcleos u otros estrechamientos en el molde.

Con las consideraciones tomadas en cuenta en esta parte, se ha descrito el proceso de inyección que asimismo permite ampliar los conocimientos sobre este proceso, en todas y cada una de sus partes fundamentales, como se verá más adelante se desglosa la cuestión de suma importancia, el molde tanto en su descripción como en su diseño, como parte esencial en el presente proyecto.

IV. MOLDE

IV.1. Aspectos generales:

Por lo general, el material, la forma del artículo y la máquina que se utilizará para la elaboración, se indican previamente al fabricante del molde. Y la construcción del molde tiene que adaptarse a estas tres particularidades, para conseguir la calidad deseada de las piezas inyectadas, aunque debe tenerse en cuenta la rentabilidad.

Una manera sencilla de conocer la aplicación y desarrollo de un molde de inyección es tomar en cuenta sus factores más sobresalientes que los caracterizan, en el proceso. Estos términos, que en un momento se mencionarán, se desarrollan en este capítulo permitiendo establecer una claridad en su descripción.

IV.1.1. Nomenclatura y componentes.

La nomenclatura de un molde de inyección es la que se muestra en la fig. 13 que a continuación se muestra:

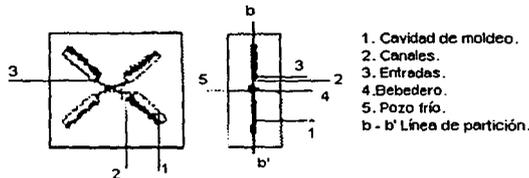


Fig.13. Nomenclatura elemental de un molde.

Los componentes básicos de un molde son los que a continuación se describen:

Cavidades: son aquellas que están formadas en la placa portacavidades y es lo que nos proporciona la forma externa de la s piezas a fabricar.

Placa portacavidades y elementos de fijación: en la placa se va a encontrar ubicada la forma de la pieza a producir. En cuanto a los elementos de fijación se encuentran lo que son tornillos, columnas, bujes, etc.

Sistema de alineación de las partes del molde: es aquel que nos permite un acoplamiento adecuado entre las dos partes del molde, sin que exista un desfaseamiento entre ambas partes.

Sistema de alimentación: este sistema pone en comunicación la tobera de la máquina con las cavidades de moldeo, permitiendo el flujo de polímero hasta dichas cavidades.

Sistema extractor: es un sistema que realiza el trabajo de expulsar la pieza del molde después de cierto tiempo, y los sistemas más utilizados son: A)expulsores o botadores, B)Placa expulsora.

Sistema de refrigeración: como en los materiales termoplásticos es preciso que el material plástico caliente se enfríe al entrar al molde, es necesario un sistema de refrigeración para efectuar esta tarea, y éste consiste en refrigerar y mantener el molde a una temperatura adecuada para el proceso.

IV. 1.2. Normalización.

La construcción de moldes normalizados, de acuerdo con ciertas ideas, ha sido uno de los más importantes progresos de la industria matricera y actualmente hay una tendencia imparable para conseguir moldes. El molde normalizado necesita solamente construir las piezas necesarias para las cavidades y los núcleos, los cuales se insertan posteriormente en las placas correspondientes del molde. Los demás elementos se toman ya contruidos, se procede a su montaje para ensamblar el molde definitivo en un tiempo mucho más breve que si se tuvieran que fabricar todas las piezas, lo que significa una gran ventaja de este sistema.

Actualmente, es mucho más frecuente construir los moldes con elementos básicos prefabricados, como placas, elementos de guía, platinas de centrado, varillas expulsoras, distanciadores y placas expulsoras. El empleo de estas piezas ya normalizadas proporciona al fabricante de moldes una serie de ventajas, de las cuales se mencionan algunas a continuación:

-Para fabricar unos moldes cada vez más complicados, la industria puede emplear maquinaria moderna, como máquinas de electroerosión y rectificadoras por coordenadas, así como prensas hidráulicas para matrices.

-Puede prescindirse de un costoso almacén de materiales.

-Los moldes pueden desmontarse posteriormente, ya que los diversos elementos son intercambiables.

-El riesgo de error de cálculo para la confección es menor, ya que puede contarse con costos fijos para los diversos elementos.

IV. 1.3. Consideraciones sobre diseño.

Al diseñar un molde de inyección de plásticos conviene tener en cuenta las siguientes observaciones:

Conocer perfectamente el plano de la pieza a moldear, establecer las líneas de partición, zona de entrada, lugar de los expulsores, aplicación del producto moldeado, y operaciones de montaje o piezas que encajan una con otra. Revisar todas las dimensiones y

tolerancias y comprobar las conicidades y detalles de la construcción del molde que puedan facilitar su fabricación.

Calcular el peso de la pieza y el número de cavidades a realizar, basándose en el tamaño de la máquina y en las exigencias de fabricación o de costos.

Determinar el tipo de máquina de moldeo y el efecto que puede tener en el diseño del molde.

A partir de las especificaciones del material, tener en cuenta su contracción, las características del flujo, abrasión, los requisitos de calentamiento y enfriamiento.

Cuando ciertas cavidades del molde, se han de construir de manera que la pieza moldeada presente ciertas marcas tales como una línea o una superficie interrumpida, el diseñador deberá asegurarse de que este defecto en el aspecto será comprendido y aceptado por el usuario del producto. En ciertos casos, los defectos ocasionados por montajes o ajustes escalonados serán eliminados ya que pueden acumular material y echar a perder su aspecto. Lo mismo puede decirse con respecto a las zonas donde se sitúen las entradas y los expulsores.

Y como se puede observar estas no son todas las consideraciones con las cuales debe contar la persona que lleve a cabo el diseño de un molde de inyección, pero nos da una buena apreciación de los aspectos más generales que deberán de considerarse para la realización de esta tarea, para su mejor desarrollo.

IV.1.4. Descripción del flujo del polímero dentro del molde.

El mecanismo del flujo que permite el llenado de una cavidad es realmente uno de los puntos más complejos del moldeo por inyección, si consideramos la diversidad de los materiales y tipos de resinas con que actualmente se trabaja, no es de esperarse el que todavía se carezca de una teoría general que se ajuste al problema del llenado de una cavidad relativamente fría en el que avanza un polímero caliente que se enfría a medida que fluye y varía su viscosidad con el tiempo.

Mediante del uso de moldes especiales contruidos, cuyas cavidades eran transparentes gracias al uso de vidrios especialmente templados y que permitían tomar fotografías del flujo del polímero durante el llenado, se ha podido llegar a algunas conclusiones y algunos criterios generales que son útiles a la hora de diseñar piezas o proyectar moldes.

El principio fundamental que se considera, es que el polímero que fluye con mayor velocidad está situado en el centro y su velocidad va siendo gradualmente menor a medida que nos aproximamos a las paredes, la disminución de velocidad está determinada por la velocidad de enfriamiento y por el coeficiente de fricción en las paredes que varían con el espesor de la pared del molde y con su temperatura, lo podemos ver en la fig. 14. En la práctica este flujo no es por lo general simétrico puesto que la fricción en las paredes de la cavidad será causa de que el material desvíe su flujo hacia la zona en la que la fricción sea

mayor. Aunque esta teoría es sencilla y no interpreta todos los casos que se podrían presentar, en lo referente a este aspecto, y en otros las principales desviaciones que se encuentran serán debidas a unas condiciones incorrectas de moldeo.



Fig.14. Flujo del polímero en la cavidad.

Un caso que se presenta con relativa frecuencia es el uso de cavidades de gran sección que tienen entradas relativamente pequeñas y mal situadas. Este es responsable de un típico defecto superficial que aparece en las piezas moldeadas, el cual puede dejar rebabas sobre la pieza. Cuando el llenado se lleva a cabo demasiado lento, el flujo se enfría tanto que ya no puede soldar bien con el polímero caliente que entra después. Este tipo de problema se puede detectar fácilmente haciendo inyecciones cortas, es decir, sin terminar el llenado de la cavidad, se observa en la fig.15, y se puede eliminar manteniendo el tiempo de llenado por debajo de cierto valor o cambiando la posición de la entrada para que el flujo de polímero entrante choque contra la pared de la cavidad y no tenga ocasión de formar el vertiente.

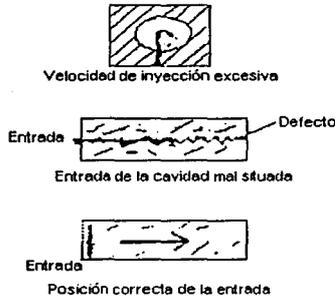


Fig.15. Defecto superficial en piezas moldeadas.

Otro fenómeno que se presenta durante el llenado de las cavidades es la formación de líneas de soldadura. La presencia de una línea de soldadura en las piezas moldeadas por inyección plantea frecuentemente un difícil problema desde el punto de vista de resistencia y aspecto de la pieza. En el caso de una cavidad circular y con entrada lateral, el frente de flujo toma el aspecto de un segmento circular de radio creciente con la entrada situada en su centro, y el moldeo así descrito es aceptable si se desprecian los efectos de la pared de la circunferencia, al principio de llenado, esta pared frena al polímero situado junto a ella impidiendo que éste fluya radialmente desde la entrada. En el caso de una cavidad plana y rectangular, el frente del flujo mantiene su forma constante a lo largo de la cavidad.

En el caso general, el flujo dentro de una cavidad no es tan sencillo como en los casos anteriores, el frente del flujo, a medida que avanza en la cavidad, encuentra continuamente obstáculos que retardan su avance y otras zonas más favorables en las que puede avanzar más rápidamente, particularmente en su parte central donde el material está más caliente. Cuando entra más material a la cavidad disminuye la zona central que queda sin llenar, pero esta disminución se hace contra la presión creada por el gas que ha sido atrapado por los dos frentes laterales de flujo, este gas está caliente y se calienta aún más al ser comprimido, pudiendo llegar a alcanzar una temperatura que queme superficialmente el material plástico que lo rodea, formándose asimismo señales de quemaduras o señales de gas atrapado que se caracterizan por zonas o puntos negros sobre la superficie de la pieza.

Un problema más del flujo en las cavidades es el que se conoce como formación de tensiones congeladas, es cuando el polímero fluye en la cavidad, entra en contacto con la pared fría del molde, se enfría rápidamente y su velocidad se anula totalmente, formando una capa rígida y fría que provoca dichas tensiones.

Las fuerzas de fricción entre estas capas son muy altas, especialmente en las proximidades de la pared de la cavidad y dan lugar a esfuerzos cortantes que tienden a orientar al polímero en la dirección del flujo. Por otro lado, las fuerzas moleculares internas se oponen a esta orientación; cuando cesa el flujo del polímero estas fuerzas moleculares no son capaces de desordenar totalmente las capas orientadas próximas a la pared del molde, porque estas capas se encuentran ya excesivamente frías y rígidas. Sin embargo, las fuerzas moleculares internas continúan actuando y pueden ser capaces de alabea la pieza moldeada después de que ésta sale del molde, a no ser que dicha pieza haya alcanzado ya rigidez suficiente para evitarlo.

Durante la etapa de llenado se forma una capa de tensiones, en los artículos con suficiente espesor de pared dentro de dicha capa se forma otra capa más gruesa en la que la orientación fue congelada durante la etapa de ordenamiento; la formación de capas orientadas y con tensiones durante el acomodamiento tiene lugar en la zona central del flujo y suele aparecer con frecuencia en la sección transversal de la zona de entrada a la cavidad, lo que no es sorprendente si se considera que la velocidad de flujo del polímero durante el acomodamiento es máxima en esta zona de entrada precisamente.

Para estos ensayos puede emplearse un material transparente, por ejemplo poliestireno o resina acrílica, las piezas así moldeadas se pueden observar entre dos polaroides cruzados y aparecen zonas coloreadas paralelas a las superficies de la pieza y perpendicular a la dirección del flujo del polímero, siendo estas zonas muy abundantes junto a la parte correspondiente a la entrada de la cavidad.

IV.1.5. Contracción.

La contracción de una pieza debe considerarse como un fenómeno que tiene lugar en tres dimensiones: la longitud, el ancho y la altura deben tener cada una su propio factor de contracción. Afortunadamente como altura y ancho están en ángulo recto con la longitud y en un mismo plano, puede considerarse un factor de contracción común para los dos, independientemente de su dirección, con lo que el problema queda reducido a dos factores:

una contracción en el sentido del flujo del polímero y otra en sentido perpendicular a este flujo.

En la mayoría de los casos la diferencia es pequeña y sólo para algunos materiales muy cristalinos, como polietileno y nylon, se encuentran grandes diferencias de contracción en uno y otro sentido. Si la contracción fuera igual en todas las direcciones, la pieza moldeada sería geoméricamente similar al molde y se podría compensar la contracción agrandando convenientemente el molde.

El problema de la contracción está relacionado con el enfriamiento de la pieza; la causa de esto está en el propio proceso de transmisión de calor, pues las secciones gruesas que poseen más calor que deben perder se enfrían más lentamente que las delgadas, que tienen menos calor que perder. Por esta misma razón, la densidad del polímero aumenta con mayor rapidez en las secciones delgadas que en las gruesas, lo que puede crear gradientes de presión que tiendan a hacer fluir algo de polímero desde las zonas gruesas hacia las delgadas, siendo este flujo interno causa directa de la contracción de la pieza y siendo también causa de la creación de tensiones internas que pueden conducir al alabeo.

Por tanto, cuanto más alta es la temperatura de inyección tanto mayor será la contracción, sin embargo, esto no es lo que ocurre en la práctica. Cuando mayor es la temperatura de inyección menor es la contracción, lo que se debe a que con mayor temperatura el polímero fluye más fácilmente dentro de la cavidad y las pérdidas de presión son menores, por lo que la presión interna desarrollada en la cavidad es mayor. La presión de inyección influye de modo análogo a la temperatura, cuanto mayor es la presión de inyección tanto mayores son la velocidad de llenado de la cavidad alcanzado y por ello menor será la contracción.

Efectivamente, un aumento en la temperatura del molde permitirá que el polímero pueda ser homogéneo en la cavidad durante más tiempo, al mismo tiempo se retrasará el momento de cierre de la entrada y la presión interna podrá desarrollarse más uniformemente en toda la cavidad. En cuestión a los tamaños de entradas a las cavidades y de los canales de alimentación también afectan a la contracción de los artículos moldeados. Esto quiere decir que cuando sea mayor la sección transversal de canales y entradas, será más fácil y se obtendrá mayor fluidez del polímero por los canales, será fácil y rápido el llenado y menor será la contracción.

La contracción puede definirse también como la diferencia entre las medidas de la pieza moldeada y enfiada a la temperatura ambiente y las dimensiones del molde.

La contracción lineal, S_l , es igual a

$$S_l = (l_w - l) / l_w = 1 - (l / l_w)$$

Para la contracción volumétrica, S_v , se tiene

$$S_v = (V_w - V) / V_w = 1 - (V / V_w)$$

En donde:

l = dimensión de la pieza a la temperatura ambiente.

l_w = dimensión del molde a la temperatura ambiente.

V_w = volumen de la cavidad a la temperatura ambiente

V = volumen de la pieza a la temperatura ambiente.

En la siguiente tabla se dan los valores en porcentaje de la contracción volumétrica, de algunos materiales plásticos.

Material plástico	Contracción Volumétrica en %
Poliamida 6	1-10,5
Poliamida 6 + fibra de vidrio	0,5
Poliamida 6,6	1-2
Poliamida 6,6 + fibra de vidrio	0,5
Poliétileno de baja densidad	1,5-3
Poliétileno de alta densidad	2-3
Poliestireno	0,5-0,7
Estireno-acrilonitrilo	0,4-0,6
Polimetacrilato	0,3-0,6
Policarbonato	0,8
Copolimero de acetato	2
Cloruro de polivinilo duro	0,5-0,7
Cloruro de polivinilo blando	1-3
Polipropileno	1-2,2
Acetato de celulosa	0,5

Tabla. IV. Contracción volumétrica de materiales plásticos

IV.1.6. Defectos en las piezas que se moldean por inyección.

Las piezas moldeadas deben de cumplir con ciertos requisitos para poder considerar el proceso de moldeado satisfactorio. En el momento en que se abre el molde, las piezas moldeadas deben estar libres de defectos, deben llenar totalmente la cavidad del molde, se podrán extraer con facilidad, y su temperatura debe ser tal que no sufran deformaciones cuando se extraigan. La calidad de las piezas viene determinada principalmente por la presión y temperatura del material plástico que llena la cavidad del molde en el momento que se solidifica el material situado en la entrada de la cavidad y deja a ésta cerrada, en ese momento la cavidad queda llena con el material aún caliente y sometido a presión.

Sin embargo, no todo es como se quisiera lograr, aquí se mencionarán algunos de los defectos más comunes que presentan las piezas en el momento de ser moldeadas en el proceso de inyección.

Defectos de piezas en el molde por inyección.

- * Artículos con falta de peso, el polímero no termina de llenar la cavidad.
- * Líneas de soldadura
- * Rebabas en línea de partición
- * Deformación y alabeo de las piezas moldeadas
- * Señales de quemado y descomposición térmica
- * Grietas y ampollas en la superficie
- * Rayado superficial
- * Superficie de la pieza mate o rugosa
- * Goteo en tobera
- * Piezas con la superficie ondulada

- *Marcas de flujo
- *Agarrotamiento de las piezas en el molde
- *Agarrotamiento del bebedero

IV.2. Tipos de moldes:

Dentro del área del diseño de moldes en la inyección de plásticos existen diversidad de moldes, para varias aplicaciones en los polímeros, que a continuación se describirán de manera breve.

Moldes simples: Son los que generalmente se aplican en procesos que nos permiten establecer un ciclo con rapidez para asimismo lograr las ventajas que lo caracterizan;

- piezas completamente idénticas.
- optimización de la forma, dimensión, particularidades y material de la pieza.
- control de la producción.
- sistema de llenado adecuado.

Moldes múltiples: Es muy común pensar que utilizando este tipo de moldes el rendimiento de éste aumenta con la cantidad de cavidades, sin tomar en cuenta que en la práctica esto no es correcto. En la mayoría de los casos la más importante es lograr una calidad excesivamente perfecta, sin embargo en un molde este tipo es difícil debido a que existen varias desventajas, si se acumulan, no permite la calidad esperada de la pieza. La principal desventaja es precisamente por las vías de llenado que son demasiado largas en este tipo de moldes.

Moldes con mordazas cónicas: estos se caracterizan por la presencia de dos o más mordazas cónicas, cuya conicidad de las mordazas no debe ser inferior a 15° logrando así un enlazamiento por acción de la fuerza de cierre. Además, es de esencial importancia el ajuste exacto de las mordazas entre sí, y para que no queden desplazadas se colocan elementos de ajuste y centrado.

A continuación se describe una subclasificación de los tipos de moldes ya mencionados.

Moldes de compresión: Este tipo de moldes es más utilizado en los materiales termoestables cuya composición permite que dichos materiales puedan ser moldeados en frío, es un método en el que el gradiente de temperatura en el sistema ha de ser lo más pequeño posible y el aislamiento térmico del molde ha de ser óptimo. Estos molde son los que se componen por la cavidad y pistón para comprimir el material plástico.

Moldes de transferencia: Los moldes de transferencia se eligen para la realización de trabajos difíciles en la elaboración de piezas que no se pueden moldear fácilmente por medio de los moldes de compresión. Existen algunas características con las que deben contar las piezas moldeadas que son:

- Se moldean secciones complicadas y núcleos laterales difíciles.
- Se pueden utilizar inserciones delicadas y complicadas
- Moldear orificios pequeños y largos
- La densidad de las piezas moldeadas es más uniforme
- Se mantienen tolerancias estrechas
- Las líneas de partición no necesitan demasiada limpieza y pulido

Moldes de soplado: El molde de soplado es una variante de los moldes de una cavidad en cada placa. La diferencia principal radica en que esta partido todo el molde y el control de temperatura se realiza en cada mitad del molde. Además, un molde de soplado es sólo una parte de la máquina que se utiliza en la fabricación de artículos huecos como lo son las botellas.

Moldes de inyección: En esta parte cabe mencionar con más profundidad este tema, ya que es la sección importante de este trabajo.

Al igual que en los anteriores moldes, es ente tipo podemos encontrar la siguiente división de los moldes de inyección.

- 1) Dos placas
- 2) Tres placas
- 3) Elementos desmontables
- 4) Desenroscado automático
- 5) Movimiento expulsor en ángulo
- 6) Moldes de canales calientes

En cuanto a su descripción en el manejo u operación, también existen varias formas de realizar el trabajo:

- a) Moldes manuales
- b) Moldes semiautomáticos
- c) Moldes automáticos

a) **Moldes manuales:** Como su nombre lo indica, los moldes manuales se manipulan en general, a mano. Con frecuencia se utiliza una prensa de husillo a mano para abrir el molde y separar la pieza moldeada después que se ha abierto el molde.

Los moldes manuales se utilizan en pequeñas o en trabajos experimentales que exigen un costo de molde mínimo, además, no debe fabricarse, como referencia, un molde manual que pese más de 34kg.

Estos moldes operan lentamente y se gasta con ellos mucho más trabajo que con otros tipos de moldes.

b) **Moldes semiautomáticos:** Los moldes semiautomáticos se utilizan en fabricaciones en las que el ahorro de trabajo y de tiempo de molde forman una parte importante y justifican el gasto adicional que suponen la armazón del molde y el mecanismo utilizado en el expulsor.

En este tipo de moldes el operario no interviene en todo el ciclo de moldeo, solamente en lo necesario para la limpieza de la pieza, esto es, sacar la pieza moldeada, eliminar la rebaba, además de abrir y cerrar la prensa en la máquina.

c) *Moldes automáticos*: Los moldes automáticos pueden utilizarse ventajosamente cuando se dispone de prensas automáticas y el diseño del producto es sencillo. Estos moldes son en general más caros que los semiautomáticos pero el costo operacional es considerablemente menor. Por lo general, los moldes automáticos eliminan los errores del operario en el proceso o ciclo de moldeo.

IV.3. Cavidades de moldeo.

Para un molde la parte fundamental a realizar en él es precisamente la cavidad, la cual permite obtener un producto deseado. Por lo tanto, es necesario considerar ciertas cuestiones que logran disponer de un arreglo adecuado de la cavidad a producir, cuyos puntos se dan a continuación:

IV.3.1. Área proyectada.

Un punto importante, es precisamente el área proyectada de lo que viene a ser la cavidad, ya que ésta va a depender de la posición relativa en la que se encuentra colocada la cavidad, dentro del molde. Tomando en cuenta que la fuerza que tiende a separar al molde durante el proceso o un ciclo de moldeo por inyección, esta dada por la presión en la cavidad que va a ser multiplicada por el área proyectada, aquí es donde nos damos cuenta de la importancia que muestra este aspecto al diseñar un molde o elegir una máquina para un proceso de este tipo, además de obtener una coordinación de las cavidades.

IV.3.2. Disposición de las cavidades.

En el caso en el que se cuenta con múltiples cavidades, es conveniente tomar muy cuidadosamente sus cavidades, en lo que se refiere a su disposición dentro del molde. Lo cual permite conseguir moldes de menor tamaño, obteniéndose asimismo lo antes mencionado, mínimas áreas proyectadas.

Por lo que se deberán considerar ciertos puntos dentro de este tema:

1. La longitud de los canales de alimentación deberá ser mínima; considerando que las fuerzas de apertura del molde sean equilibradas.

2. Equilibrar el sistema de alimentación, lo que nos indica, la distancia recorrida del polímero en el bebedero hasta la entrada de la cavidad debe coincidir con todas las cavidades, es la misma distancia entre cavidades.

3. Las fuerzas que tienden a la apertura del molde no deben crear momentos en el eje central de la máquina en la que actuará la fuerza de cierre.

Uno de los problemas que se presentan al utilizar moldes de múltiples cavidades es conseguir que todas las cavidades terminen de llenarse simultáneamente. Este problema puede solucionarse de dos maneras que se conocen como técnica de flujo equilibrado y técnica de flujo compensado.

Flujo equilibrado: es la técnica en la que el material debe recorrer el mismo camino y salvar los obstáculos, de la misma manera, para llenar todas las cavidades. Como se sabe, para cualquier aspecto surgen dificultades o en este caso desventajas, las cuales son, el área necesaria del molde es bastante mayor al que se requiere utilizar, existen pérdidas de material en los canales de alimentación.

Flujo compensado: la primera ventaja de esta técnica, es dar solución a las desventajas de la técnica anterior. Aquí las cavidades se tratan de colocar lo más junto posible, provocando que los canales de alimentación sean lo más cortos posibles. En esta parte es muy importante lo correspondiente a las entradas de la cavidad. Existen dos formas de variar el tamaño de las entradas: manteniendo constante la longitud y variando el diámetro, o manteniendo constante el diámetro y variando la longitud. Y esta técnica se puede adoptar con moldes de varias cavidades, diferentes una de otra.

IV.3.3. Cálculo del número de cavidades.

Desde un punto de vista, se pueden encontrar tres procedimientos para la determinación de las cavidades en un molde, que a continuación se describen.

1) *Por capacidad de inyección de una máquina*. Se entiende como la cantidad máxima que puede inyectar la máquina en una sola vez, expresada en gramos de material. Tomando en cuenta que la cantidad de material inyectado no deberá exceder del 70% de la capacidad de la máquina, en cuanto a la inyección, las cavidades se pueden calcular mediante la siguiente fórmula:

$$N_1 = [0.71 - P_c] / P_p$$

N_1 = Número de cavidades

l = Capacidad de inyección de la máquina (g)

P_c = Peso de las ramificaciones (g)

P_p = Peso de la pieza moldeada (g)

2) *Por capacidad de cierre de la máquina*

$$N_2 = [[(1000 F) / 500] - A_c] / A_p$$

N_2 = Número de cavidades

F = Fuerza de cierre de la máquina (tons)

A_c = Área transversal de las ramificaciones (cm²)

A_p = Área transversal de la pieza a moldear (cm²)

3) *Por capacidad de plastificación de una máquina*. Se define como capacidad de plastificación de una máquina al número de kilogramos por hora de un material determinado que es capaz de plastificar. Y el número de cavidades se puede calcular mediante:

$$N_3 = \{ ([P T] / 3600) - P_c \} / P_d$$

N_3 = Número de cavidades

P = Capacidad de plastificación de la máquina (kg/h)

T = Ciclo total de inyección (s)

P_c = Peso de las ramificaciones (g)

P_d = Peso de la pieza moldeada (g)

Estas son unas de tantas técnicas o formas para la obtención del número de cavidades que pueden alojarse en un molde de inyección.

IV.4. Sistemas de alimentación.

Este es otro tema interesante es este capítulo, debido a que otorga un camino certero para la aplicación en lo que se refiere a la alimentación del molde, en la cavidad, tomando en consideración que aparecen dificultades, dependiendo del punto de vista que se tome, o ventajas para un buen desarrollo del molde en el término de su alimentación con el flujo plástico.

La disposición y la forma del sistema de alimentación son de gran importancia para la calidad de una pieza. Eligiendo apropiadamente dicho sistema se puede influir en el tiempo de inyección, reducir desperdicios y trabajos de acabado, por supuesto ahorrando material. Además, estos sistemas se eligen de modo que la mazarota tenga el mínimo peso, para así poder separarla fácilmente de la pieza y no perjudicando el aspecto de la misma; tomando en cuenta que la disposición y forma del sistema también va a depender de la configuración de la pieza y de la masa a elaborar.

Aquí se podrá encontrar lo que son los diferentes tipos de entradas que alimentan al molde, la forma de los canales o venas.

IV.4.1. Bebederos.

El bebedero es aquel que permite que a través de él pasa el flujo del material plástico procedente de la boquilla de la máquina de inyección que se dirige a los canales de alimentación y a las cavidades. El bebedero puede tener una depresión generalmente en forma de sector circular, en la que se ajusta el extremo de la boquilla de la máquina.

El bebedero se extiende hasta la línea de partición del molde y debe tener la superficie inferior tratada y endurecida, aunque no debe ser excesivamente dura para evitar su posible rotura. Si el molde tiene una cavidad, el bebedero puede comunicar directamente con esta.

Un punto importante es mencionar que el diámetro del bebedero debe incrementarse conforme a una conicidad aproximada de 1:4 entre boquilla e interior del molde.

IV.4.2. Canales de alimentación.

En primer lugar los canales de alimentación son aquellos que conducen el material del bebedero hacia la entrada de las cavidades.

En cuanto a la forma que debe tener la sección transversal del canal, solamente debe cumplirse el requisito de que dicha sección sea lo más grande posible con respecto a su perímetro. En la actualidad se construyen canales con tres tipos de sección.

- Redonda
- Media caña
- Trapezoidal

El canal de tipo redondo tiene la ventaja de presentar un perímetro mínimo para una sección determinada. La principal desventaja es que debe ser construido en dos medias cañas maquinadas en las dos mitades del molde, cuyas dos partes del canal deben coincidir cuando se cierra el molde.

El canal de sección de media caña sólo necesita ser maquinada en una mitad del molde, pero tiene como inconveniente el que presenta una relación perímetro / sección demasiado grande y por lo cual el material se enfría excesivamente cuando pasa por él.

La sección trapezoidal también necesita solamente ser maquinada en una mitad del molde y es la sección preferida para materiales de moldeo de levada viscosidad. Este tipo de canales se usa en general en los moldes de tres placas en las cuales las totalmente circulares podrían no desmoldear adecuadamente y en las líneas de partición de moldes que realizan un movimiento de deslizamiento y en los que los canales redondos podrían interferir en dicho movimiento. Enseguida se muestra la fig.16 que compara las secciones ya descritas, proponiendo cuales son buenas y malas en los canales.

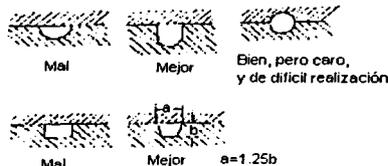


Fig.16. Secciones transversales bien y mal diseñadas.

La disposición preferible de los canales de alimentación se conoce con el nombre de canales equilibrados. Un canal de alimentación equilibrado permite mejor uniformidad del flujo del material desde el bebedero a las distintas cavidades, ya que todas ellas se encuentran a igual distancia del bebedero. Este tipo de diseño es beneficioso para todos los materiales. Los canales secundarios son más pequeños que los principales ya que a su vez pasa un volumen menor y desde el punto de vista económico es conveniente utilizar en los canales de alimentación el mínimo de material.

Para obtener vías de flujo iguales, lo mejor es disponer las cavidades en círculo alrededor del punto central del bebedero, y dicho sistema se llama de araña o estrella, mostrándose en la fig. 17.

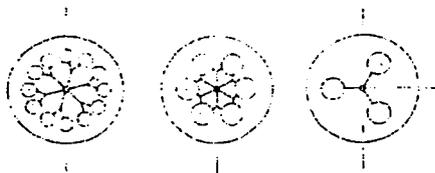


Fig. 17. Distribuidor del tipo estrella.

Una forma especial del sistema de alimentación es el canal anular, el cual consiste en que la masa plástica procedente del bebedero llega primeramente a un distribuidor principal en forma de anillo, el cual va conectado a las diversas cavidades mediante canales secundarios, como se observa en la fig. 18.

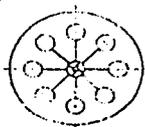
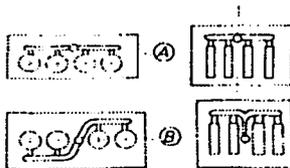


Fig. 18. Distribuidor del tipo anular.

Otra distribución muy utilizada es la llamada en hileras, fig. 19., que consta de un canal principal y diversos canales secundarios que terminan en el canal de estrangulamiento.



**Fig. 19. Configuración en hileras. A canal excéntrico
B canal central con vías de flujo prolongadas.**

IV.4.3. Entradas de alimentación a las cavidades.

El primer punto a considerar en la alimentación de cavidades, es la situación con la que debe contar la entrada en la cavidad, respecto a la pieza moldeada; la entrada se colocará de manera que sea sencillo y económico eliminarla de la pieza.

Para elegir la colocación de la entrada se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1) El flujo del material hacia todas las zonas de la cavidad sea lo más uniformemente posible.
- 2) El material fluya en un frente continuo al que no se oponga ningún obstáculo, de ser posible.
- 3) Se debe tener en cuenta la probabilidad de formación de líneas de soldadura y gases atrapados en la cavidad del molde.
- 4) La eliminación de la entrada se podrá hacer fácilmente y con preferencia por acción del molde.
- 5) El cliente acepte la situación de este entrada.

A continuación se describirán algunos tipos de entradas en las cavidades de moldeo por inyección:

Entrada normal: Permite la mayor economía en el diseño del acabado de la pieza, además, es fácil de desprender de la pieza moldeada, sin requerir de algún mecanismo.

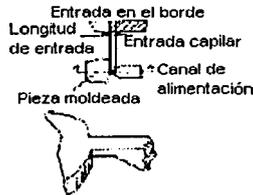


Fig. 20. Entrada normal.

Entrada en abanico: Se emplea cuando hay que moldear piezas planas y delgadas de superficie grande, este tipo de entrada distribuye uniformemente el material y reduce al mínimo la posibilidad de que se presenten líneas de flujo, sin embargo, este tipo de entrada es una mejora de la anterior.

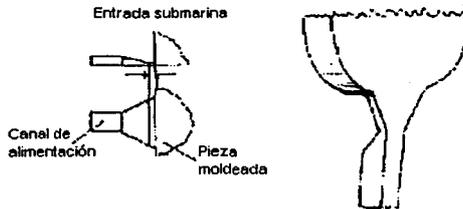


Fig.21. Entrada de abanico

Entrada de anillo: Es muy utilizado en la elaboración de piezas cilíndricas huecas y sencillas. El empleo de esta entrada evita que se formen líneas de soldadura, como ocurriría en la entrada de tipo normal. Esta entrada se diseña a veces con un purgador (prolongación) con lo cual se impide que entren en la cavidad las cabezas del material que fluye, más frías, y contribuye también a que el material caliente penetre en la cavidad con más uniformidad. Sin embargo, la eliminación del anillo aumentaría el costo de la pieza moldeada, ya que se tendría que utilizar un proceso mecánico para su extracción y el acabado de la pieza.

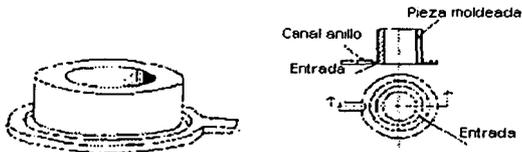


Fig. 22. Entrada de anillo.

Entrada en disco: En este tipo el material fluye del centro hacia la periferia, nos indica, que es todo lo contrario a la entrada de anillo. Con este tipo de entrada se mejoran las características de moldeo y se eliminan las líneas de soldadura. La eliminación del disco se lleva a cabo mediante un proceso de taladrado.

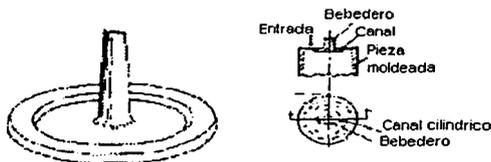


Fig.23. Entrada de disco.

Entrada capilar: Se utilizan mucho con la mayor parte de materiales plásticos y permiten la separación automática del sistema de alimentación y por lo general sus dimensiones son corrientemente de 0.010 a 1/64 pulg. de diámetro.



Diseño correcto para evitar astillamiento

Fig.24. Entrada capilar.

Entrada central: En general este tipo de entrada se utiliza en un molde con una sola cavidad, para este caso sería una pieza grande, en donde es posible situar la entrada en el centro, además, se logra un flujo uniforme del material sobre la cavidad. Este tipo de entrada se construye con una forma ligeramente cónica, cuando mayor es el ángulo de conicidad mayor es el tiempo de solidificación de la entrada. Y se diferencian de las entradas capilares en que son más anchas y en que la mazarota queda unida a la pieza para cortarla posteriormente.

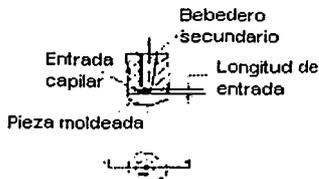


Fig.25. Entrada central

IV.5. Respiración.

En el caso en que un molde se encuentra cerrado, es absolutamente imprescindible facilitar el escape de aire y de gases. Si el escape o respiración es deficiente, se corre el peligro de obtener zonas sin llenar y de poca solidez, mala apariencia, extracción difícil y un ciclo poco eficiente.

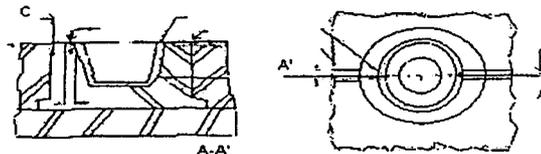


Fig.26. Diagrama de los canales de respiración

La ubicación de canales de respiración va a estar determinada por un análisis del comportamiento de las formas de llenado, a lo largo del sistema de alimentación y cavidades del molde. Además, el ancho mínimo de las ranuras debe ser de 3mm o 1/8" y mayores o continuos. La longitud de las ranuras debe ser mínima ya que al incrementarse, aumenta también la restricción para eliminar el aire, debido a la existencia de la caída de presión. De la misma manera, la sección transversal de las ranuras que influyen bastante en este aspecto, deberán ser trapezoidales.

Por lo cual, una zona en donde se pueden poner los respiraderos, es la línea de partición, en los sistemas expulsores y núcleos móviles.

Cuando las ranuras del plano o línea de partición no son suficientemente permeables y el aire no puede escapar por los expulsores, se elaboran canales de unas milésimas de mm de profundidad y alrededor de 1mm de ancho en el plano de partición.

A continuación se muestra una tabla que nos da algunos parámetros acerca de la profundidad y largo con los cuales deben contar ciertos materiales plásticos para la realización adecuada de la respiración.

MATERIAL	PROFUNDIDAD (mm)	LARGO (mm)
ABS(estireno)	0.0508-0.0762	0.762-1.27
POM(acetil)	0.0127-0.0381	1.016-1.27
PMMA(acrilico)	0.0381-0.0762	1.016-1.27
PA(nylon)	0.0127-0.0254	0.508-1.016
PC(polycarbonato)	0.0254-0.0762	0.762-1.27
PET(terefalato de polietileno)	0.0127-0.0381	0.762-1.27
PE(polietileno)	0.0254-0.0508	0.508-1.016
PP(polipropileno)	0.0254-0.0508	0.508-1.016
PS(poliestireno)	0.0254-0.0762	0.762-1.27
PVC-R(cloruro de polivinilo)	0.0254-0.0762	1.016-1.27
PVC-F(cloruro de polivinilo)	0.0127-0.0508	0.762-1.27

Tabla IV.1. Parámetros de profundidad y largo de materiales plásticos.

Por otro lado, la respiración de los moldes puede conseguirse ajustando la fuerza de cierre para que así el molde pueda abrirse ligeramente al efectuar un ciclo de moldeo. Sin embargo, al llevar a cabo este método habría que dosificar el volumen de inyección para evitar la formación de membrana en la pieza.

IV.6. Refrigeración.

El enfriamiento es de gran importancia para la calidad y rentabilidad, que muchas veces exigen que se tenga en cuenta ya al iniciar la construcción del molde, aunque pocas veces se hace. La construcción debe hacerse por medio del llamado principio del cono, es decir, que la pieza ha de enfriarse uniformemente, partiendo del borde exterior hacia el punto de la colada.

Cuando un molde no tiene en consideración la refrigeración, no se obtienen buenos resultados en el momento de realizar su proceso. Por tal motivo, a continuación se presenta una parte no muy extensa de lo que es este tipo de sistema de un molde en sus partes que éste lo requiera.

IV.6.1. Cavidades.

La refrigeración en las cavidades es una forma de obtener el enfriamiento que se da en diversas formas de acuerdo a la dirección que va tomando el flujo de enfriamiento, y estas se describirán mediante la siguiente figura 27.

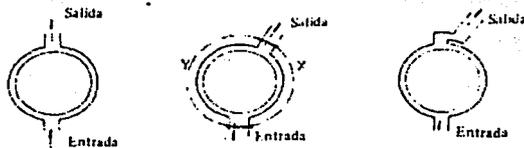


Fig.27. Dirección del flujo de refrigeración.

En orden de izquierda a derecha, podemos decir que en la primera figura la entrada y salida del circuito dirigen el agua de abajo hacia arriba y están simétricamente situados, en la segunda, la salida está desplazada y son distintos los caminos que recorre el agua de refrigeración, y la tercera muestra, la solución para algunos casos, en donde se desvía la salida del agua manteniendo la simetría del circuito alrededor de la cavidad.

Además, los canales de enfriamiento han de limpiarse de vez en cuando, ya que los sedimentos del fluido en circulación y la oxidación los pueden estrechar. A continuación se manejan algunos de los diferentes tipos de canales de refrigeración, que con el transcurrir del tiempo han demostrado un gran resultado en la práctica.

Existe un sistema de enfriamiento llamado en espiral, que se observa en la fig. 28, se recomienda para piezas planas con simetría de rotación.

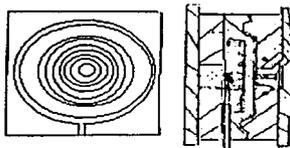


Fig.28. Enfriamiento en espiral.

El líquido refrigerante actúa primeramente sobre el punto situado frente a la entrada de colada, logrando así que la diferencia de temperatura entre la pieza y el líquido sea máxima en el punto más caliente, por lo que puede disiparse mayor cantidad de calor. En su recorrido por la espiral, el líquido adquiere temperatura, de modo que, en los puntos donde la masa está ya más fría por ser más largo el camino del flujo, el gradiente de temperatura es menor y también el calor disipado.

Por razones de costo se encuentra frecuentemente canales de enfriamiento rectilíneos, se muestran en la fig.29, los cuales cruzan el molde al tratarse de piezas con simetría de rotación, y piezas rectangulares. De este modo no puede garantizarse una distribución uniforme de la temperatura, y en consecuencia, habrá que contar con una deformación de las piezas.

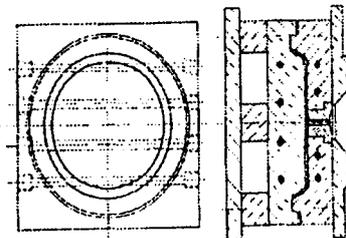


Fig.29. Enfriamiento del tipo rectilíneo.

En las piezas inyectadas por el centro, el sistema de enfriamiento rectilíneo ha de dividirse, de modo que el líquido tenga que recorrer el mismo camino para el enfriamiento de las mitades derecha e izquierda del molde. La forma más sencilla de conseguirlo es dividir el sistema de enfriamiento y hacer que el fluido penetre en ambas mitades del molde por el centro, pudiendo situar los puntos de afluencia frente a la entrada de colada o desde el exterior del molde. No obstante, en este último caso hay que disponer dichos puntos en sentidos opuestos.

Existe igualmente el enfriamiento en serie, los distintos núcleos son recorridos sucesivamente por el líquido refrigerante. Pero como la diferencia de temperatura entre las piezas y el líquido con la longitud del recorrido, no se obtiene un enfriamiento uniforme de los diversos núcleos ni, por tanto, de las piezas. Y el enfriamiento en paralelo, el líquido refrigerante se conduce a los diversos núcleos desde un canal colector, que se muestra en la fig. 30. Un segundo colector se encarga del retorno del líquido. Con ello se dispone de líquido refrigerante a la misma temperatura para cada núcleo, quedando garantizado el enfriamiento uniforme.

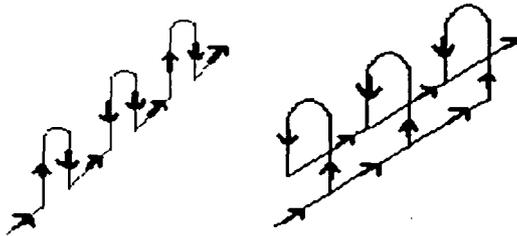


Fig.30. Sistema de enfriamiento en serie y paralelo.

IV.6.2. Núcleos.

La refrigeración de los núcleos, se muestra en la fig.31, de una manera relativamente sencilla, es mediante un taladrado dividido en dos conteniendo una lámina metálica. En este tipo de refrigeración su efectividad se lleva a cabo cuando se utilizan núcleos pequeños, ya que el flujo de agua va dirigido a la parte más caliente del núcleo.

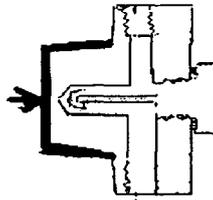


Fig.31. Refrigeración en el núcleo.

Como es de esperar el agua de refrigeración debe circular siempre en sentido ascendente, pues de no ser así, podría quedar una bolsa de aire atrapado que impediría la refrigeración de la zona correspondiente.

IV.6.3. Puntos importantes de la refrigeración.

Existen puntos o aspectos que van a determinar un buen diseño del sistema de refrigeración, que enseguida se comentan:

1. Se debe obtener una temperatura uniforme en las superficies de moldeo sin zonas más calientes o más frías.
2. Las conexiones de agua deben colocarse hacia la parte posterior del molde, que es donde se encuentran en las máquinas de inyección, así estas conexiones no molestan al operario.
3. Si se usan varios circuitos de refrigeración deben conectarse en paralelo y no en serie.
4. El control de temperatura de las dos mitades del molde deben hacerse siempre con circuitos independientes.
5. Se deben estudiar los sentidos de circulación del agua y cerciorarse de que en ninguna zona pueden formarse bolsas de aire.

IV.7. Sistemas extractores o expulsores.

Estos sistemas son los que permiten una buena extracción de las piezas producidas en el proceso de inyección, debemos tener en cuenta, que hay diversas formas de realizar este trabajo en un molde.

Además, después de haber mencionado los temas anteriores, es necesario resaltar éste como parte fundamental en un ciclo de moldeo, y sobre todo para el producto deseado. Esto lo podemos entender considerando que al final de un proceso es sumamente necesario obtener una pieza o producto con los menores defectos, los que pueden ser reflejados debido a un mal accionamiento de sistema extractor, logrando una calidad debidamente aceptada del producto hacia el mercado.

Por otro lado, sabemos que existen diversas formas de estos sistemas, sin embargo aquí se mencionará el más usual en la práctica hasta estos tiempos.

IV.7.1. Mecanismos de extracción.

Se utilizan una gran variedad de métodos muy ingeniosos para conseguir la extracción de los artículos moldeados en las cavidades.

Por lo general se emplean tres sistemas generales para lograr la extracción de las piezas. Uno es el uso de espigas o botadores que puede dar lugar a marcas sobre la superficie de los artículos moldeados que es necesario borrar después mediante un proceso de pulido, además pueden originar la deformación de las piezas o incluso su rotura si no se colocan adecuadamente.

Otro es el empleo de placas extractoras el cual evita generalmente las dificultades mencionadas en el sistema anterior, sin embargo, el empleo de una placa extractora solamente puede hacerse en condiciones que dependen de la forma de la pieza que se moldeará.

Y por último en ocasiones se utilizan las extracciones mediante levas, botadores angulares, mecanismos de cremallera y piñón u otros sistemas mecánicos.

Todos estos sistemas dan lugar a un adecuado sistema que se refleja en el momento de realizar un buen diseño de un molde para el proceso de inyección.

IV.7.2. Caja.

La caja extractora va generalmente formada por dos bloques que son llamados paralelas o espaciadoras. Por otra parte, si el molde y la caja son muy grandes, no basta con las barras para soportar los esfuerzos producidos por el cierre del molde; una solución para este caso sería reforzar el conjunto colocando una o más barras intermedias de apoyo paralelas a las dos barras laterales. Además, en algunos moldes la caja extractora sólo tiene dos bloques de apoyo, quedando los otros dos lados abiertos, sin olvidar que también existe aquella en la cual sus cuatro lados se encuentran completamente cerrados. Un ejemplo de este tipo de caja lo encontramos en la fig.32.

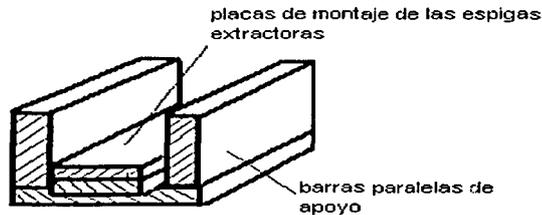


Fig.32.Caja extractora.

Enseguida se describirá superficialmente como funciona este sistema.

IV.7.3. Accionamiento del sistema de caja.

Una cuestión importante de estos sistemas es que se encuentran colocados sobre la parte móvil del molde. Tomando en consideración que el sistema se compone de una caja donde se van a encontrar ubicadas un conjunto de placas en donde se colocan los botadores, que empujan la pieza para sacarla de la cavidad del molde.

El accionamiento de este sistema se da cuando se abre la prensa, la parte móvil del molde, y llega un momento en que el vástago hace tope con la barra extractora fija en la prensa, y al abrirse el molde, el mecanismo de extracción se detiene y adquiere un movimiento relativo a los núcleos logrando así la actuación de los botadores avanzando

respecto a los núcleos, empujando las piezas moldeadas para ser extraídas. Cuando cierra el molde el sistema extractor debe volver a su posición primitiva, para esto es muy común la utilización de muelles.

Hasta el momento se ha entendido como se constituye un molde de acuerdo a las etapas y partes que lo forman para lograr sus aplicaciones como tal. A continuación se desarrollará la cuestión teórica en el diseño de moldes.

V. DISEÑO DEL MOLDE

V.1. Puntos importantes, métodos seguidos en proyectos y diseños:

Antes de empezar a definir como se desarrolla un molde, es muy importante mencionar los aspectos más sobresalientes acerca de lo que es el diseño como tal.

Diseñar es formular un plan para satisfacer una demanda humana. La necesidad particular que habrá de satisfacerse puede estar completamente bien definida desde el principio. Además, todo diseño tiene un propósito concreto: la obtención de un resultado final al que se llega mediante una acción determinada o por la creación de algo que tiene realidad física.

A menudo se describe el proceso total de diseño como se muestra en la fig.33. La cual da principio con la identificación de una necesidad y con una decisión de hacer algo. Después de muchas iteraciones, el proceso finaliza con la presentación de los planes para satisfacer tal necesidad.

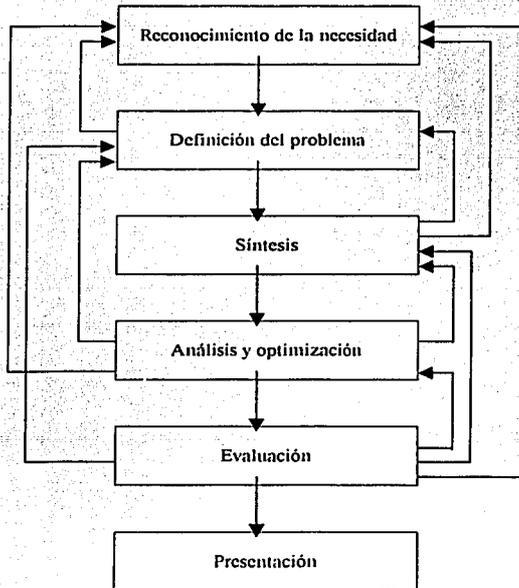


Fig.33. Fases del diseño.

A continuación se describen los pasos o fases del diseño.

Identificar la necesidad y expresarla con determinado número de palabras es una actividad bastante crítica, pues la necesidad puede manifestarse simplemente como un vago descontento o bien por la intuición de una dificultad o en la sensación de que algo no es correcto. Con frecuencia, la necesidad no es del todo evidente; por lo general, se identifica de repente a partir de una circunstancia adversa o de una serie de circunstancias fortuitas que surgen casi al mismo tiempo.

La *definición del problema* debe abarcar todas las condiciones para el objeto que ha de ser diseñado. Las condiciones o especificaciones son las cantidades de entrada y salida, las características y dimensiones del espacio que deberá ocupar el objeto, y todas las limitaciones a estas cantidades. Se puede considerar el objeto a diseñar como algo colocado en una caja negra. En este caso se debe especificar lo que entra y lo que sale de dicha caja, junto con sus características y limitaciones. Las especificaciones definen el costo, la cantidad de piezas a fabricar, la duración esperada, el intervalo o variedad de capacidades, la temperatura de trabajo y la confiabilidad. Entre dichas condiciones sobresalen las velocidades necesarias, las intensidades de alimentación en las máquinas, las limitaciones de temperatura, el alcance máximo, las variaciones esperadas en las variables y las restricciones de tamaño y peso.

Una vez que se ha definido el problema y obtenido un conjunto de especificaciones implícitas formuladas por escrito, el siguiente paso del diseño, es la *síntesis* de una solución óptima. Ahora bien, esta síntesis no podrá efectuarse antes de hacer *el análisis y la optimización* debido a que se debe analizar el sistema a diseñar, con el fin de determinar si su funcionamiento cumplirá las especificaciones. El análisis podría revelar que el sistema no es óptimo. Si el diseño no resultara satisfactorio en una de dichas pruebas o en ambas, el procedimiento de síntesis deberá iniciarse otra vez.

Se indica y se reitera sucesivamente, que el diseño es un proceso iterativo en el que se pasa por varias etapas, se evalúan los resultados y luego se vuelve a una fase anterior del proceso. En esta forma es posible sintetizar varios componentes de un sistema, analizarlos y optimizarlos para volver después a la fase de síntesis y ver que efecto tiene esto sobre las partes restantes del sistema. Para el análisis y optimización se requiere que se ideen o imaginen modelos abstractos del sistema que admitan alguna forma de análisis matemático. Tales consideraciones reciben el nombre de modelos matemáticos. Al crearlos se espera encontrar alguno que reproduzca lo mejor posible el sistema físico real.

La *evaluación* es una fase significativa del proceso total de diseño. Es la demostración definitiva de que un diseño es acertado y, por lo general, incluye pruebas de un prototipo en el laboratorio. En tal punto es cuando se desea observar si el diseño satisface realmente la necesidad o las necesidades. La comunicación del diseño a otras personas es el paso final y vital en el proceso de diseño. Es indudable que muchos diseños importantes, inventos y obras creativas se perdieron para la humanidad sencillamente porque sus autores no quisieron o no fueron capaces de explicar sus creaciones a otras personas.

En esencia, hay sólo tres medios de comunicación que se pueden utilizar: la comunicación escrita, la oral y la gráfica. En consecuencia, todo ingeniero con éxito en su profesión tiene que ser técnicamente competente y hábil al emplear las tres formas de comunicación.

Por último, en cuestión a las fases del diseño, la importancia de la *presentación* de un concepto como el paso final en el proceso de diseño. Así que no importa si se está planeando una presentación ante ciertas personas, la exposición debe ser lo más completa y clara posible, pues tal es su finalidad. Hay gran cantidad de fuentes donde se puede hallar información útil acerca de la redacción de informes, de cómo hablar en público y de la expresión gráfica o por imágenes.

Cuando se intenta diseñar o rediseñar un producto se deben considerar los siguientes factores.

- La calidad en cuanto a atributos del producto / servicio ver sus necesidades y expectativas del cliente.
- Los costos de posibles alternativas.
- Tipo de tecnología requerida.
- Confiabilidad del producto.
- Nuevos conceptos que se reflejarán en innovaciones y consecuentes ventajas competitivas.

Los factores anteriores se deberán observar desde diferentes perspectivas:

- *Requisitos del cliente.
- *La función del producto.
- *Características sustitutivas de calidad.
- *Partes que integran el producto.

De esta manera podemos dar por hecho que ya existe una idea general acerca del diseño como un proceso, que a su vez está integrado por diversas fases o etapas que lo conjugan para lograr su propósito en un proyecto o asimismo en un diseño. Enseguida entraremos en los aspectos más sobresalientes, en cuanto a teoría, de los productos.

V.1.1. Aspectos en el diseño del producto.

En la elección del material plástico adecuado para el moldeo de piezas existe un procedimiento de eliminación viable que reducirá el campo a límites bien definidos.

Plásticos elásticos. Si el producto exige el empleo de plásticos flexibles la elección se limita a polietileno, vinílicos, polipropileno, plásticos fluorados, silicona, poliuretano, plastisoles, acetálicos y nylon o algunos de los plásticos rígidos que presentan una cierta flexibilidad en secciones delgadas.

Temperatura. Para piezas que operan por encima de 232°C pueden emplearse las siliconas, o plásticos moldeados en frío con fibra de vidrio o de amianto fosforoso. Dentro

del margen de temperatura de 232°C a 288°C, pueden obtenerse excelentes resultados con fibras de vidrio impregnadas con resinas epoxi y fenólicas. Entre 121°C a 232°C, deben tenerse en cuenta las fenólicas con carga de vidrio o mineral, melaminas, siliconas, poliamidas. Entre -18°C y 100°C, se dispone de una amplia gama de materiales. En aplicaciones a bajas temperaturas, pueden quedar eliminados la mayor parte de termoplásticos.

Humedad. Los efectos deteriorantes producidos por la humedad, son bien conocidos. Para aplicaciones donde exista gran cantidad de humedad, darían buenos resultados el polióxido de fenileno, los acrílicos, butiratos y los hidrocarburos fluorados.

Resistencia a los productos químicos. La mayor parte de los fabricantes de materiales han dado datos sobre la resistencia a los reactivos químicos corrientes durante largos periodos de tiempo. Para productos que exijan una buena resistencia química son muy recomendables las formulaciones a base de poliéster clorado. Otros materiales que poseen buena resistencia química son los plásticos a base de hidrocarburos fluorados, algunos compuestos fenólicos.

Desgaste superficial. La dureza no es necesariamente la referencia más adecuada para obtener datos en cuanto a la resistencia al rayado. En general, los termoestables poseen mejor resistencia a la abrasión. Los plásticos acrílicos ofrecen también buena resistencia a ser rayados por la uña. Para obtener las mejores respuestas es preciso realizar ensayos que reproduzcan las condiciones reales.

Permeabilidad. La mayoría de los plásticos están considerados como poco permeables. El polietileno es permeable al silicato de metilo, hidrocarburos y muchos otros productos químicos. En ciertos casos se utilizan para la reparación de gases ya que permitirá el paso de unos y servirá de barrera para otros.

Estabilidad dimensional. Existen algunos plásticos orgánicos con una estabilidad dimensional muy buena, que son adecuados si se permite alguna variación dimensional por envejecimiento y acción del medio ambiente. Entre estos materiales pueden incluirse al polióxido de fenileno, polisulfonas, fonoxi, vinílicos rígidos y estireno. Estos productos mejoraran su estabilidad dimensional si se les somete a un recocido posterior. Las cargas de vidrio mejorarán la estabilidad dimensional de todos los plásticos.

Resistencia a la intemperie. Muchos plásticos son de vida corta cuando se exponen a la intemperie. Entre los mejores materiales pueden incluirse los acrílicos, clorotrifluoretileno, poliéster, resinas alquídicas, polietileno negro. Los materiales negros son los que resisten mejor las condiciones de intemperie. Algunos copolímeros de estireno son adecuados para ciertas aplicaciones a la intemperie.

Limitaciones en el diseño. Los verdaderos factores limitantes son ciertas consideraciones en el diseño del molde, contracción del material, las operaciones posteriores de montaje o acabado, las tolerancias dimensionales permisibles, contrasalidas,

líneas de partición, secciones frágiles, ritmo de producción y lo que es esencial, el precio de venta.

Costo del material. Algunos materiales de alto precio, se moldean a grandes velocidades y resultan, por tanto, baratos. El ingeniero de producción debe valorar las ventajas esenciales exigidas por la aplicación y encontrar el diseño y el material que proporcionen las ventajas a un costo mínimo, y todo ello haciendo uso de este proceso de eliminación. En todos los casos, un material mal elegido es con mucho el más caro, y el precio por kilogramo no sirve para nada. Otra consideración importante en la elevación del material es saber si el material deseado puede ser moldeado o no con sección y forma requeridas. Todas estas condiciones han de ser estudiadas previamente por el diseñador del molde de modo que se pueda utilizar un material diferente en el caso de que el elegido en primer lugar presente problemas de moldeo.

Después de haber definido, de manera superficial el proceso de diseño y los aspectos influyentes a la hora de diseñar el producto, es conveniente entrar a las cuestiones más apegadas a prácticas en la fabricación de un molde.

V.1.2. Principio sobre proyectos.

La gente que se dedica al diseño de moldes siguen, por lo regular, muchas reglas generales que les han permitido y demostrado que son prácticas y convenientes durante el proceso de diseño.

A continuación se da una lista con la que se debe contar para desarrollar un diseño lo más completo que se desee.

- 1.No intentar decidir sobre lo que se exige a la pieza final moldeada. Debe obtenerse por escrito el permiso para realizar cualquier cambio por insignificante que sea.
- 2.Antes de comenzar el diseño del molde debe comprobarse cuidadosamente el plano de la pieza.
- 3.En los casos en los que se especifica el diseño del molde que se utilizó como base para su acotación, hay que estar seguros de que se sigue este diseño a no ser que se permita alguna variación.
- 4.Los núcleos largos y delgados y las secciones del molde deben diseñarse como partes del mismo cuando no puedan eliminarse cambiando el diseño del producto.
- 5.Comprobar que las conexiones de los canales de agua o vapor no se interfieren con las bridas, pernos fijadores, vástagos de anclaje y otras partes de la prensa.
- 6.Comprobar que existe espacio suficiente entre los canales de agua o vapor y los orificios próximos, $\frac{1}{4}$ pulg. aproximadamente.
- 7.Siempre que sea posible deberán utilizarse tornillos, clavijas y espigas de guía de longitud normalizada.
- 8.Especificar el tipo de acero a emplear en las partes templadas del molde.
- 9.Lllamar la atención por medio de notas sobre las características poco corrientes o dimensiones especiales, de modo que el fabricante se fije en estos equipos.

10. No desviarse de los métodos de diseño normalizado a menos que otro diseñador con experiencia este de acuerdo en que los cambios previstos servirán para mejorar el funcionamiento del molde.

11. Estudiar los métodos empleados en el taller donde se va a fabricar el molde de modo que este pueda dimensionarse de la manera más apropiada con respecto al equipo con el que se dispone.

12. Siempre que sea posible, el diseñador debe indicar el método de montaje para maquinado, mediante la manera en que se colocan las dimensiones en los planos.

13. Las dimensiones importantes se deben dar con tres cifras decimales. En el diseño del producto sólo se deben indicar las tolerancias cuando se necesiten unas tolerancias precisas.

14. Cuando hay que hacer cálculos para determinar los centros de los radios, situar los orificios, perfiles, etc., los datos deben guardarse y anotarse de modo que se puedan volver a calcular las dimensiones fácilmente si fuera necesario realizar algún cambio o comprobación unas semanas más tarde.

15. Cuando se comprueban las dimensiones, deben de hacerse de un modo total; conviene suponer que todas las dimensiones son falsas hasta que se haya comprobado personalmente que los cálculos son correctos.

16. Si se descubre algún error en las dimensiones, conviene averiguar cual fue el razonamiento incorrecto que produjo el error.

17. Hay que sospechar que se cometen errores, y conviene comprobar cada detalle para descubrirlos; hay que evitar cometer dos veces una misma falta.

18. Comprobar la apertura máxima de la prensa de la máquina para asegurar que la pieza moldeada puede sacarse del molde.

19. Estudiar la disposición de las placas, vástagos de sujeción y expulsores para asegurar que el molde podrá instalarse y manipularse en la prensa para lo que se proyectó.

V.1.3. Acotación de planos.

En la acotación de los planos, en el diseño de un molde, siempre va a ser recomendable seguir ciertas normas o reglas que facilitarán la construcción del molde y podrían ser las siguientes:

- Situarse los puntos de coordenadas en lugar de un ángulo y radios.
- Comenzar las acotaciones a partir de un eje central e indicarlas escalonadamente.
- Se sobreentiende que las acotaciones que cruzan un eje central indican una situación simétrica respecto al mismo a no ser de que se indique lo contrario.
- Cuando se trate de la alineación de piezas que ajustan entre sí hay que cerciorarse de que esto es posible al acotar las piezas del molde.
- No repetir las acotaciones más que donde sea absolutamente necesario, en el caso de un cambio de dimensiones, una de las acotaciones puede despreciarse.
- Introducir todas las acotaciones esenciales en cada dibujo.
- Conservar juntas todas las acotaciones relacionadas para que el fabricante del molde no tenga necesidad de andar buscando las medidas que necesita.
- Procurar conservar las acotaciones entre las vistas dentro de lo posible.

-Las dimensiones dadas para la longitud de una rosca, profundidad de un orificio roscado, etc., se sobreentiende en general que indican la longitud mínima de la rosca completa.

-Para las acotaciones corrientes de la cavidad y del macho deben utilizarse tres cifras decimales, sólo donde se precisa una gran exactitud se usan cuatro cifras decimales, o donde sea necesario totalizar o sumar las dimensiones de los componentes.

-Los números y figuras de los originales deben ser suficientemente intensos de modo que se impriman bien.

-Las acotaciones deben realizarse en puntos en los cuales le sea más fácil al fabricante del molde trabajar y medir.

-Donde sea posible es conveniente evitar la repetición de cifras y el uso de la misma combinación de números.

-Cuando existan orificios con fines de montaje deben emplearse una letra doble tal como aa, bb, cc, etc., así se evita la posibilidad de confundir la designación con el diámetro de brocas o de los agujeros correspondientes indicados por letras mayúsculas.

-La tolerancia positiva siempre se coloca arriba de la tolerancia negativa.

V.1.4. Resistencia de los moldes.

El diseño para lograr un molde robusto es siempre un problema, y no puede darse una fórmula definida para este tipo de problema. En la solución de muchos problemas puede servir de guía algunas consideraciones fundamentales. La solidez requerida debe ser tal que resista las cargas de compresión, flexión y corte, impuestas por el compuesto de moldeo comprimido con una gran presión cuando fluye en la cavidad y endurece.

Realmente, las condiciones de flujo durante el moldeo pueden dar lugar a cargas altamente localizadas que no pueden calcularse ni predecirse. Por eso mismo existen cuatro partes del molde que se deben tener en cuenta para asegurar que el diseño del molde es realmente satisfactorio:

- La sección de la barra expulsora debe tener una resistencia adecuada frente a las cargas de flexión.
- El espesor de las placas de apoyo debe ser adecuado.
- La sección de pared de las cavidades del molde debe ser suficiente para resistir la fuerza desarrollada en ellas como consecuencia de la presión del molde.
- El espesor del área del fondo de las cavidades debe ser el suficiente para que no se deforme ni se rompa.

V.2. Designación de los materiales utilizados en la fabricación de moldes.

Acero: El molde a fabricar debe, producir piezas económicas y solidez para resistir el duro manejo a que se estará sometido. Asimismo, se debe tener en cuenta que el costo del acero utilizado en un molde es el factor menos importante; sin embargo, las horas de trabajo empleadas en la construcción de las diferentes partes de un molde, es lo que va a representar una inversión importante que se pierde si el diseño es malo o los materiales no son los adecuados al proyecto planteado.

Como dato general es preciso mencionar que existen cinco clases de acero utilizado por los fabricantes de moldes:

1. *Aceros de cementación*: Los aceros de cementación son los que reúnen las condiciones que más se aproximan a las exigidas a un acero para la construcción de moldes. La ventaja particular consiste que por cementación o carburación, se forma cementita con el tratamiento térmico, se origina una superficie dura como el vidrio y simultáneamente un núcleo resistente y tenaz. La elevada dureza superficial hace que los moldes sean resistentes a la abrasión, y el núcleo tenaz les hace resistentes a los esfuerzos alternativos y bruscos. Estas propiedades se obtienen cuando se calientan los moldes fabricados con acero de bajo contenido de carbono (menos del 0.2%) en un medio que aporte carbono, sosteniendo una temperatura comprendida entre 840 y 900°C, enfriando a continuación en aceite o agua.

Sin embargo, las temperaturas excesivamente elevadas y un tiempo de calentamiento excesivo son perjudiciales para el acero, ya que la estructura se hace muy basta y dificulta el posterior tratamiento térmico de bonificación. Se distinguen en este caso tres tipos de tratamiento térmico que a continuación se dan:

El temple directo, es el que da lugar al final del proceso de carburación sin precalentamiento ni tratamiento posterior.

El temple simple, consiste en volver a elevar la temperatura del molde hasta la de temple, enfriar y revenir hasta una temperatura comprendida entre 180 y 200°C.

El temple doble, se caracteriza por doble calentamiento. Tras la cementación se lleva el molde a una temperatura de temple del material del núcleo, luego se enfría y a continuación se calienta a la temperatura de temple de la capa de cementación. Tras un nuevo enfriamiento, se procede de inmediato al revenido del molde.

Además de las propiedades ya citadas, como una superficie resistente a la abrasión y a una prolongada duración con esfuerzos de flexión alternativos, los aceros de cementación presentan una serie de buenas condiciones para la construcción de moldes, en comparación con los aceros de alto contenido de carbono y de temple completo.

2. *Aceros de temple total*: En los aceros de temple total se produce el aumento de dureza por la formación de martensita debida al rápido enfriamiento que sucede en el calentamiento. Las características mecánicas que pueden alcanzarse por este procedimiento dependen del agente refrigerante y de la velocidad de enfriamiento. Como agentes enfriadores se emplean el agua, aceite o aire. El agua proporciona el enfriamiento más rápido, mientras que el aceite y el aire son más suaves.

El proceso de temple comprende; calentamiento, estabilización de la temperatura, enfriamiento con formación de la estructura de temple y subsiguiente revenido para mejorar la tenacidad. Sin embargo, además de mejorar la tenacidad, el tratamiento de revenido suaviza las tensiones. Por ello se conoce también este proceso como eliminación de tensiones o normalización. Los moldes fabricados con aceros templados tienen una buena

resistencia a la abrasión como consecuencia de su elevada dureza, sin embargo, son más sensibles a la formación de grietas y a la deformación en la comparación con los moldes de cementación o bonificados, debido a su menor tenacidad. Por esta razón, los aceros templados sólo se utilizan, por lo general, para pequeños moldes o elementos planos de los mismos.

3. *Aceros bonificados*: Estos aceros pueden elaborarse con relativa facilidad y económicamente por arranque de viruta. Evitan al fabricante de moldes las dificultades que lleva consigo un tratamiento térmico. Su aplicación es principalmente ventajosa para la construcción de moldes de grandes dimensiones. La desventaja de estos aceros es su reducida resistencia a la abrasión y la deficiente calidad de la superficie de los moldes que hacen necesario un posterior tratamiento superficial. Los aceros son bonificados en la propia industria metalúrgica. Allí son sometidos a tratamientos de revenido después del temple. Mediante el revenido de los aceros a temperaturas superiores a 500°C. Mediante una adecuada elección de la temperatura y de la duración del revenido pueden ajustarse, según la resistencia, determinados valores de la tenacidad. Los aceros con resistencia más elevada no pueden maquinarse ya en forma rentable por arranque de viruta.

4. *Aceros resistentes a la corrosión*: Con algunos polímeros elevados se desprenden, durante la elaboración, productos químicos agresivos, generalmente ácido clorhídrico o ácido acético. Por lo general, se protegen entonces los moldes mediante revestimientos galvánicos, como capas de cromo duro o de níquel. El peligro de que el revestimiento no sea uniforme en todas sus partes es especialmente grande en los moldes con contornos complicados. Además de proporcionar una buena resistencia a la corrosión, el cromado de las superficies se caracteriza por la elevada calidad de las mismas, la reducida abrasión y la propiedad que hace que la pieza inyectada no se adhiera.

Sin embargo, en su composición normal, estos aceros sólo pueden emplearse hasta una temperatura de unos 400°C, ya que, por encima de los 400°C, existe el peligro de una corrosión intercrystalina debida a la separación de carburo. Solamente puede garantizarse una resistencia completa a la corrosión cuando el cromo se encuentra uniformemente distribuido en el hierro. Ello se consigue calentando el acero a la temperatura de temple, ya que, con el calentamiento, se disuelven los carburos de cromo. El cromo queda retenido entonces en su posición mediante un posterior enfriamiento rápido, y solamente a temperaturas superiores a los 400°C se producen nuevas separaciones de carburo.

5. *Aceros de nitruración*: Fundamentalmente pueden nitrurarse todos los aceros cuyos aditivos de aleación formen nitruros. Estos aditivos de aleación son cromo, aluminio, molibdeno y vanadio. No obstante, la dureza máxima no se alcanza precisamente ya en la superficie del molde, sino que esta situada centésimas de mm más abajo. Por ello, es necesario efectuar un trabajo posterior de pulido tras el tratamiento de nitruración. Los aceros de nitruración se suministran recocidos. Por ello, pueden maquinarse por arranque de virutas sin dificultades. Su especial ventaja consiste en que, tras el tratamiento térmico, se obtienen moldes sin tensiones, de gran tenacidad, con elevada dureza superficial y resistencia a la corrosión mejorada. Normalmente, no cabe esperar una deformación de los moldes durante la nitruración.

A continuación se muestra la tabla V.1, en la que se establecen los principales materiales en la fabricación de moldes:

Material	Características	Aplicaciones
AISI/SAE/NOM:4140T	ACERO TRATADO, MEDIO CARBONO, BAJA ALEACIÓN AL CROMO-NIQUEL-MOLIBDENO, GRADO MAQUINARIA, SUBMINISTRADO CON TEMPLE Y REVENIDO, DE BUENA DUREZA CONTROLADA (ALREDEDOR DE 28-30HRc), BUENA MAQUINABILIDAD.	PLACAS DE RESPALDO PLACAS PORTACAVIDADES
AISI/SAE/NOM:9840T	ACERO TRATADO, MEDIO CARBONO, BAJA ALEACIÓN AL CROMO-NIQUEL-MOLIBDENO, GRADO MAQUINARIA, SUBMINISTRADO CON TEMPLE Y REVENIDO, DE BUENA DUREZA CONTROLADA (ALREDEDOR DE 28-30HRc), BUENA MAQUINABILIDAD.	
AISI/SAE/NOM:P20	ACERO TRATADO, MEDIO CARBONO, BAJA ALEACIÓN, SUBMINISTRADO CON TEMPLE Y REVENIDO, DE ALTA DUREZA (30-32HRc) ACEPTABLE MAQUINABILIDAD Y BUENA TENACIDAD.	
AISI/SAE/NOM:4140R	ACERO MEDIO CARBONO, BAJA ALEACIÓN AL CROMO-MOLIBDENO, GRADO MAQUINARIA, DE GRAN TENACIDAD Y DUREZA (11-16HRc) AL APLICARSE AL TEMPLE Y REVENIDO.	
AISI/SAE/NOM:9840R	ACERO MEDIO CARBONO, BAJA ALEACIÓN AL CROMO-NIQUEL-MOLIBDENO, GRADO MAQUINARIA, DE GRAN TENACIDAD Y DUREZA (14-16HRc) AL APLICARSE EL TEMPLE Y REVENIDO.	CAVIDADES Y CORAZONES, ARANDELAS DE EXPULSIÓN, BOQUILLAS
AISI/SAE/NOM:D2	ACERO ALTO CARBONO DE ALTA ALEACIÓN, GRADO HERRAMIENTA, ACEPTABLE MAQUINABILIDAD PREVIO AL TEMPLE Y DE ALTA DUREZA (58-60HRc) A SU APLICACIÓN, DE ALTA RESISTENCIA AL DESGASTE Y GRAN TENACIDAD.	
AISI/SAE/NOM:D3	ACERO ALTO CARBONO, DE ALTA ALEACIÓN, GRADO HERRAMIENTA, DE FACIL MAQUINABILIDAD PREVIO AL TEMPLE, Y DE ALTA DUREZA (60-66HRc) A SU APLICACIÓN, DE ALTA RESISTENCIA AL DESGASTE Y BUENA TENACIDAD.	
AISI/SAE/NOM:H12	ACERO MEDIO CARBONO, ALTA ALEACIÓN AL CROMO-MOLIBDENO-SISTEMO, GRADO HERRAMIENTA, DE FACIL MAQUINABILIDAD PREVIO AL TEMPLE Y DE ENFRENTO AL DUREZA (50-52HRc) Y PULIDO A SU APLICACIÓN.	
AISI/SAE/NOM:H13	ACERO MEDIO CARBONO, ALTA ALEACIÓN AL CROMO-MOLIBDENO-SISTEMO, GRADO HERRAMIENTA, DE FACIL MAQUINABILIDAD PREVIO AL TEMPLE Y DE ENFRENTO AL DUREZA (50-52HRc) Y PULIDO A SU APLICACIÓN, MUY APTO PARA CONTINUOS CICLOS TERMICOS.	
AISI/SAE/NOM:420	ACERO INOXIDABLE, BAJO CARBONO, ALTA ALEACIÓN, GRADO HERRAMIENTA, DE FACIL MAQUINABILIDAD PREVIO AL TEMPLE Y DE ENFRENTO AL DUREZA (50-52HRc) Y PULIDO A SU APLICACIÓN, RESISTENTE A LA CORROSIÓN.	CAVIDADES Y CORAZONES, ARANDELAS DE EXPULSIÓN
AISI/SAE/NOM:L6	ACERO ALTO CARBONO, DE ALTA ALEACIÓN AL CROMO-NIQUEL-MOLIBDENO, GRADO HERRAMIENTA, ACEPTABLE MAQUINABILIDAD PREVIO AL TEMPLE Y DE BUENA DUREZA (46-50HRc) A SU APLICACIÓN, DE MUY ALTA TENACIDAD.	
AISI/SAE/NOM:4320	ACERO MEDIO CARBONO, BAJA ALEACIÓN AL CROMO-NIQUEL-MOLIBDENO, GRADO MAQUINARIA, DE BUENA MAQUINABILIDAD Y ALTA TENACIDAD, MUY APROPIADA PARA EL TEMPLE Y CEMENTADO, LOGRANDO UNA CAPA SUPERFICIAL DE MUY ALTA DUREZA (60-62HRc) Y RESISTENCIA AL DESGASTE.	
AISI/SAE/NOM:8620	ACERO MEDIO CARBONO, BAJA ALEACIÓN AL CROMO-NIQUEL-MOLIBDENO, GRADO MAQUINARIA, DE BUENA MAQUINABILIDAD, APROPIADA PARA EL TEMPLE Y CEMENTADO, LOGRANDO UNA CAPA SUPERFICIAL DE MUY ALTA DUREZA (60-62HRc) Y RESISTENCIA AL DESGASTE.	
AISI/SAE/NOM:1045	ACERO MEDIO CARBONO, BAJA ALEACIÓN, GRADO MAQUINARIA, ACEPTABLE MAQUINABILIDAD, SUSCEPTIBLE DE TEMPLARSE.	ANILLOS CENTRAIDORES, POSTES DE ACENTAMIENTO

Tabla.V.1. Principales materiales en la fabricación de moldes.

V.3. Métodos para la fabricación de moldes.

V.3.1. Procesos y equipo.

Las formas principales en que un metal puede transformarse en los componentes de un molde son:

1. Corte de metales o maquinado con arranque de viruta, que consiste en la separación del metal de una pieza de repuesto por aplicación mecánica de fuerzas sobre una herramienta que posee uno o más filos cortantes. Aproximadamente el 90% de los moldes pueden obtenerse por maquinado, con las máquinas y herramientas que se encuentran actualmente en el mercado, pueden elaborarse por maquinado tanto los aceros de nitruración, de cementación y de temple completo. Y existen diversos procesos de corte de metales, en la aplicación del diseño de un molde, que poco a poco se irán describiendo.

Trocear: Es un proceso en el que se permite el corte de las piezas, por lo general barras, al tamaño deseado usando para esto alternativas mecánicas o sierra de cinta. Considerando que en algunos talleres, en el diseño de moldes, cuentan con discos abrasivos para dar lugar a un corte suave y con poco desperdicio; cuyo método es muy eficiente en el corte de barras de acero que son templadas, espigas extractoras normalizadas e igualmente templadas.

Torneado: Los tornos se utilizan para la realización de formas redondas, roscas internas y externas, taladrado, pulir, abrillantar. Algunos talleres poseen tornos para pulir a altas velocidades. Y para realizar perfiles complicados en una cavidad o en un núcleo pueden utilizarse tornos copiadores, un equipo de este tipo ahorra con frecuencia muchas horas de cálculo tanto en el proyecto como en el taller.

Taladrado: El taladrado está considerado por muchos como el proceso de maquinado o de cortar metales más rápido y más económico. La taladradora radial es una máquina muy útil para trabajos duros que tienen un cabezal portabroca montado en el brazo móvil que puede llevarse a la posición deseada en las operaciones de taladrado. Sin embargo, también existe taladradora de plantillas que es una combinación de una perforadora de columna y una fresadora vertical que es capaz de realizar trabajos muy precisos.

Rectificado: La operación de rectificado es el medio más efectivo conocido para maquinar el acero templado. Las rectificadoras se utilizan con frecuencia para obtener un acabado suave en bloques de acero antes de comenzar el trabajo proyectado. Aquí se dan ejemplos de algunos tipos de rectificadoras:

- Rectificadora de superficie giratoria o vertical: se utiliza para el rectificado con acabado basto en superficies planas demasiado grandes. Esta rectificadora funciona en general acompañada de un chorro pulverizado de una solución refrigerante por encima de la pieza que se trabajara.

- Rectificadoras de superficies planas exteriores: este tipo de máquina se utiliza para rectificar piezas de acero dulce o templado a las medidas deseadas. Estas máquinas pueden ser rectificadoras en húmedo o en seco.
- Rectificadoras cilíndricas y para interiores: se utiliza para rectificar formas cilíndricas que se pueden girar entre puntos. Se utilizan para la rectificación de taladros, radios interiores y otras formas redondas que exigen gran exactitud.

Fresado: Es un proceso de cortar metales rectangulares. Todas las fresadoras tienen un banco de trabajo que puede moverse en tres direcciones coordinadas relativas a un husillo horizontal o vertical. Al igual que en las rectificadoras hay una diversa variedad de fresadoras.

- Fresadora universal y horizontal: estas máquinas ejecutan algunas de las operaciones propias de las rectificadoras de superficies planas exteriores, limadoras o cepilladoras.
- Fresadoras verticales: estas máquinas se usan en la mayor parte de las operaciones finales de corte en superficies rectangulares de la cavidad y en el acoplamiento de núcleos. Para dar más versatilidad a las fresadoras verticales, existen toda una serie de accesorios, entre los cuales están los copiadores hidráulicos, mesas giratorias, goniómetros de precisión y cabezales divisores. Con estos accesorios, los fabricantes de moldes pueden hacer frente a las exigencias de los diseños más complejos.
- Fresadora de cabezal giratorio: esta máquina puede controlar el movimiento del husillo de tal modo que la fresa pueda moverse según trayectorias rectas, en ángulo o radiales además del movimiento vertical a lo largo de su eje. Esta característica, unida a los movimientos horizontales corrientes de la mesa, permite la obtención de perfiles que exigirían una mesa giratoria unida a una fresadora vertical corriente con husillo fijo.

2. Procesos sin arranque de material en el metal, en la fabricación de moldes para inyección, la elaboración sin arranque de material se emplea principalmente cuando hay que conseguir unas cavidades del molde con una superficie complicada de llevar a cabo con un proceso de maquinado, como los mencionados anteriormente lo cual quiere decir, en este proceso se usan la fuerza eléctrica, química o mecánica, pero no se hace uso de una herramienta de corte.

Electroerosión: es un proceso de conformación en el que se aprovecha el efecto de desgaste producido por descargas eléctricas breves y consecutivas, con tensiones alternas de 20V, entre el electrodo y el molde, dentro de un líquido dieléctrico que puede ser agua, o hidrocarburos como petróleo, gasolina, etc. Mediante cada una de las descargas sucesivas se calienta, a temperatura de fusión o vaporización, un volumen limitado de la pieza y del electrodo, que se elimina explosivamente de la zona de trabajo mediante fuerzas mecánicas y eléctricas, con ello se originan cráteres en ambos electrodos, cuyas dimensiones dependen de la energía de la chispa, que permiten distinguir entre desbastado y afinado. La electroerosión es lenta si se compara con el corte mecánico de aceros suaves, pero en ciertos casos, tales como ranuras estrechas y profundas, este procedimiento posee grandes

ventajas. Además, en éste también se necesita de un modelo, el cual, se utiliza como el electrodo y por ello se debe fabricar el modelo, utilizando aleaciones de cobre.

Erosión química: en este los metales se atacan con soluciones ácidas para obtener la cavidad del molde. Precisamente en la fabricación de moldes se han utilizado también el arte y la experiencia del fotograbado. Por otro lado, los detalles que se aplican a un molde por erosión o desplazamiento químico poseen una profundidad muy uniforme y en la pieza moldeada aparecerán como marcas o adornos en relieve.

3. Procesos de deposición de metales, en los que se utilizan un modelo o patrón sobre el cual se deposita el metal formando un negativo.

Embutición con punzón en caliente o colada a presión: este método es empleado para obtener las mejores piezas de una cavidad a partir de berilio-cobre. La aleación fundida se vierte sobre un modelo de acero templado, llamado para este caso punzón de forma. Los especialistas de fundición de berilio a presión son los que van a recomendar el tipo de aleación de acero que se utilizara para la fabricación del punzón o modelo. Sin embargo, algunos aceros con alto contenido de aleación son caros y difíciles de maquinar. Una cualidad del costo del modelo es que se va a equilibrar con las ventajas que se obtienen por este proceso que permite lograr detalles imposibles de maquinar o embutir con punzón de forma en frío.

Electromoldeo: es un proceso de revestimiento galvánico que es diferente de las técnicas de colada empleadas en la deposición de metales. En los procesos de la colada se utiliza energía calorífica para fundir los metales y fuerzas físicas bien controladas; sin embargo, en un proceso de electromoldeo se depositan iones de níquel puro y duro sobre un modelo conductor o recubierto de una sustancia conductora, la deposición o revestimiento electrolítico del molde se produce a la velocidad de 0.001 a 0.003 pulg/h. Las ventajas aquí son que se pueden utilizar como modelos materiales como la cera, polietileno, otros termoplásticos, y caucho siempre y cuando se les dé un recubrimiento conductor.

V.4. Desarrollo del diseño.

Necesidad:

Desarrollar un molde de inyección para un artículo determinado, para nuestro proyecto es una portacigarrera, que servirá para involucrarse en el área de diseño; que en dado momento se utilizará en la máquina de inyección con la cual cuenta la Facultad de Ingeniería.

Definición del problema:

Este molde deberá tener la particularidad de ser lo más pequeño posible, para reducir bastante sus costo, y poder manejarse sin dificultades por el personal que labore con el molde diseñado, facilidad de uso, buen acabado superficial, mantenimiento mínimo, facilidad de transporte, facilidad para ser instalado, llevar acabo el ensamble con herramientas convencionales al igual que su instalación.

El desarrollo en esta parte es el siguiente:

- Selección del material del molde.
- Producto a fabricar.
- Selección del material del producto.
- Diseño de los sistemas.
- Planos y dibujos.
- Ruta de trabajo para su futura fabricación.

Selección del material para el molde.

En primera instancia, para este tema, se debe considerar la existencia de una infinidad de procesos para la selección del material adecuado en un molde de inyección de plásticos, como ya se sabe la selección se lleva a cabo de acuerdo a las características más sobresalientes que se encuentran inmersas en el proceso de inyección, en este caso para el molde, sin olvidar aquellos aspectos que se dan en su entorno, que serán mencionados en su momento.

Con el objetivo de conseguir la máxima utilidad es necesario que los materiales usados en la fabricación de moldes tengan en cuenta las siguientes propiedades.

-Alta resistencia al desgaste: Para aumentar la rigidez de las piezas inyectadas, estas se refuerzan con fibra de vidrio, materiales minerales, etc., a gran escala. Estos, así como los pigmentos de color, son altamente abrasivos. Por lo tanto es de gran importancia la elección del material y/o recubrimiento de las superficies.

-Alta resistencia a la corrosión: Los componentes agresivos como, por ejemplo, los equipamientos protectores contra fuego, o el mismo material pueden originar agresiones químicas a las superficies del molde. Junto con los materiales de relleno y de refuerzo con efectos abrasivos pueden seguir daños acumulativos del molde. Es aconsejable utilizar aceros de alta resistencia a la corrosión o con recubrimiento de las superficies.

-Alta estabilidad de medidas: La inyección de plásticos de elevada resistencia térmica exige temperaturas internas de la pared del molde de hasta 250°C. Esto presupone la aplicación de aceros con una elevada temperatura de revenido. Si no se tiene en cuenta esta exigencia, se puede producir, en función de la temperatura, un cambio de la estructura del molde, y con ello un cambio de las medidas del mismo. El cambio de medidas debido a tratamientos térmicos debe ser mínimo, pero por lo general no se puede evitar.

-Buena ductilidad térmica: En el caso de inyectar termoplásticos parcialmente cristalinos, la conductibilidad térmica en el molde adquiere gran importancia. Para influenciar adecuadamente la conducción del calor, se pueden utilizar aceros de diferentes aleaciones. No obstante, esta medida para controlar la termoconducción es relativamente limitada.

Además de estos requisitos ya descritos, los materiales deben presentar una buena maquinabilidad, alto grado de dureza y permitir un buen proceso de pulido.

En cuanto al proceso o método de selección se ha elegido el proceso de propiedades ponderadas; esto debido a que es el método más utilizado en la práctica, el cual nos permite ser manejado con mayor facilidad y entendimiento conforme se va desarrollando. Además, nos permitirá obtener una selección que se apegue a los criterios propios, conociendo, como ya se había mencionado, las características que vayan de la mano con el diseño del molde y por supuesto la cavidad en este mismo. A continuación se define como realizar el proceso de propiedades ponderadas.

Método de propiedades ponderadas: Este método se utiliza cuando se pone a consideración varias propiedades que de acuerdo al juicio que se tenga o criterio en donde todas son importantes.

En primer lugar se designan las propiedades correspondientes para el buen funcionamiento del molde. En este método a cada propiedad se le asigna un peso dependiendo de su importancia. Este procedimiento se sigue igualmente en la selección del material plástico con el cual se realizará el artículo diseñado.

A continuación se da paso a la selección del material siguiendo el método ya descrito.

Tomando las propiedades, establecidas de acuerdo al funcionamiento del molde y al criterio propio son las siguientes:

Costo: En lo que se refiere al costo, necesariamente se requiere de un material que sea razonable para lograr su obtención sin llegar al exceso.

Resistencia al desgaste: Por el hecho de que el molde se va a encontrar en continuo trabajo, debemos considerar un material lo suficientemente resistente al desgaste.

Trabajo en caliente: Una cuestión importante y fundamental es el desempeño del molde para el trabajo en caliente.

Pulido: Debe contar con excelentes propiedades para realizar un buen pulido en el acero a seleccionar.

Dureza: Contar con una alta dureza, de acuerdo a los valores en materiales para moldes, y que no proporcione dificultades en el momento de ser maquinado.

Tenacidad: Lograr una tenacidad aceptable para su aprovechamiento.

A continuación se muestra en la tabla V. II., el factor de peso para cada propiedad dependiendo de la aplicación del material.

Propiedad	Factor de peso dependiendo de la aplicación (1-5)		
	Placas de respaldo, placas portacauidades.	Corazones, arandelas de expulsión y boquillas.	Bujes, pernos guía, pernos expulsores y rondanas.
Costo	5	2	2
Resistencia al desgaste	2	5	5
Trabajo en caliente	1	3	1
Pulido	5	4	3
Dureza	3	5	5
Tenacidad	3	1	2

TABLA V.II. FACTOR DE PESO EN LAS PROPIEDADES Y APLICACIÓN DE MATERIALES.

Ahora se llevan a cabo las siguientes tablas, con los materiales ya designados para el proceso, en donde se seleccionaran los aceros dependiendo de la aplicación a la cual son sometidos.

Material	Factor de peso en las propiedades (1-5)						Total
	Costo en 1 pulg	Resistencia al desgaste	Trabajo en caliente	Pulido	Dureza	Tenacidad	
AISI/SAE/NOM: 4140T	5	3	1	5	3	4	21
AISI/SAE/NOM: 9840T	2	3	4	4	3	4	20
AISI/SAE/NOM: P20	2	4	2	5	3	1	17
AISI/SAE/NOM: 4140R	5	2	1	3	4	5	20
AISI/SAE/NOM: 9840R	5	2	1	3	4	5	20

TABLA.V.III. SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA PLACAS DE RESPALDO, PLACAS PORTACAVIDADES.

Material	Factor de peso en las propiedades (1-5)						Total
	Costo en 1 pulg	Resistencia al desgaste	Trabajo en caliente	Pulido	Dureza	Tenacidad	
AISI/SAE/NOM: D2	2	5	2	2	5	2	18
AISI/SAE/NOM: D3	2	5	1	2	5	2	17
AISI/SAE/NOM: H12	2	4	3	4	5	1	19
AISI/SAE/NOM: H13	2	5	3	5	5	1	21
AISI/SAE/NOM: 420	2	3	2	4	5	1	17
AISI/SAE/NOM: L6	4	2	3	1	5	2	16

TABLA.V.IV. SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA CAVIDADES Y CORAZONES, ARANDELAS DE EXPULSIÓN BOQUILLAS.

Material	Factor de peso en las propiedades (1-5)						Total
	Costo en 1pulg	Resistencia al desgaste	Trabajo en caliente	Pulido	Dureza	Tenacidad	
AISI/SAE/NOM: 4320	3	5	3	4	5	4	24
AISI/SAE/NOM: 8620	4	5	1	3	5	3	21
AISI/SAE/NOM: 1045	5	3	1	1	2	1	13

**TABLA.V.V. SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA BUJES Y PERNOS GUÍA
PERNOS EXPULSORES, RONDANAS LIMITADORAS.**

NOTA: EL 1045 SOLAMENTE ES PARA ANILLOS CENTRADORES Y POSTES DE ACENTAMIENTO

De acuerdo a las tablas anteriores podemos observar que los materiales más sobresalientes en el proceso para cada una de las aplicaciones, son los siguientes, los cuales serán mostrados en una tabla:

Material	Aplicación
AISI/SAE/NOM: 4140T	Placas de respaldo, placas portacavidades
AISI/SAE/NOM: H13	Cavidades y corazones, arandelas de expulsión, boquillas
AISI/SAE/NOM: 4320	Bujes y pernos guía, pernos expulsores, rondanas limitadoras.

TABLA.V.VI. MATERIAL SELECCIONADO.

Ahora se mencionarán las características principales por las cuales se eligieron estos materiales.

Material	Características
AISI/SAE/NOM:4140T	Bajo costo, aceptable en la propiedad de tenacidad
AISI/SAE/NOM: H13	Alto costo, resistencia al desgaste aceptable, adecuado para el trabajo en caliente, excelente para ser pulido, dureza 50-52Rc.
AISI/SAE/NOM: 4320	Costo bajo, resistencia al desgaste, excelentes propiedades de pulido, dureza 60-62 Rc. Buena tenacidad.

TABLA.V.VII. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL MATERIAL SELECCIONADO.

Con lo mostrado hasta el momento se puede elaborar un criterio general en lo correspondiente a la selección del material para el molde. A continuación se hablara un poco acerca del producto que será elaborado para así desarrollar el diseño del molde.

Producto a fabricar.

Aquí podremos mostrar lo que va a ser el producto, que forma parte de la cavidad, como se definió y la selección del material plástico para éste. Hay que entender, en el momento de hablar de la cavidad también nos referimos al producto, porque son dependientes entre sí. En primera instancia es recomendable tener presente los puntos importantes con los que deberá contar nuestro producto, logrando con esto la obtención de un material para el producto, que se va a encontrar como la cavidad del molde, es sumamente adecuado a las características que consideramos necesarios y óptimos para el buen desarrollo que va a tener el producto en el mercado. Además, en la selección del material se complica el procedimiento y no es sólo cuidar la funcionalidad del producto sino su apariencia, costo e impacto comercial.

La definición del producto se da de acuerdo a la necesidad de solucionar un problema o también en la innovación de un artículo atractivo, dirigido al consumidor en general. Para nuestro estudio se tomó la segunda alternativa con el propósito de dar un margen algo diferente a lo que se acostumbra en la elaboración de un diseño.

Los primeros pasos en la obtención de un nuevo producto, dentro de la universidad, se puede realizar de manera sencilla para un mejor manejo en el tema.

- Establecer diversos orígenes.
- Una vez elegido el origen, se crea una lluvia de ideas.
- Se define para quien va dirigido el producto.
- Escoger la idea más sobresaliente, cumpliendo los pasos anteriores.
- Como último paso se desarrolla la idea, para crear el producto.

Ahora se describen los pasos para este proyecto:

- Orígenes:
 - Artículos para oficina
 - Artículos escolares
 - Artículos con carácter innovador, productos en general.
- Se elige el origen de un producto innovador, esto se da en el momento de su fabricación y desde la parte del diseño ya que deberá de cumplir con tres aspectos importantes para considerarse como innovador a) material, b) apariencia, c) geometría, d) costo, las ideas más sobresalientes para un producto de este tipo son:
 - Una caja para disquetes
 - Un estuche de plumas
 - Un portacigarros
 - Un portavasos
 - Un sujetador de papel
 - Un cenicero
- La idea más sobresaliente con los aspectos anteriores es el portacigarros, con esto llegamos a que el producto a realizar va a estar dirigido a la comunidad vinculada con el tabaquismo, tomando en cuenta el alto índice en el consumo del tabaco, buscando asimismo condiciones aceptables para nuestro artículo que va con la idea de salir al mercado.

En el desarrollo de la idea, tenemos que va a ser un producto, portacigarros, de plástico con las necesidades más usuales del consumidor. Lo cual nos dice, debe ser adecuado en su tamaño para no dificultar su obtención, color atractivo, con cierta durabilidad, capacidad máxima de cinco a seis cigarrillos, y estos aspectos se describirán más adelante en la selección del material plástico para el producto. Las dimensiones aproximadas con las que se trabajará se muestran en la fig.34.

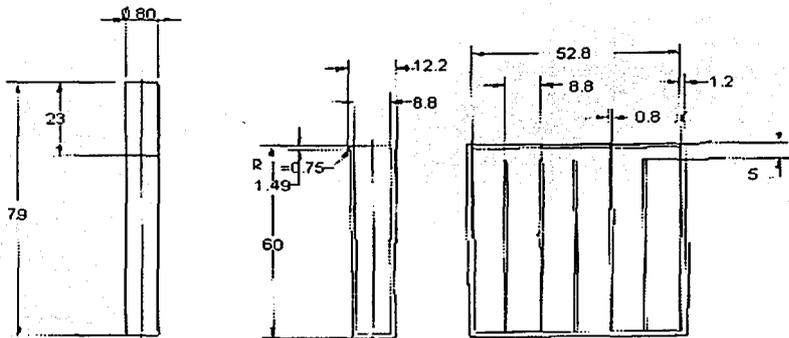


Fig.34. Dimensiones aproximadas del producto a fabricar.

Para establecer las características de un producto nuevo, se deben formular ciertas preguntas y de la misma manera buscar la solución a ésta, que van a servir como base para el producto. Algunas de estas preguntas podrán ser:

- ¿Debe ser suave, rígido, flexible?
- ¿Se requiere algún acabado superficial determinado, brillante, liso, rugoso?
- ¿Puede permitir tolerancias dimensionales?
- ¿Quién lo va a emplear?
- ¿Debe llevar un color específico?
- ¿Qué número de piezas se van a fabricar?

Por otro lado, deben de considerarse propiedades que son revisadas cuidadosamente y establecer parámetros de tipo cualitativo que deben traducirse en medidas cuantitativas. A continuación se describirán algunas de las propiedades esenciales para la obtención adecuada del producto.

Apariencia: se debe cuidar si se desea un artículo liso, brillante, opaco, con superficie tratada o algún acabado en particular ya que algunos materiales por cualidades inherentes a ellos son capaces de proporcionar diferentes acabados.

Economía: además de conocer el precio por kilogramo del material, es necesario conocer la densidad del mismo. Esto porque, si bien la materia prima se compra en \$/kilogramo, el producto final se vende en unidades, entonces, es necesario conocer cuantas piezas se pueden fabricar por kg de material comprado.

Estabilidad dimensional: en el momento de diseñar la pieza y fabricar los moldes prototipos es necesario observar y especificar si la pieza presenta contracción en el molde sin afectar sus cualidades de funcionamiento.

Medio ambiente: además de cuidar que la pieza cumpla los requisitos adecuados que le hagan funcional, también se debe considerar que puede ser afectada por el transporte, almacenamiento y agentes externos fuera de su función específica.

Después de una breve explicación acerca del producto a moldear y de sus características funcionales, se prosigue a realizar la selección del material del producto, tomando en cuenta lo ya mencionado.

En la selección del material se determinan las cualidades que serán evaluadas, éstas serán de acuerdo a cada producto dependiendo de su desempeño y serán clasificadas como:

1. Cualidades indispensables: dentro de éstas se encontrarán las propiedades que debe presentar el material para que sea funcional el artículo y que sin éstas, no tiene sentido ser aplicado ese material para la fabricación.
2. Cualidades necesarias: son las cualidades necesarias la facilidad de procesamiento y la economía que se mide en función de la densidad y precio de la materia prima, siendo mejor calificados los plásticos de menor densidad y más baratos.
3. Cualidades opcionales: estas normalmente son el color o en algunas ocasiones el diseño, que para efectos de mercadotecnia se ven influenciados y pueden ser modificados. Aquí se incluyen todas las propiedades que impartan un valor agregado al producto.

Selección del material plástico:

Para la selección de los materiales se toma en cuenta las siguientes características:

Propiedad	Factor de peso dependiendo de la propiedad (1-5)
Densidad baja	5
El plástico sea semi-rígido	4
Traslúcido	4
No se rompa	5
Resistente a rasguños	4

TABLA V.VIII. FACTOR DE PESO PARA LAS PROPIEDADES DE PLÁSTICOS.

Aquí se muestra una tabla con los aspectos mencionados:

Material	Densidad	Semi-rígido	Traslúcido	No se rompe	Resiste rasguños	Total
PP	5	4	4	5	4	22
PEHD	5	4	4	5	2	20
PS	2	1	3	1	4	11
ABS	2	4	1	1	4	12
SAN	2	2	2	1	1	8
PA	2	2	1	3	1	9
POM	1	4	4	1	4	14
PMMA	2	2	1	1	4	10
PPO	2	2	1	2	4	11
ABS/PC	2	2	1	1	4	10
PVC(blando)	2	1	1	5	3	12

Tabla.V.IX. Material plástico y sus características.

Ahora se muestran los materiales en orden ascendente, con lo requerido en nuestras características:

Orden	Material
1	PP
2	PEHD
3	POM
4	ABS
5	PVC(blando)
6	PS
7	PPO
8	ABS/PC
9	PMMA
10	PA
11	SAN

Tabla.V.X. Orden de los materiales seleccionados.

Los materiales hasta el momento son: a) polipropileno, b) polietileno de alta densidad. Estos se eligieron de acuerdo a las características ya mencionadas en la tabla V.VII. Sin embargo para la tapa del producto, una alternativa para el material es precisamente el poliestireno, además aquí se describirán las características más sobresalientes de estos tres materiales plásticos.

Polipropileno (PP)

Estructura: Parcialmente cristalino.

Densidad: 0.91-0.93 g/cm³

Propiedades térmicas, ópticas, mecánicas: Material más duro y resistente a temperaturas altas que el polietileno, pero menos resistente a temperaturas bajas. Muy apto para bisagras. Duro, difícil de romper, muy buenas propiedades dieléctricas, inocuo para la salud, permeable a sustancias aromáticas.

Propiedades químicas: Resiste a: ácidos, alcalinos, soluciones salinas, alcohol, gasolina, zumos de fruta, aceite, leche. No resiste a: hidrocarburos clorurados, evitar contacto con cobre, escasa tendencia a resquebrajarse.

Identificación del material: PP es fácil de inflamar, gotea durante la combustión, llamas claras con núcleo azul, fuerte olor a parafina.

Reciclado: Se admite hasta el 100% de material recuperado.

Contracción: 1.2 a 2.5%. La contracción se alcanza después de 24 horas.

Polietileno de alta densidad (PE-HD)

Estructura: Parcialmente cristalino

Densidad: 0.92-0.96 g/cm³

Propiedades térmicas, ópticas, mecánicas: Material flexible y blando, según densidad resistente hasta -40°C, resistente al choque térmico, inquebrantable. Buenas propiedades dieléctricas, inocuo para la salud, permeable a sustancias aromáticas.

Propiedades químicas: Resistente a: ácidos, alcalinos, disolventes, alcohol, gasolina, zumos de fruta, aceite, leche. No resiste a: sustancias aromáticas, hidrocarburos clorurados, tienden a resquebrajarse.

Identificación del material: PE-HD es fácil de inflamar, arde goteando después de eliminar la llama, llamas claras con núcleo azul, fuerte olor a parafina.

Reciclado: Se admite hasta el 100% de material recuperable.

Contracción: 1.2 a 2.5%. La contracción total se alcanza después de 24 horas.

Poliestireno (PS)

Estructura: Amorfo

Densidad: 1.05 g/cm³

Propiedades térmicas, ópticas, mecánicas: Duro, rígido, fácil de quebrar, muy buenas propiedades dieléctricas, escasamente higroscópico, alta estabilidad dimensional, transparente, brillante, fácil de colorear, sin olor ni sabor.

Propiedades químicas: Resiste a: ácidos, alcalinos, alcohol, grasa, aceite, soluciones salinas. No resiste a: gasolina, benceno, diversos disolventes, tiende a resquebrajarse.

Identificación del material: PS es fácil de inflamar, arde con llama amarilla, produciendo mucho hollín y un olor típicamente dulzón.

Reciclado: Se admite hasta el 100% de material recuperado

Contracción: 0.3-0.6%

Ahora, en cuanto se refiere a la apariencia, del producto, se escoge traslúcido, para dar un aspecto visible de los cigarros y de alguna manera poder observar su interior, sin embargo en esta parte también va ha estar presente lo que es el color precisamente para determinar la apariencia.

Color:

Los colores que se pueden presentar se dan en dos categorías de acuerdo al criterio para este producto, los cuales son:

Apariencia elegante

Apariencia juvenil

Esto es con el fin de cumplir con los diverso gustos de la comunidad que vaya a adquirir el artículo.

Colores elegantes: Negro, dorado y plateado.

Colores juveniles: Verde, azul y gris.

Todos estos colores pueden actuar igualmente tanto para el portacigarros y la tapa o bien combinar los colores para estas partes.

Diseño de los sistemas

En esta parte es en donde se muestra el diseño siguiendo una metodología sencilla, lo cual significa que este desarrollo se llevara a cabo por medio de la teoría existente para diseñar los sistemas que componen un molde de inyección de plásticos. Llevando a cabo el diseño de acuerdo a la máquina de inyección ERGOtech-pro 50.

Algunas de las características de esta máquina son:

Fuerza de cierre	500 kN
Carrera máxima de apertura	400mm
Distancia útil entre columnas	355x355mm
Peso máximo del molde	400kg
Carrera del expulsor	125mm
Carrera máxima de dosificación	150mm
Carrera máxima de boquilla	250mm
Presión de apoyo de boquilla	66kN
Capacidad de tolva	35Ltr
Capacidad del tanque de aceite	135Ltr
Grupo motobomba	135kW
Potencia total instalada	11.0kW
Peso neto (sin Aceite)	2500kg
Medidas LxAxAlt.	3650x1150x1770

Bebedero:

Deberá tener la facilidad de poder alimentar los canales consecutivamente e individualmente las piezas a inyectar, portacigarrera y tapa. Las dimensiones se consideraron de acuerdo a las medidas establecidas en la máquina de inyección con la que cuenta la Facultad de ingeniería, que se muestran en la figura 35.

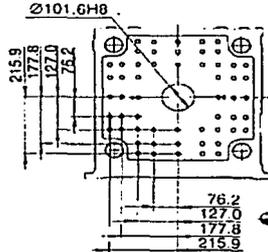


FIG. 35. DIMENSIONES DE LA MÁQUINA DE INYECCIÓN

De aquí partimos en que el bebedero tiene un diámetro de 106 mm y las dimensiones de las placas portamoldes de 180x180, en la figura anterior se muestra que es posible sujetarla de acuerdo con las dimensiones mostradas. Además de que la teoría nos indica que para los moldes simples se emplea el bebedero puntiforme o sus variantes, como es este caso, cuando se trata de piezas de paredes finas, espesores menores a 3mm, y podemos observar que es aplicable a nuestro caso por el hecho de que el espesor de la pieza a producir es de 1.2 mm.

Canales de alimentación:

Este sistema se calculó por medio de la teoría que se menciona que los canales de alimentación deberán ser o tener un espesor de 1.5 veces más el espesor de la pieza a producir, que se deduce de la siguiente figura 36.

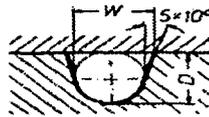
Calculo:

$$W = 1.25 \cdot D \cdot 0.20$$

$$W = 4.05\text{mm}$$

En donde:

0.20=factor de seguridad



$$W = 1.25 D$$

$$D = S_{\text{max}} \cdot 1.5 \text{ mm}$$

FIG. 36. CÁLCULO DEL CANAL DE ALIMENTACIÓN

Entrada de alimentación:

Las medidas tomadas para el diseño de la entrada de alimentación fueron las que se muestran en la siguiente figura 37.

Cálculos adicionales:

Fuerza de cierre:

$$F_{\text{cierre}} = 1.3 \cdot F_{\text{iny}}$$

$$F_{\text{iny}} = P_{\text{iny}} \cdot A_{\text{proy}}$$

$$A_{\text{proy}} = 2016.12 \text{ mm}^2$$

$$P_{\text{iny}} = 1200 \text{ bars} = 120 \text{ Mpa}$$

$$F_{\text{iny}} = 120 \times 10^6 \cdot 0.002016 = 241.9 \text{ kN}$$

$$F_{\text{cierre}} = 1.3 \cdot 241.9 = 314.51 \text{ kN}$$

En donde podemos deducir que para nuestro caso si es posible efectuar este proceso en dicha máquina ya que la máquina seleccionada tiene una capacidad de 500kN, y la fuerza de cierre requerida para nuestro producto es menor a la de la máquina.

Deformación del molde:

$$W = (8 \cdot S \cdot Z) / L$$

$$S = \text{esfuerzo en el centro} = 101.94 \text{ kg/mm}^2$$

$$Z = (b \cdot d^2) / 6 = (150 \cdot 180^2) / 6 = 810000$$

$$L = \text{longitud } 180 \text{ mm}$$

$$W = (8 \cdot 101.94 \cdot 810000) / 180 = 3669840 \text{ kg}$$

$$W = 3669.846 \text{ Ton.}$$

Lo cual nos indica que la fuerza de cierre requerida para este molde es de aproximadamente 350Ton, y el molde alcanzará su deformación en el momento de llegar a 3669.8Ton, por lo cual se deduce que el molde soportará la fuerza de cierre.

Planos y dibujos.

Este tema forma parte de los documentos esenciales de un proyecto, o para este caso, de un diseño.

Por lo cual, se tiene entendido que los planos son la expresión gráfica del diseño o proyecto y comprende los dibujos, esquemas, figuras y perspectivas necesarias para llegar a una comprensión visual del conjunto. El dibujo es el que realmente hace posible el proyecto; en él están implícitos los resultados del diseño, las estimaciones, las comprobaciones y los objetivos marcados.

Plano	Referencia	Apéndice
Producto	1	A
Ensamble	01/06	A
Placa cavidad	02/06	A
Placa de sujeción	03/06	A
Placa sujeción fija	03/06	A
Boquilla	03/06	A
Ancla	03/06	A
Placa portacorazones	04/06	A
Placa botadora	04/06	A
Anillo	05/06	A
Columna	05/06	A
Buje	05/06	A
Corazones	06/06	A

Ruta de trabajo para su futura fabricación:

PIEZA	CO	PR	FR	TO	TE	RP	RC	EV	EH	AJ	Total
Placa sujeción	1		6			1				2	10
Placa portacorazón	1	2	8			1			4	3	19
Placa botadora	1	2	8			1			4	2	18
Placa cavidad	1	4	14			1		10	2	4	36
Placa sujeción fija	1		6			1		3		4	15
Corazón	1	2	6		2	1		6	4	6	28
Corazón	1	2	6		2	1			4	2	18
Anillo	1		1	2							4
Boquilla	1		1	2						1	5
Ancla	1			2	1					1	5
Electrodos	1		10								11
Buje	1			4	2		4				11
Columna	1			6	2		4				13
Diseño											50
Ajuste										30	30
Total											273Hrs

En donde:

CO = corte
 PR = preparación
 FR = fresado
 TO = torneado
 TE = temple

RP = rectificado plano
 RC = rectificado cilíndrico
 EV = erosión vertical
 EH = erosión de hilo
 AJ = ajuste

VI. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

Resultados:

En primer lugar, el haber realizado este proyecto, *Diseño de un molde para la inyección de plásticos*, es algo que realmente le da un valor a un trabajo llevado a cabo en la Facultad de Ingeniería y que a su vez daría un valor a una empresa. A continuación, como resultado, se describirán cada una de las partes con las que cuenta el molde de este diseño:

- Tipo de molde.
- Sistema de alimentación.
- Refrigeración.
- Sistema extractor.

Tipo de molde: El tipo de molde será de dos placas; una fija que va a estar unida a la placa portamolde que es fija en la máquina, la cual contiene los canales de alimentación, las entradas y las cavidades a moldear. Por último, la segunda placa va a contener los corazones y las anclas. Con esto ocasionamos que al moverse la placa móvil, se liberan los canales de alimentación y la pieza quedará libre de los canales.

Sistema de alimentación:

Bebedero: Va a contar con una depresión en forma circular, en la cual se ajustará la boquilla de la máquina. Además, contará con dos salidas para el flujo plástico, esto es con el propósito de poder realizar la inyección de las dos piezas juntas y otro caso individualmente, ya que tiene una cierta libertad para ser girado de acuerdo a la operación a realizar.

Canales de alimentación: El canal elegido es el trapezoidal (modificado), debido a que este canal es más común utilizarlo en moldes de tres placas, tomando en cuenta que se consigue un desmoldeo adecuado. Y permite que el sistema de alimentación vaya en una sola parte del molde.

Entrada de alimentación a la cavidad: La elegido para este caso es la entrada submarina, porque permite la separación automática de la pieza del sistema de alimentación durante la expulsión. Esto se entiende de la siguiente manera; cuando el molde se abre el extremo de la entrada se rompe y así se libera la pieza de los canales de alimentación.

Refrigeración: como se observa la pieza a fabricar es en forma rectangular, con lo cual se escoge una refrigeración en serie tanto en los corazones como en las cavidades, porque con este sistema se consigue mantener muy uniforme la temperatura.

Sistema extractor: El sistema extractor elegido es la placa botadora, debido a que la forma de la pieza así lo requiere, para no ser maltratada si se determinara por otro medio, como por ejemplo el uso de botadores.

Por otro lado, este tipo de moldes las placas y sus demás accesorios pueden ser adquiridas en empresas especializadas en este ramo, una de ellas Plastindustrias Metálicas Mexicanas S.A. de C.V. la cual cuenta con una serie de placas estándar y portamoldes estándar al igual que pedidos especiales, en cuanto a la dificultad del molde, al igual que la empresa llamada MDL de México S.A de C.V.

Conclusiones:

*La creciente expansión en el uso de los plásticos en todos los mercados, ha hecho de esta industria una de las de mayor crecimiento en el mundo. Tan sólo en Estados Unidos esta industria ha crecido a una tasa promedio de 12% durante los últimos 25 años, ocupando en cuarto lugar de acuerdo con los ingresos anuales. Los principales procesos de transformación involucrados en esta industria son: moldeo por inyección y extrusión, donde aproximadamente 32% en peso de todos los plásticos son procesados por inyección y 36% por extrusión.

*En México, la industria del plástico representa un área en continuo desarrollo, siendo el moldeo por inyección uno de los procesos más importantes para transformar los materiales plásticos en una gran variedad de productos y partes.

*Una observación cuidadosa en nuestro entorno permite percatarnos de la presencia de artículos moldeados, en numerosas situaciones de la vida diaria, cuyas aplicaciones son innumerables y, en muchos casos, con un desempeño único. Sin embargo, la obtención de un buen artículo moldeado no esta exento de dificultades y requieren considerarse algunos problemas, así como identificar sus posibles causas.

*El moldeo por inyección de plásticos, para que sea efectuado exitosamente, depende del adecuado funcionamiento de una máquina, la cual opera con un material y produce artículos moldeados mediante un molde. Cada uno de esos tres elementos es muy importante, ya que existe una estrecha dependencia entre ellos.

*Sin perder de vista que en una máquina inyectora para plásticos pueden identificarse diferentes partes fundamentales, las cuales normalmente son: a) Unidad de cierre, b) unidad de inyección y c) unidad de control.

*La calidad de la pieza y su costo se ven fuertemente influidas por el diseño, construcción y excelencia del maquinado del molde.

*Frecuentemente, en el moldeo por inyección se enfrentan una gran variedad de problemas y dificultades relacionadas, de manera principal, con la calidad de la pieza. La falta de conocimiento en el proceso conduce comúnmente a errores que repercuten en la calidad de la pieza que, si no son atendidos de forma adecuada dan lugar a la obtención de productos que no cuentan con las propiedades deseadas y, por lo tanto, tienen que ser rechazadas, con la consecuente disminución en la producción.

*Por otro lado, el tipo de molde a elegir para una pieza que se haya de fabricar viene determinado esencialmente por consideraciones de rentabilidad, que dependen de las exigencias impuestas a la pieza a producir, los costos de fabricación del molde, el ciclo de moldeo; en lo correspondiente al tiempo, y el número de piezas a fabricar.

*Y las funciones esenciales del molde consiste en :

- Recibir la masa plástica
- Distribuirla
- Darle forma
- Enfriarla y pasarla al estado sólido
- Extraer la pieza

*Por último, el diseño y fabricación de moldes de alta calidad y productividad debe de considerar, como punto fundamental, la selección de los materiales más adecuados para cada caso en específico, es decir, seleccionar aquel material acorde con la función que desempeñará determinada parte dentro del molde, ya sea que se encuentre sujeta a esfuerzos, fricción, choques térmicos, etc.

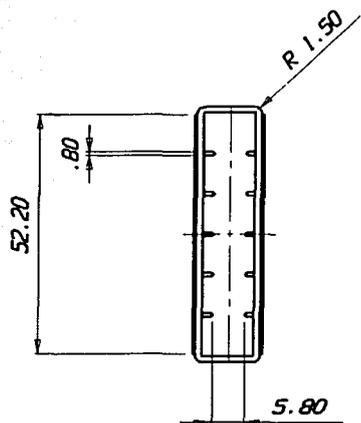
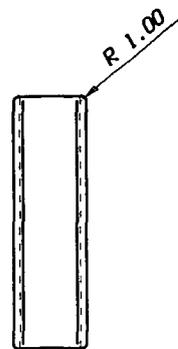
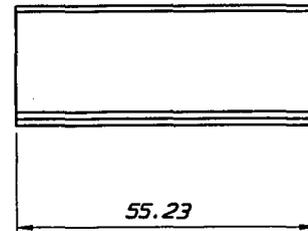
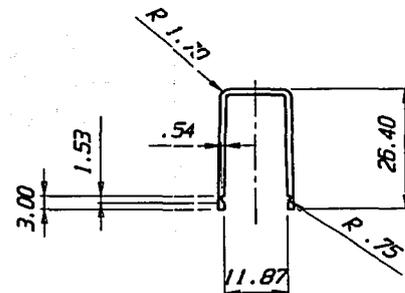
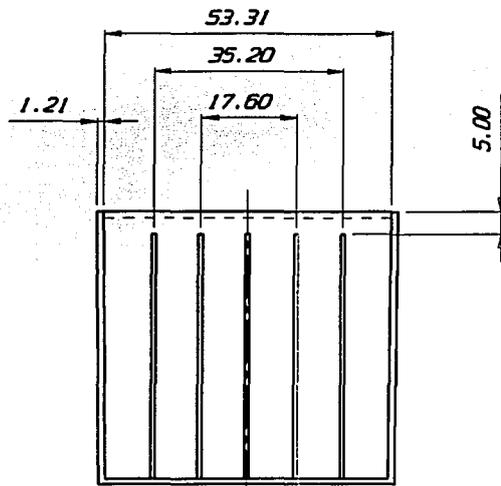
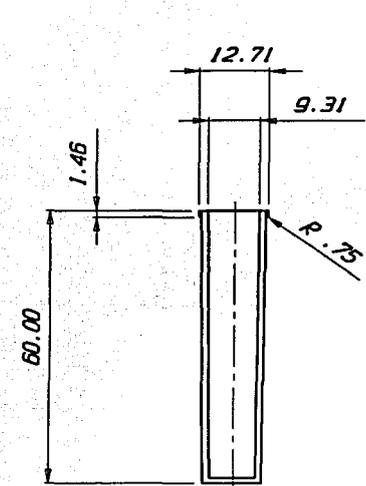
*De alguna forma, el material plástico a inyectar juega un papel muy importante para dicha selección, ya que existen plásticos que son corrosivos (ataque químico) y/o abrasivos (ataque físico). Dicho efecto negativo se puede evitar, parcial o totalmente, realizando una buena selección tanto de los materiales de fabricación como de sus posibles tratamientos térmicos y/o recubrimientos.

*Por todo lo anterior, es imprescindible conocer las características y propiedades de los materiales si se desean obtener buenos resultados en la fabricación y el funcionamiento de un molde.

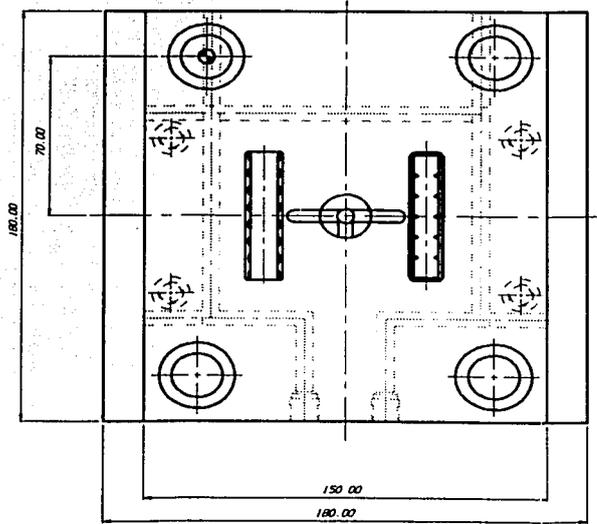
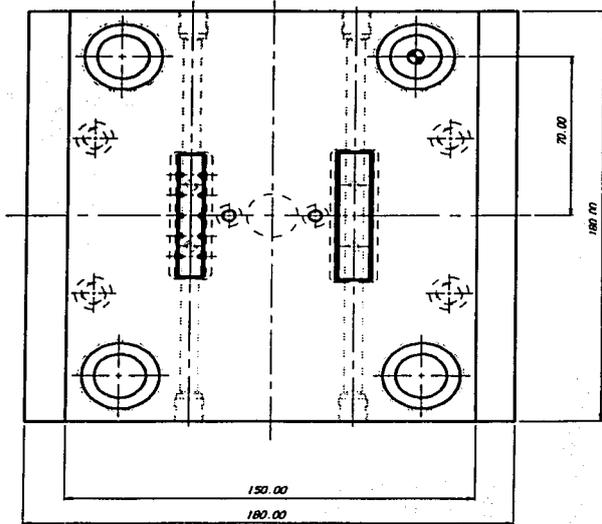
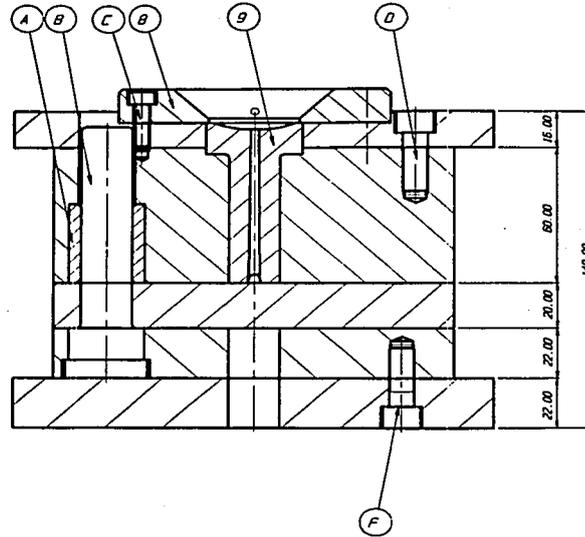
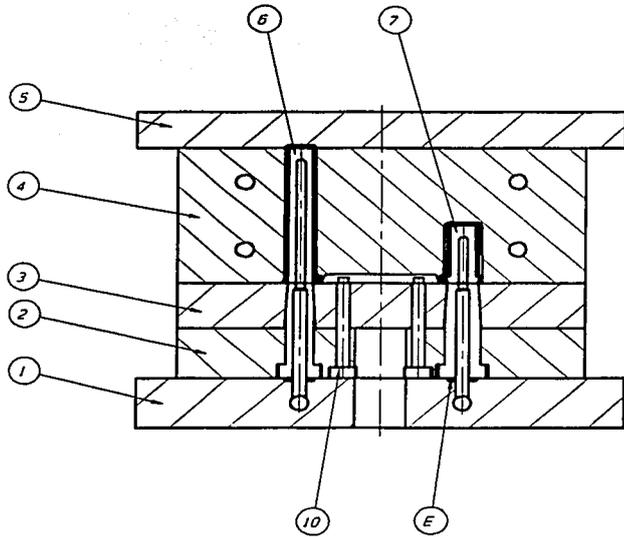
*Y un punto final que es muy importante es precisamente que se abarca un diseño completo con el propósito que en un futuro no muy lejano sea llevado a cabo en otro proyecto y pueda realizarse la fabricación de este molde.

Apéndice

“ A ”



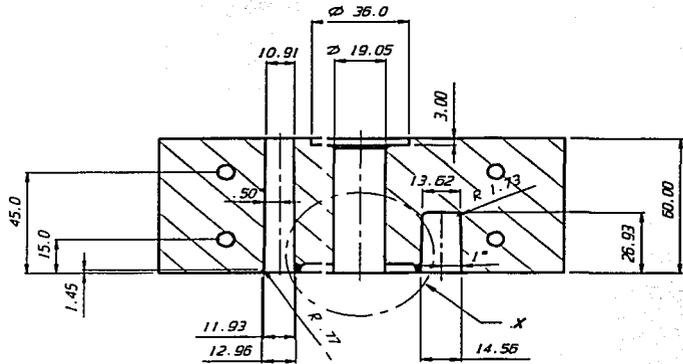
ESCALA 2 : 1	DISEÑO DE UN MOLDE EN LA INYECCION DE PLASTICOS PARA UNA PORTACIGARRERA		FECHA 11SEPO2
ACOTACION mm	DISEÑO J.V. GONZALEZ	PROYECTO PORTA CIGARRERA	TOLERANCIAS 0 ± .1 0.00 ± 0.15 0.00 ± 0.01
APROBADO	REVISOR U.E. MARQUEZ	DESCRIPCION CAJA Y TAPA	REFERENCIA



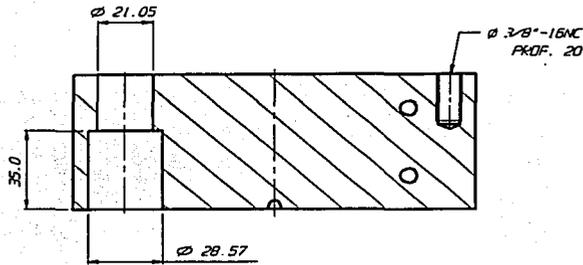
MATERIAL :
CONTACCION :
MADINA :

N.	DESCRIPCION	CAN.	MATERIAL	CONDICIONES	HELM
F	RODILLO ALLEN	4	STD	Ø 3/8-16NC X1	1
E	ANILLO	4	PARKER	2-128	1
D	RODILLO ALLEN	4	STD	Ø 3/8-16NC X1	1
C	RODILLO ALLEN	2	STD	Ø 1/4-20NC X3/4	1
B	COLARIN	4	4320	Ø 3/16 X 1 1/2	5
A	BULS	4	4320	Ø 20 X 35	5
10	ANCLA	2	H-13	Ø 5MM X 5	3
9	ANILLA	1	H-13	Ø 35X71	3
8	ANILLO	1	CRS	Ø 101.6X15	5
7	COBIZON	1	H-13	17X58.22X67.70	8
6	COBIZON	1	H-13	15.25.ØØx101.ØØ	8
5	PLACA DE SILECCION FT.M	1	41401	16X180X180	3
4	PLACA CAVIDAD	1	P-20	ØØX150X180	2
3	PLACA ROTACION	1	H-13	2ØØX150X180	4
2	PLACA PORTACIONES	1	CRS	22X150X180	4
1	PLACA DE SILECCION	1	41401	22X180X180	3

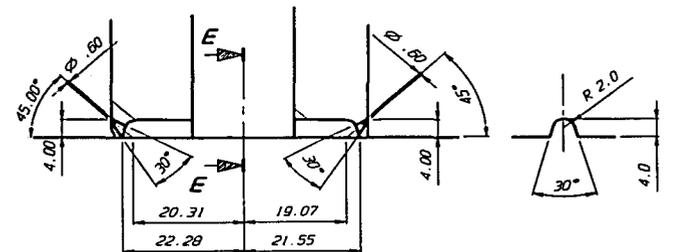
ESCALA	DISEÑO DE UN MOLDE EN LA INYECCION DE PLASTICOS PARA UNA PORTACIGARRERA		FECHA
1 : 1			11 SEPO2
ACOTACION	DISEÑO	PROYECTO	TOLERANCIAS
mm	J. V. GONZALEZ	PORTA CIGARRERA	0 ± 0.15
	REVISO		0.00 ± 0.01
	U. E. MARQUEZ	DESCRIPCION	REFERENCIA
	APROBO	MOLDE 1 + 1 CAVIDADES	



CORTE A - A

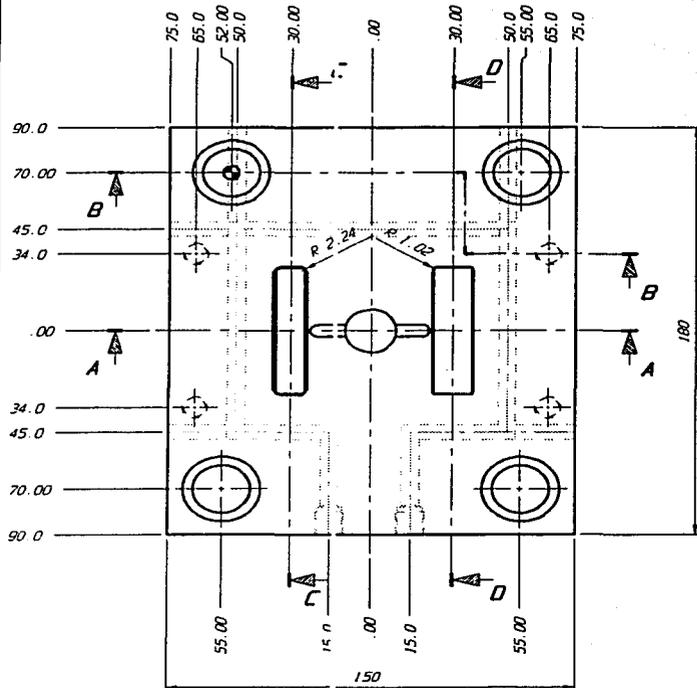


CORTE B - B

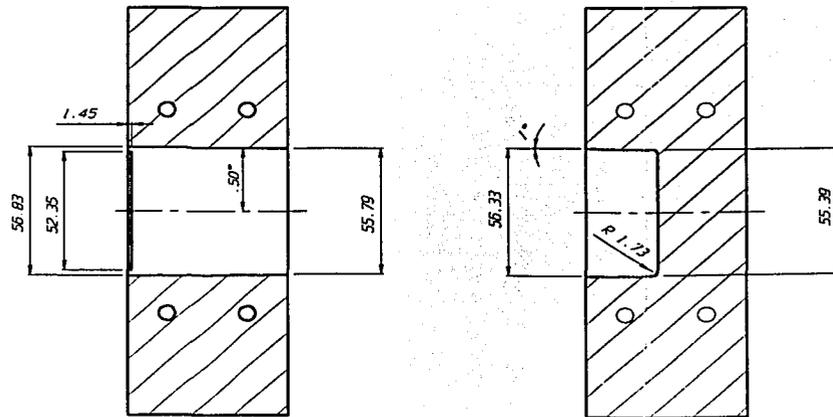


DETALLE " X "

CORTE E - E



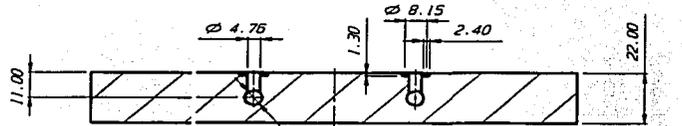
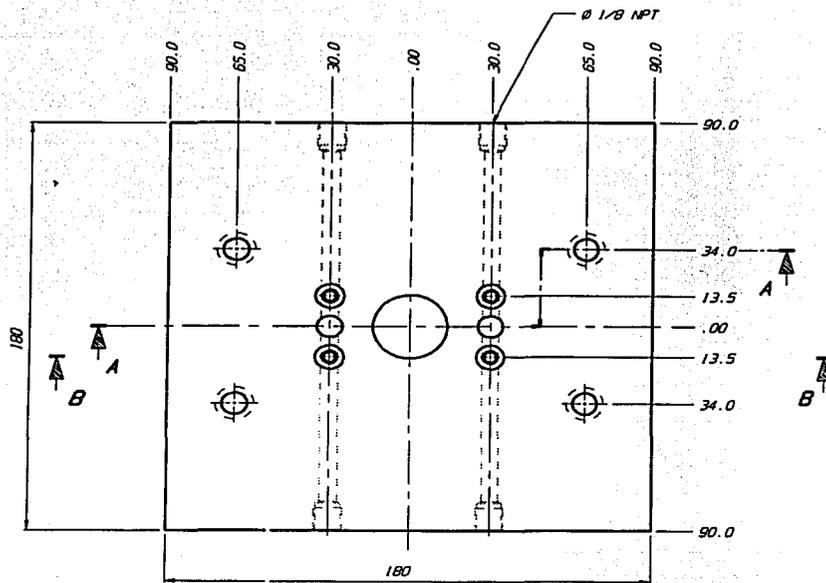
CORTE C - C



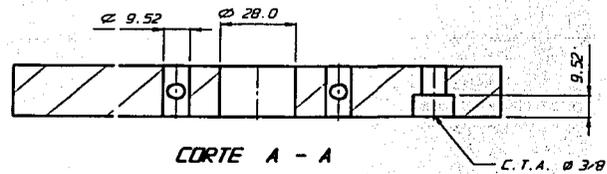
CORTE D - D

4 PLACA CAVIDAD 1 P-20 60X150X180 2

ESCALA 1 : 1	DISEÑO DE UN MOLDE EN LA INYECCION DE PLASTICOS PARA UNA PORTACIGARRERA	FECHA 11 SEPO2
ACOTACION mm	PROYECTO PORTA CIGARRERA	TOLERANCIAS 0 : ± 0.15 0.00 : ± 0.01
APROBADO	DESCRIPCION MOLDE 1 + 1 CAVIDADES	REFERENCIA

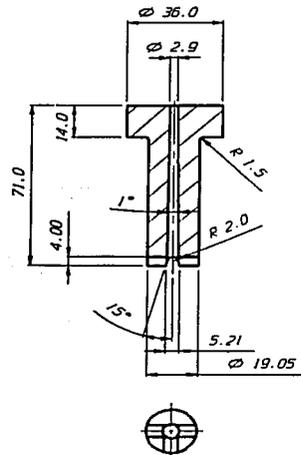


CORTE B - B

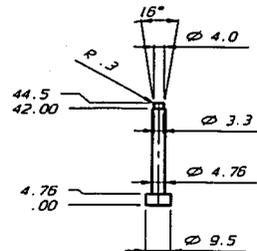


CORTE A - A

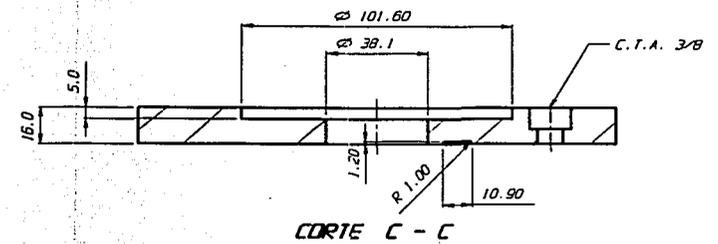
1 PLACA DE SUJECION 1 4140T 22X180X180 3



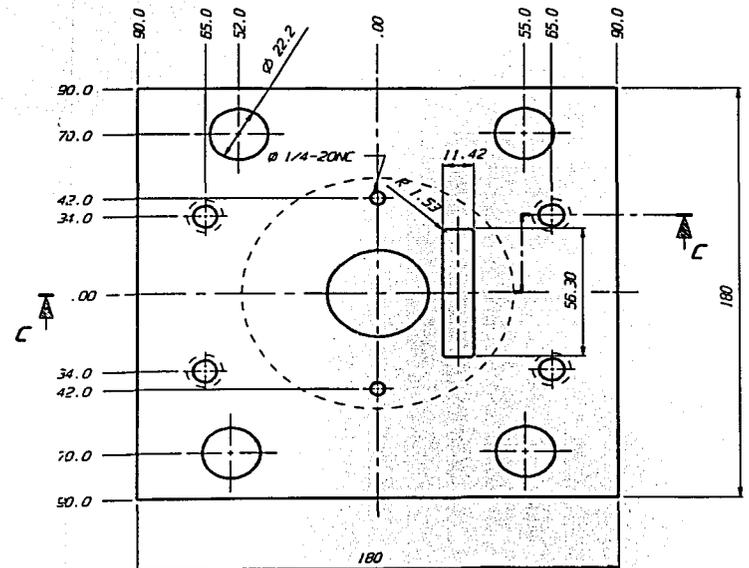
9 BUSHILLA 1 H-13 Ø 35X71 3
50-52 HRC



10 ANCLA 2 H-13 Ø9.5X44.5 3
50-52 HRC

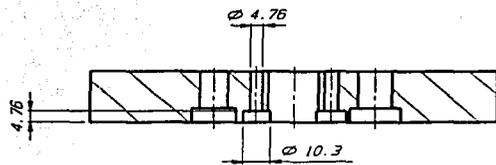
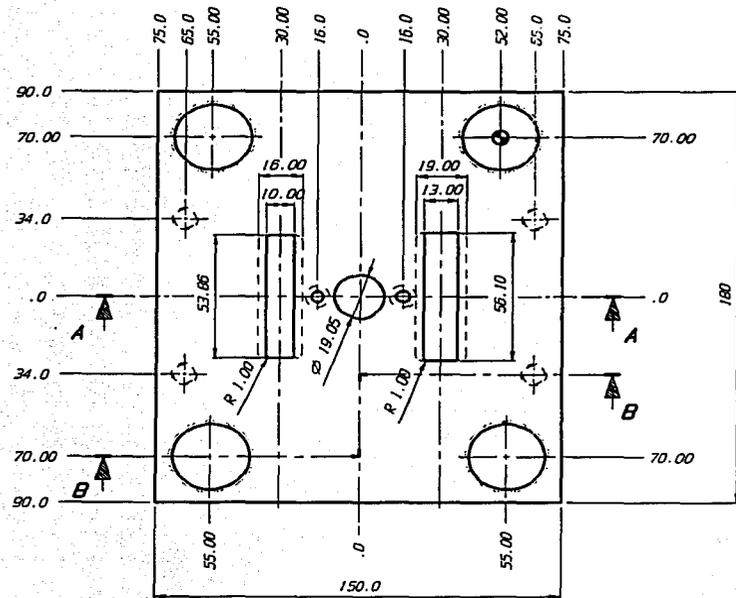


CORTE C - C

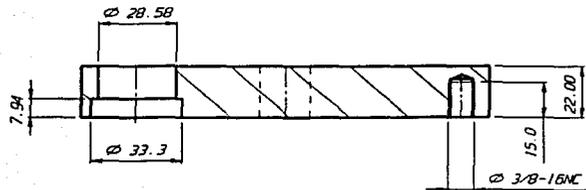


5 PLACA DE SUJECION FIJAJ 4140T 15X180X180 3

ESCALA 1 : 1	DISEÑO DE UN MOLDE EN LA INYECCION DE PLASTICOS PARA UNA PORTACIGARRERA		FECHA 11SEPO2
ACOTACION mm	DISEÑO J.V. GONZALEZ	PROYECTO PORTA CIGARRERA	TOLERANCIAS 0.01 ± 0.15 0.00 ± 0.01
APROBADO	REVISADO L.E. MARQUEZ	DESCRIPCION MOLDE 1 + 1 CAVIDADES	REFERENCIA

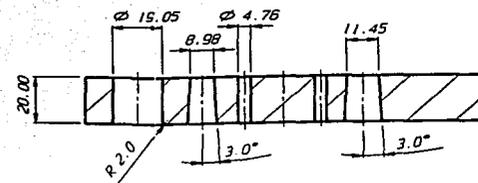
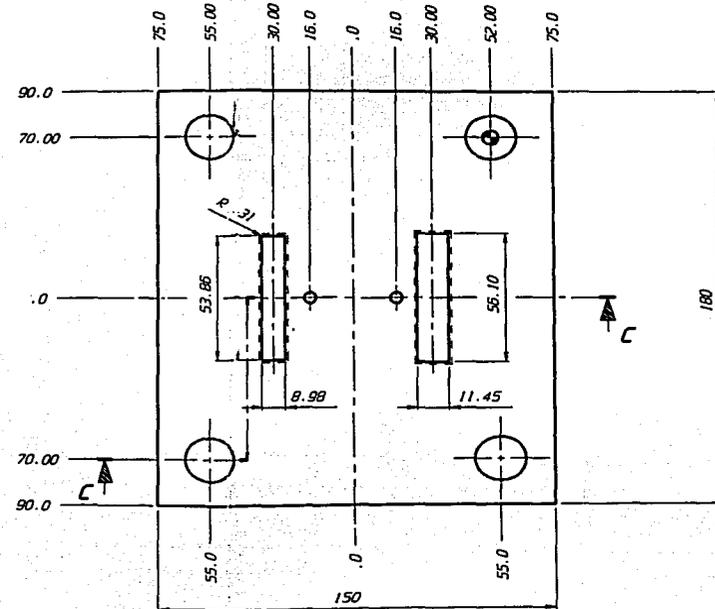


CORTE A - A



CORTE B - B

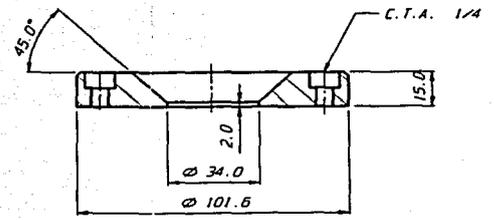
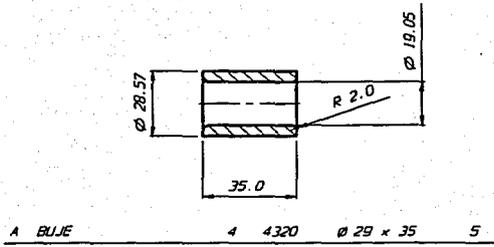
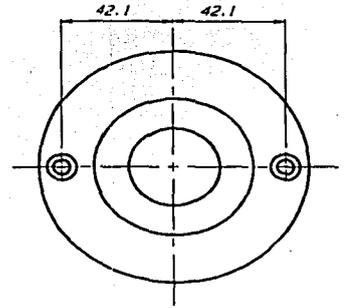
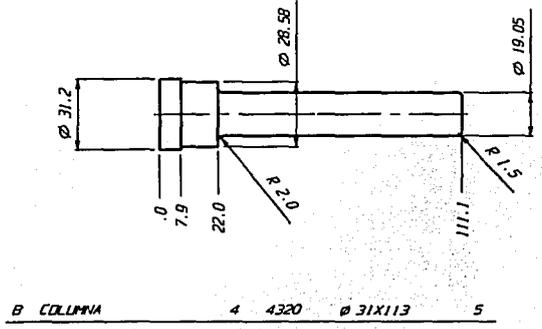
2 PLACA PORTACORAZONES 1 CRS 22X150X180 4



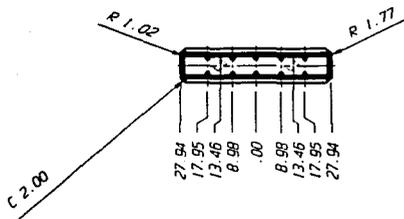
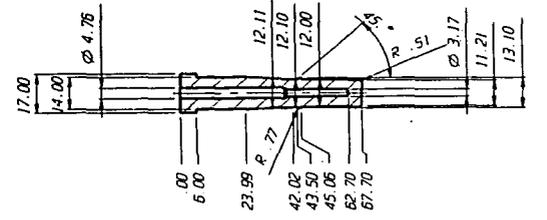
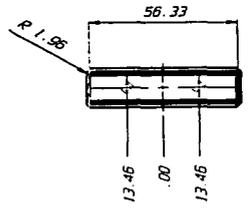
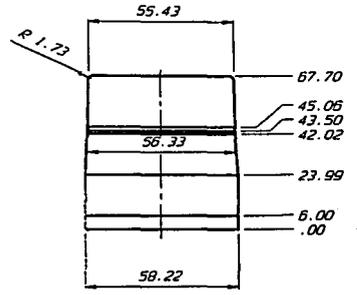
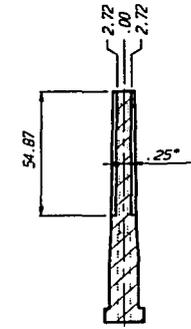
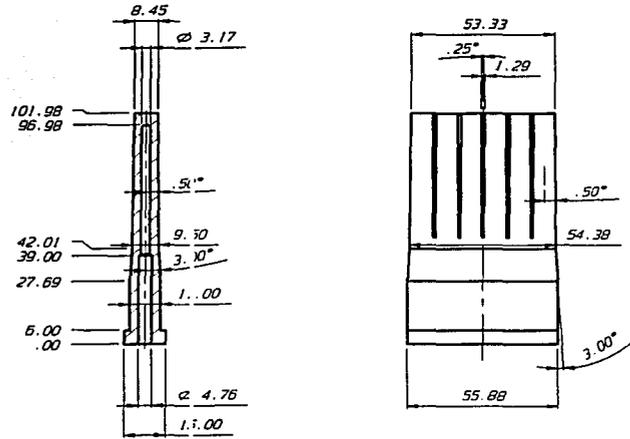
CORTE C - C

3 PLACA BOTADORA 1 H-13 20X150X180 4
50-52 HRC

ESCALA 1 : 1	DISEÑO DE UN MOLDE EN LA INYECCION DE PLASTICOS PARA UNA PORTACIGARRERA	FECHA 11SEPO2
ADYACIVN nn	DISEÑO J.V. GONZALEZ	PROYECTO PORTA CIGARRERA
	REVISO U.E. MARQUEZ	TOLERANCIAS 0.00 ± 0.15 0.00 ± 0.01
	APROBO	REFERENCIA
		MOLDE 1 + 1 CAVIDADES



ESCALA 1 : 1	DISEÑO DE UN MOLDE EN LA INYECCION DE PLASTICOS PARA UNA PORTACIGARRERA		FECHA 11SEPO2
ACOTACION mm	DISEÑO J.V. GONZALEZ	PROYECTO PORTA CIGARRERA	TOLERANCIAS 0 ± 0.15 0.00 ± 0.01
APROBADO	REVISADO U.E. MARQUEZ	DESCRIPCION MOLDE 1 + 1 CAVIDADES	REFERENCIA



6 CORAZON 1 H-13 15x55.88x101.986
50-52 HRC

7 CORAZON 1 H-13 17x58.22x67.70 6
50-52 HRC

ESCALA 1 : 1	DISEÑO DE UN MOLDE EN LA INYECCION DE PLASTICOS PARA UNA PORTACIGARRERA		FECHA 11SEPO2
ACOTACION mm	DISEÑO J.V. GONZALEZ	PROYECTO PORTA CIGARRERA	TOLERANCIAS 0 ± 1 0.0 ± 0.15 0.00 ± 0.01
APROBADO	REVISADO E.E. MARQUEZ	DESCRIPCION MOLDE 1 + 1 CAVIDADES	REFERENCIA

VII. BIBLIOGRAFÍA.

1. W. Minnk
El plástico en la industria.
Editorial G.Gili.
México, 1991.
2. D. Anguita.
Moldeo por inyección.
Editorial Blume.
Madrid, 1975.
3. Morton-Jones.
Procesamiento de plásticos.
Editorial Limusa.
México, 1993.
4. J. H. Dubois.
Ingeniería para moldes de plástico.
Editorial URMO.
Bilbao, 1972.
5. C. Ramos.
Ingeniería de los materiales plásticos.
Editorial Diaz de Santos.
Madrid, 1988.
6. R. B. Seymour.
Introducción a la química de los polímeros.
Editorial Reverte.
Barcelona, 1995.
7. B. H. Amsted.
Procesos de manufactura.
Editorial CECSA.
México, 1981.
8. J. G. Bralla.
Manual de diseño de producto para manufactura.
Editorial McGraw-Hill.
México, 1991.

9. Ing. U. S. Säuberli
Ingeniería de manufactura.
Editorial continental.
México, 1984.
10. S. A. Villanueva.
Manual de métodos de fabricación metalmecánica.
Editorial Arg.
México, 1983.
11. S. Valdez.
Moldeo por inyección de termoplásticos.
Editorial Limusa.
México, 2001.
12. Ing. H. Gastrow.
Moldes de inyección para plásticos.
Editorial Hanser
Barcelona, 1990.
13. Ing. G. Moren.
Moldes para inyección de plásticos.
Editorial Hanser.
Barcelona, 1991.
14. E. Gómez.
Introducción al proyecto.
Editorial Publicaciones universidad Politécnica de Valencia.
Valencia, 1989.
15. B. Burchard.
Autocad 2000.
Editorial Prentice-Hall.
México, 2000.
16. A Chevalier.
Dibujo industrial.
Editorial Limusa.
México, 1992.

17. Páginas web:

www.plasticosjh.cl/

www.modelcraft.com

www.heiseindustries.com

www.modplas.com

www.plastico.com

www.aspermex.com

www.nisseimx.com