

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

“CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE PARA LA ELABORACIÓN DE UN  
AVIÓN AVRO A ESCALA A INYECCIÓN DE PLÁSTICO.”

POR:

**JARAMILLO CASTRO LENIN MICHAEL**

Proyecto de Grado como requisito parcial para la obtención del Título de:

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

2007

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **JARAMILLO CASTRO LENIN MICHAEL**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONAÚTICA.

-----  
ING. GUILLERMO TRUJILLO  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

Latacunga, Agosto del 2007

## **DEDICATORIA**

El esfuerzo y sacrificio reflejado en este proyecto va dedicado a mis padres, los mismos que me brindaron su amor, cariño y afecto para forjarme como persona y alcanzar una de mis metas, ya que sin el apoyo de ellos no hubiese podido lograr mi objetivo.

A Dios por haberme dado la oportunidad de vivir, y a todas aquellas personas que siempre estuvieron a mi lado, apoyándome y dándome ánimos para culminar mi proyecto

**Lenin Jaramillo C.**

## **AGRADECIMIENTO**

Mis más sinceros agradecimientos, a todos nuestros profesores quienes con sus enseñanzas sembraron en mí el espíritu de superación para llegar a contribuir mi meta, de igual forma al director de este proyecto que con sus conocimientos me ayudo a culminar mi proyecto satisfactoriamente.

Y a mi inolvidable institución que guarda una de mis grandes alegrías

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>Pág.</b>
Portada.....	I
Certificación.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Índice de contenidos.....	V
Resumen.....	1
Introducción.....	2
Justificación.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivo específico.....	3
Alcance.....	3

### CAPÍTULO I

#### MARCO TEÓRICO

1.1	Moldes.....	4
1.1.1	Generalidades y Definición.....	4
1.1.2	Modelos.....	5
1.1.2.1	Dimensiones de los modelos.....	6
1.1.2.1.1	Métodos modernos de fundición.....	6
1.1.2.1.1.1	Método de fundición de precisión.....	6
1.1.2.1.1.2	Método de molde lleno.....	7
1.1.2.1.1.3	Fundición en moldes permanentes.....	7
1.1.2.1.1.4	Fundición estática.....	8
1.1.2.1.1.5	Fundición centrífuga.....	8
1.1.2.1.1.6	Fundición a presión.....	8

1.1.2.1.1.7	Fundición gris.....	9
1.1.2.1.1.8	Fundición negra.....	9
1.1.2.1.1.9	Fundición inversa.....	9
1.1.2.1.1.10	Fundición continua.....	10
1.1.2.1.1.11	Fundición compound.....	10
1.1.2.2	Construcción de los Modelos.....	12
1.1.2.2.1	Preparación del molde para la colada.....	14
1.1.2.2.2	Métodos especiales de formación de los moldes.....	15
1.1.2.2.3	Método de moldeo con máscara.....	15
1.1.2.2.4	Proceso de fundición.....	16
1.1.2.2.5	Procesos de solidificación.....	16
1.1.3	Preparación de los modelos.....	17
1.1.3.1	Vaciado de los objetos en moldes.....	17
1.1.4	Tipos de moldeo.....	18
1.1.4.1	Moldeado por extrusión.....	18
1.1.4.1.1	Selección de tornillos para operar con las zonas acanaladas.....	19
1.1.4.1.2	Resinas adecuadas para extrusores de zona de alimentación acanalada.....	21
1.1.4.2	Moldeo soplado intermitente.....	23
1.1.4.3	Moldeo Soplado por coextrusión.....	23
1.1.4.4	Moldeado por transferencia.....	23
1.1.4.5	Moldeado por inyección.....	27
1.1.4.5.1	Procesos de moldeo asociados a la coinyección.....	28
1.1.4.6	Moldeado por compresión o sándwich.....	30
1.1.4.7	Moldeo soplado por estiramiento (stretch) inyectado.....	31
1.1.4.8	Moldeo soplado en 3D.....	31
1.1.4.9	Electroerosión.....	33
1.1.4.9.1	Proceso de electroerosión con electrodo de forma.....	33
1.1.4.9.2	Proceso de electroerosión con hilo.....	37
1.1.4.9.3	Hilo conductor.....	37
1.1.4.9.4	Máquinas de electroerosión con hilo.....	38

1.2	Plásticos.....	40
1.2.1	Historia del plástico.....	40
1.2.2	Obtención o fabricación del plástico.....	42
1.2.2.1	Materias primas.....	42
1.2.2.2	Síntesis del Polímero.....	43
1.2.2.3	Aditivos.....	43
1.2.2.4	Formas y acabados.....	44
1.2.3	Propiedades del plástico.....	44
1.2.3.1	Propiedades mecánicas.....	44
1.2.3.2	Propiedades Eléctricas.....	45
1.2.3.3	Propiedades Químicas.....	45
1.2.3.4	Propiedades Térmicas.....	45
1.2.3.5	Propiedades ópticas.....	46
1.2.4	Tipos de plásticos.....	46
1.2.4.1	Polietileno.....	46
1.2.4.2	Polipropileno.....	47
1.2.4.3	Poliestireno.....	48
1.2.4.4	Policloruro de vinilo.....	48
1.2.4.5	Los acrílicos.....	48
1.2.4.6	Las poliamidas.....	49
1.2.5	Los polímeros.....	49
1.2.6	Aplicaciones del plástico.....	50
1.2.6.1	Empaquetado.....	50
1.2.6.2	Construcción.....	51
1.2.6.3	Sector Médico.....	52
1.2.6.4	Sector Agrícola.....	52
1.2.6.5	Sector de Transporte y Comunicación.....	53
1.2.6.6	Sector de La Electricidad y La Electrónica.....	53
1.2.7	Procesamiento de los plásticos.....	54
1.2.8	Moldeado por prensa.....	55
1.2.9	Moldeado por prensado en inyección.....	55

1.2.10	Inyección.....	56
1.2.11	Termoformado.....	58
1.2.12	El calandrado.....	58
1.2.13	Extrusión.....	59
1.2.14	Fundición.....	60
1.3	Máquinas para inyección de plástico.....	61
1.3.1	Maquinaria.....	63
1.3.1.1	Unidad de inyección.....	63
1.3.1.2	Unidad de cierre.....	64
1.3.1.3	Molde.....	65
1.3.1.4	Ciclo de Moldeo.....	66
1.3.2	Máquina manual para inyección a plástico.....	66
1.3.2.1	Sistema de Inyección.....	67
1.3.2.2	Sistema Térmico.....	68
1.3.2.3	Bastidor.....	68
1.3.2.4	Sistema de cierre.....	69

## **CAPÍTULO II**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

2.1	Definición de alternativas.....	70
2.2	Análisis de factibilidad de proyecto.....	70
2.2.1	Primera alternativa.....	70
2.2.1.1	Ventajas.....	70
2.2.1.2	Desventajas.....	70
2.2.2	Segunda alternativa.....	71
2.2.2.1	Ventajas.....	71
2.2.2.2	Desventajas.....	71
2.3	Parámetros de evaluación.....	71
2.3.1	Complejidad de construcción.....	72

2.3.2	Operación.....	72
2.3.3	Costo.....	72
2.3.4	Factor ergonómico.....	73
2.3.5	Tiempo de moldeo.....	73
2.4	Matriz de selección.....	74
2.5	Selección de la mejor alternativa.....	74

### **CAPÍTULO III**

#### **CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE**

3.1	Procedimiento.....	75
3.1.1	Planos del avión Avro.....	.75
3.1.2	Modelo.....	75
3.1.3	Máquina de electroerosión.....	75
3.1.4	Electrodos.....	76
3.1.5	Estampa.....	76
3.2	Pruebas de funcionamiento.....	79
3.2.1	Sistema hidráulico.....	80
3.2.2	Sistema térmico.....	80
3.2.3	Sistema de cierre.....	81
3.2.4	Pieza moldeada.....	81
3.2.5	Pieza terminada.....	82
3.2.6	Costo por pieza moldeada.....	82
3.2.7	Diagrama de procesos del molde de inyección.....	84

### **CAPÍTULO IV**

#### **ELABORACIÓN DE MANUALES**

4	Descripción general.....	85
4.1	Manual de operación.....	86
4.2	Manual de mantenimiento.....	89
4.3	Manual de seguridad.....	91
4.4	Hojas de registro.....	93

## **CAPÍTULO V**

### **ESTUDIO ECONÓMICO**

5.1	Presupuesto.....	95
5.2	Estudio económico.....	95
5.2.1	Materiales.....	95
5.2.2	Máquinas herramientas.....	96
5.2.3	Mano de obra.....	96
5.2.4	Otros.....	96

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1	Conclusiones.....	97
6.2	Recomendaciones.....	98

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **GLOSARIO**

### **ANEXOS**

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Fig. 1.1 Modelo del Avión Avro a escala.....	5
Fig. 1.2. Método de fusión de cera.....	7
Fig. 1.3. Método de colada con molde lleno.....	7
Fig. 1.4. Fundición centrifugada .....	8
Fig. 1.5. Fundición a presión. Método de la cámara caliente.....	9
Fig. 1.6. Plano de un modelo.....	12
Fig. 1.7. Preparación del molde para la colada.....	14
Fig. 1.8. Pieza en bruto (fundida).....	15
Fig. 1.9. Método de Moldeo con máscara.....	15
Fig. 1.10. Contracción Fluida.....	16
Fig. 1.11. Contracción de solidificación.....	16
Fig. 1.12. Contracción final.....	17
Fig. 1.13. Moldeado por extrusión.....	18
Fig. 1.14. Extrusor.....	21
Fig. 1.15. Moldeo soplado por coextrusión.....	23
Fig. 1.16. Proceso de sobremoldeo de Ferromatik Milacron y Gram Technology, con molde apilado y placa central giratoria.....	24
Fig. 1.17. Inyectora Vertical.....	26
Fig. 1.18. Unidad en L.....	26
Fig. 1.19. Segunda unidad inyectora.....	27
Fig. 1.20. Sistema de eyección para moldes.....	28
Fig. 1.21. Inyección de materiales múltiples a través de una boquilla única.....	29
Fig. 1.22. Proceso de coinyección en sándwich. ....	30
Fig. 1.23. Moldeo soplado en 3D.....	32
Fig. 1.24. Diagrama de una máquina de electroerosión.....	33
Fig. 1.25. Electrodo.....	35
Fig. 1.26. Máquina de Electroerosión completa.....	39

Fig. 1.27. Polietileno de alta densidad.....	46
Fig. 1.28. Polietileno de baja densidad.....	47
Fig. 1.29. Moldeo por compresión y por transferencia.....	56
Fig. 1.30. Inyector de plástico.....	57
Fig. 1.31. Termoformado.....	58
Fig. 1.32. Calandro.....	59
Fig. 1.33. Extrusión.....	60
Fig. 1.34. Tipos de Procesos.....	61
Fig. 1.35. Máquina inyectora de plástico.....	62
Fig. 1.36. Unidad de inyección.....	64
Fig. 1.37. Molde prefabricado.....	66
Fig. 1.38. Brazo Hidráulico.....	67
Fig. 1.39. Cocina.....	68
Fig. 1.40. Bastidor.....	68
Fig. 1.41. Sistema de cierre.....	69

### CAPÍTULO III

Fig. 3.1. Máquina de electroerosión.....	75
Fig. 3.2. Electrodo.....	76
Fig. 3.3. Desbaste por electroerosión.....	76
Fig. 3.4 Drenaje del líquido dieléctico (Diesel).....	77
Fig. 3.5. Molde sin desbaste del motor.....	77
Fig. 3.6. Desbaste del motor.....	78
Fig. 3.7. Estampa Inferior.....	78
Fig. 3.8. Estampa Superior.....	79
Fig. 3.9. Inyectora vertical.....	79
Fig. 3.10. Sistema Hidráulico.....	80
Fig.3.11. Sistema Térmico.....	80
Fig. 3.12. Sistema de cierre.....	81
Fig. 3.13. Pieza moldeada.....	81

Fig. 3.14. Pieza terminada.....	82
---------------------------------	----

## LISTADO DE TABLAS

### CAPÍTULO II

Tabla 2.1 Evaluación cualitativa y cuantitativa.....	71
Tabla 2.2 Evaluación cualitativa y cuantitativa de complejidad de la construcción.....	72
Tabla 2.3 Evaluación cualitativa y cuantitativa de operación.....	72
Tabla 2.4 Evaluación cualitativa y cuantitativa de costo.....	73
Tabla 2.5 Evaluación cualitativa y cuantitativa de factor ergonómico.....	73
Tabla 2.6 Evaluación cualitativa y cuantitativa del tiempo de moldeo.....	73
Tabla 2.7 Matriz de evaluación.....	74

### CAPÍTULO V

Tabla 5.1 Detalles de rubros y costos.....	96
--	----

## RESUMEN

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, posee en su taller de Mecánica específicamente en el bloque 42, una máquina inyectora manual de plástico, donde surgió la necesidad de construir un molde, para las diferentes presentaciones del Instituto en eventos en los cuales se tiene que promocionar como en las ferias educativas que se realizan anualmente en nuestro país; así como internacionalmente en su página web. Con este proyecto se podrá reducir los gastos económicos que se podrían presentar en la fabricación de estos souvenirs.

El análisis realizado permite conocer acerca de los diferentes procesos de fabricación, operación y funcionamiento para la realización del molde. Esto nos permitió conocer las diferentes formas de construcción del molde, como también los materiales a utilizarse en el proceso.

Para la elaboración del molde se tomaron dos alternativas, en las cuales se plantearon tanto ventajas como desventajas, pudiendo así escoger la mejor opción para realizar la fabricación del molde.

Con la culminación del proyecto se procedió a realizar las respectivas pruebas de funcionamiento, para observar el producto terminado.

## INTRODUCCION

En la actualidad el moldeo ha ido teniendo un avance significativo, permitiendo así la elaboración de piezas cada vez más complejas y exactas que a veces por su dificultad no pueden ser mecanizadas.

Hay que tomar en consideración que mediante el proceso de producción de piezas en serie o individuales a través del vertido de minerales, metales u otros cuerpos sólidos se logra mejorar la producción.

El molde a utilizarse en este tipo de proceso puede ser de una o varias piezas acopladas entre sí dando la forma de una cavidad hermética donde ingresa el fluido para así dar una pieza igual a la original. Este es un instrumento que sirve para estampar o dar forma a algo; como ejemplo: armadores, tapas de motor para vehículos, jabones, etc.

La necesidad de un modelo de exhibición y a la vez didáctico, adecuado con todos los elementos necesarios para fabricación de un molde cuando sea requerido, además para que el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, que se especializa en la carrera de Mecánica proporcione los conocimientos necesarios al alumnado.

## **JUSTIFICACIÓN**

La construcción de esta maqueta didáctica ayudará en el mejor desenvolvimiento tanto del instructor como del alumnado del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, así como para tener una mejor presentación en los eventos en que participe; con lo que tendrá una mejor imagen como centro educativo.

Este molde será utilizado como un souvenir para la atracción de interesados a ingresar al Instituto.

## **OBJETIVOS**

### **a) OBJETIVO GENERAL.**

- ✓ “Construir un molde para la elaboración de un avión Avro a escala a inyección de plástico.”

### **b) OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- ✓ Recopilar información de los distintos procesos de construcción de un molde para la fabricación de un avión a escala.
- ✓ Indagar sobre los materiales que se puedan utilizar en la fabricación del molde.
- ✓ Conocer las diferentes clases de máquinas que se usan en el moldeo

## **ALCANCE**

El presente proyecto está orientado a la implementación de un souvenir para mejorar las presentaciones del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico que tendrá en el futuro como centro de formación de Tecnólogos Aeronáuticos en el campo de la Aviación.

Es decir que el vigente trabajo favorecerá al Instituto y ayudará a los instructores que impartan conocimientos de una aeronave de forma práctica y motivadora hacia los estudiantes, tanto civiles como militares que elijan la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 MOLDES

#### 1.1.1 Generalidades y Definición

La palabra molde tiene algunos significados, por lo que no hay posibilidad alguna de precisar lo que es un molde, en general, molde es aquella pieza o conjunto de piezas acopladas en que se hace en hueco la forma que en sólido quiere darse a la materia fundida, fluida o blanda, que en él se vacía, como un metal, la cera, el plástico, etc.

Según el material con el que este construido el molde obtiene su denominación. Así: molde de acrílico es construido en acrílico; molde de yeso es construido en yeso; molde de metal es el construido de hierro fundido; molde de piezas es el construido por varias piezas que en conjunto, ajustadas cuidadosamente unas con otras, componen en hueco la figura que se ha de reproducir; molde descubierto, aquel en que el dibujo se hace para una cara sola, y queda la otra cara reverso plana o conforme resulte al enfriarse el metal en contacto con el aire libre; molde perdido, aquel que sirve para fundir un solo ejemplar del objeto a imitar, esto se debe a la poca resistencia del material con el cual fue construido o por la determinada colocación de las piezas que lo componen.

Se dice comúnmente fundir una pieza., esto se refiere a la reproducción total o parcial de un fragmento al verter una sustancia fundida dentro del molde, del cual se obtendrá una nueva después del conveniente enfriamiento y una vez solidificada. A esto se lo denomina vaciar una pieza, que es el significado técnico dado por un diccionario de la Real Academia Española.

El mencionar a este vaciado por la palabra fundido es un gran error, por cuanto

fundido representa la acción de derretir y licuar los metales, los minerales u otros cuerpos sólidos; materiales que en estado de fusión o plasticidad son aptos para ser vertidos en moldes, dentro de los cuales adoptará exactamente la forma de los huecos y salientes que presente dicho molde en su interior. Así, pues, la acción de vaciar en un molde un objeto de metal, yeso, etc.; se denomina vaciado.

Se confunde también de manera lamentable la palabra molde con la de matriz, y viceversa. Molde, es un pieza o conjunto de piezas acopladas en que se hace en hueco la forma que en sólido quiere darse a la materia fundida, fluida o blanda, que en él se vacía, como un metal, la cera, etc.; mientras que matriz es un molde en que se funden objetos de metal que han de ser idénticos.

### **1.1.2 Modelos**

La figura de la pieza de fundición utilizada para la confección del molde se denomina modelo. El modelo puede ser construido de madera, metal o plástico; de acuerdo con los planos técnicos.



**Fig. 1.1 Modelo del Avión Avro a escala.**

En la construcción de los modelos se utiliza una escala de contracción cuya longitud es mayor que la proporción en que la pieza fundida se contrae desde el comienzo de la solidificación hasta alcanzar la temperatura ambiente. Para protegerlo de la humedad, el modelo lleva una capa de pintura cuyo color esta normalizado según el

material que se haya de fundir. Por ejemplo: para fundición gris la pintura será de color rojo; para fundición maleable la pintura será de color gris; para acero moldeado la pintura será de color azul.

Las medallas se modelan generalmente en cera y en tamaño mayor del natural; los bocetos de estatuas, en barro y en tamaño menor, y para esculpir las en mármol se hace otro modelo igual de barro que después se vacía en yeso. En metalurgia el modelo es una pieza de madera o metal cuya forma es reproducida luego al verter el metal fundido en la huella (vaciado) que ha dejado el modelo en la arena tierra seca.

El modelo puede ser nuclear, como el de una culata, o tener partes huecas, como un cilindro en este caso hay que preparar aparte el molde del espacio interior, modelo que se construye de la misma arena especial, llamada arena para noyos pues noyó se denomina el modelo que forma en relieve el hueco que deberá tener la pieza una vez sea extraída del molde.

#### **1.1.2.1 Dimensiones de los modelos**

Para determinar la superficie de un molde se debe tomar en consideración que las dimensiones deben ser mayores que las definitivas; porque al enfriarse y solidificarse la colada, esta se contrae.

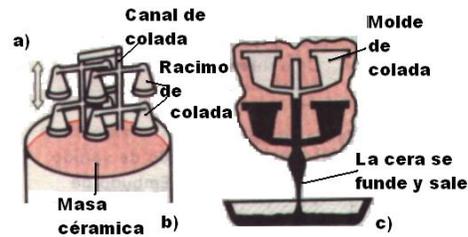
Además, en vaciado y fundición de piezas por medio de hierro hay que tomar en cuenta, que para diseñar los modelos, existen diferentes tipos de fundiciones.

##### **1.1.2.1.1. Métodos modernos de fundición**

###### **1.1.2.1.1.1. Método de fundición de precisión**

Se utiliza mucho el método de fundición de cera. Para ello, primero se funde el modelo de cera por el método de inyección (a). Los modelos de cera se reúnen para formar un «racimo de fundición» uniéndose todos al embudo de colada a través de los conductores. Los modelos de cera se sumergen en una masa cerámica o se impregnan con ella de modo que se forme una cascada alrededor del modelo (b). El molde así preparado se mete en una estufa de caldeo con lo que la cera se funde y se elimina (c). En el molde así formado se vierte el material fundido. Este método

permite una gran precisión de dimensiones (para una pieza de 115 mm de longitud aproximadamente  $\pm 0.12$  mm), y una buena calidad de la superficie (profundidad de las asperezas 25  $\mu$ m). Así puede prescindirse en muchos casos, de un laborioso trabajo de rectificación.

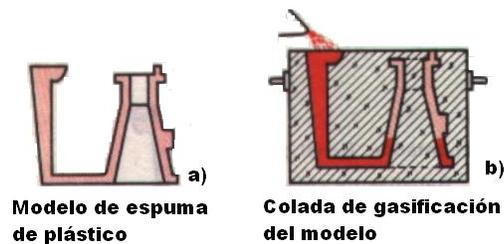


**Fig. 1.2. Método de fusión de cera**

#### 1.1.2.1.1.2. Método de molde lleno

Al efectuar la colada desaparecen los modelos insertos en el molde. Para la construcción de los modelos suele utilizarse espuma de plástico gasificable. Esta espuma es barata y puede cortarse con un alambre caliente. También puede fundirse el plástico directamente para formar los modelos (a). El modelo se coloca en arena para moldear con aglomerante plástico de endurecimiento en frío. Al efectuar la colada, el modelo se mantiene en el molde y se gasifica a través de la corriente caliente de fundición (b).

El método es económico ya que lo es la preparación del modelo; los modelos son de una sola pieza y así no dan rebabas en la colada.



**Fig. 1.3. Método de colada con molde lleno**

#### 1.1.2.1.1.3. Fundición en moldes permanentes:

En general, la fundición se hace en coquillas o lingoteras. La coquilla es molde permanente y está construida con fundición gris de calidad o de acero aleado. Por lo tanto, su construcción es bastante más cara que la de un molde de arena. Por ello, la

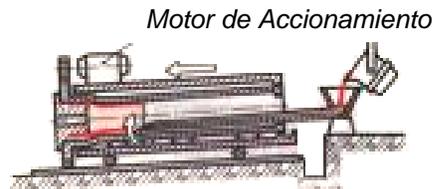
fundición en coquilla sólo resulta económica si hay que fabricar un número elevado de piezas.

#### **1.1.2.1.1.4. Fundición estática**

El material fundido se vierte en el molde, previamente calentado, por medio de un caldero de colada. Los gases que se forman escapan a través del alimentador y de las juntas del molde.

#### **1.1.2.1.1.5. Fundición centrífuga**

Este método es económicamente apropiado para la fabricación de tubos, cuerpos cilíndricos y para fundir casquillos de cojinete. El vertido en el molde y la solidificación del material en fusión se producen con la coquilla en rotación bajo la acción de la fuerza centrífuga. De esta manera, la fundición es compacta y de grano fino.



*“Función Centrífuga”*

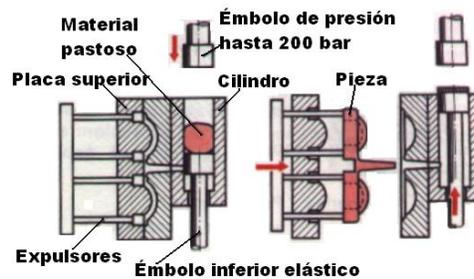
**Fig.1.4. Fundición centrífugada – colada en moldes permanentes**

Consiste en hacer girar rápidamente un molde circular durante el fundido. No hace falta núcleo, porque la rotación del molde mantiene el metal apretado contra él debido a la fuerza centrífuga.

#### **1.1.2.1.1.6. Fundición a presión**

La fundición a presión es una fabricación económica cuando el número de piezas es muy elevado. Su aplicación es para la fundición de metales no férreos. El metal, en estado pastoso, se introduce a presión en moldes permanentes de varias piezas. Durante la solidificación se mantiene la presión. Las operaciones de un proceso de fundición de este tipo son: cierre del molde, introducción del metal a presión, apertura

del molde y expulsión de la pieza.



**Fig. 1.5. Fundición a presión. Método de la cámara caliente**

La fabricación se realiza con una precisión de dimensiones que llega a 0,1 mm para un número de piezas de 400 y más por hora. En comparación con la fundición de arena, los gruesos de las paredes pueden ser menores, por lo que se consigue ahorro de material. A las ventajas económicas se les oponen los inconvenientes del elevado coste de los moldes y el peligro de porosidad de las piezas fundidas por inclusiones de aire. Hay que distinguir dos métodos: 1º, el método de cámara caliente y 2º, el método de cámara fría.

#### **1.1.2.1.1.7. Fundición gris.**

Se puede tomar el 11% por término medio de contracción; un poco más para piezas muy bajas y estrechas, y menor para las macizas de cierto tamaño, en las que el ancho, y profundidad son del mismo orden.

#### **1.1.2.1.1.8. Fundición negra**

Esta posee una contracción del 13% al 15%.

#### **1.1.2.1.1.9. Fundición inversa**

Es una adaptación del proceso de cera perdida para la fabricación de piezas fundidas ornamentales, este modelo es construido en cera, a menudo con una máquina de fundido a presión, y se recubre con una pasta de material refractario que se deja secar. Esta capa refractaria, con el modelo de cera dentro, se recubre de arena y después se cuece todo el molde. La cera se derrite y se vierte fuera del molde, con lo que éste queda listo para recibir el metal. Las piezas fabricadas con

este proceso tienen una gran precisión y reproducen bien detalles finos.

#### **1.1.2.1.1.10. Fundición continúa**

Se vierte acero fundido a un ritmo constante sobre la parte superior de un molde de sección transversal uniforme refrigerado por agua, y se extrae acero sólido de la parte inferior del molde de forma continua.

#### **1.1.2.1.1.11. Fundición compound**

Las piezas de fundición gris o de acero colado se trasiegan con otro metal, por ejemplo, aluminio o cobre. En las superficies de la mazarota, los metales se tienen que unir entre sí por difusión. En la fundición compound o compuesta cada metal conserva sus propiedades. Así, en los cojinetes de fricción, el cuerpo base de acero mantiene su resistencia y la capa que lo recubre, de aleación de Cu-Sn, mantiene sus propiedades deslizantes.

Las aleaciones de cobre tienen en general una contracción de 12 a 15 milímetros por metro. A los vaciados de latón y bronce debe dárseles una extensión tanto menor cuanto mayor sea la superficie y el espesor de los mismos. Puede ser suficiente contar con una contracción de 9 a 10 milímetros.

Las diferentes partes que constituyen el modelo se sujetan con tornillos o con empalmes especiales. Estos pueden ser de punta, ángulo, cruz, lengüeta, cola de milano, media madera, etc.

Estos ensambles deben practicarse con mucho cuidado, trazándose por medio de máquinas en los grandes talleres de construcción de modelos. Las diferentes piezas que constituyen un modelo se ajusta a veces con marcas especiales de ajuste, especialmente en piezas de soporte. El modelo presenta, por ejemplo, un saliente cilíndrico en el que encaja fuertemente el soporte por un hueco del mismo diámetro, etc.

En el modelo debe haber también ciertos salientes para apoyo del macho o noto que se llaman marcas de macho. Estas marcas han de tener suficiente salida, a la vez que suficiente longitud para guiar al macho y permitir un ajuste exacto, siendo su

diámetro el necesario para que ofrezcan la debida resistencia. El macho conviene que quede fijo, para evitar que el empuje de la colada lo pueda hacer flotar o remover.

Hay que prever la existencia de agujeros para sacar la arena del interior de los órganos, como por ejemplo, en las camisas de los cilindros. Estos agujeros se cierran luego, una vez extraída la arena, con soldadura autógena o se les obtura con una barra de cobre o un metal dilatado entrándolos a rosca y aserrando el saliente inútil.

En cuanto a las terrajas, diremos de antemano que es un calibre de plancha de hierro de madera cuya forma responde a la sección meridiana de la pieza a reproducir. Con ella evita la construcción del modelo. Si esta terraja es de madera, se refuerzan las aristas por medio de planchas de hierro.

En las partes de la pieza a reproducir y que luego tienen que ser sometidas a la acción máquina-herramienta tales como: lima, mandril, planeadora, moladora, fresadora, etc., hay que dejar mayor espesor que el definitivo. Para trabajos pequeños se dejan de 4 a 6 milímetros. Para grandes piezas de acero fundición convendrá dejar de 8 ó 10 milímetros.

La variación de espesores en un modelo es gran inconveniente para la homogeneidad del enfriamiento en la solidificación. Hay que tomar precauciones especiales, puesto que la desigualdad de enfriamiento da lugar a tensiones intensivas, tales que pueden ocasionar la rotura al más insignificante esfuerzo. Deben evitarse, pues, siempre que ello sea posible, variaciones bruscas en la sección, los ángulos obtusos y poco agudos; y, en caso de necesidad, es preferible hacer el ángulo obtuso o poco agudo y bajarlo después.

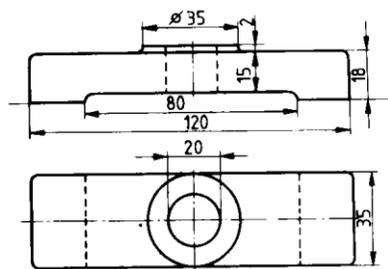
El trabajo del modelista es el de un carpintero, si bien sus conocimientos deben ser más tensos, y hasta las herramientas son de más cuidado y perfección. En el ensamblaje de 3 piezas para modelo debe ponerse mucho cuidado a fin de evitar el

deterioro y servirse de portadas o salientes, que se introducen huecos de otras piezas y que se pintan de negro, así como las superficies que no han de tener contacto con la arena de fundición, sino sólo entre las partes de que consta el modelo.

Así mismo ha de tener conocimientos de dibujo y geometría descriptiva y conocer el arte del fundidor, especialmente las contracciones, cuyo detalle enumerado, y el modo cómo aquél ha de disponer los modelos y machos para llevar a cabo su cometido.

### 1.1.2.2. Construcción de los Modelos

Los moldes se hacen de arena o barro, a mano o mecánicamente, en crisol o en cajas de moldear. Para moldear en cajas se utiliza arena de moldear. Está formada por arena de cuarzo de grano pequeño y un aglomerante (que es una fina capa de arcilla) que rodea todos los granos de la arena. Esta capa de arcilla adquiere su capacidad aglomerante humedeciendo la arena. En la actualidad, en lugar de arena suele utilizarse un aglomerante de resinas sintéticas. Las propiedades que a de tener la arena para moldear son plasticidad, estabilidad, resistencia al calor y permeabilidad a los gases.



**Fig. 1.6. Plano de un modelo**

Los huecos de la pieza fundida se obtienen colocando machos a los que el metal en fusión envuelve. Los machos se moldean en cajas para machos. El macho a de tener mayor resistencia que el molde. Por esta razón se preparan con una arena especial (arena para machos). Una vez seco, el macho se coloca en la semicaja inferior.

Cada tipo de material plástico tiene sus características tanto en lo que se refiere a las que poseen una vez transformadas como las relativas a sus condiciones de procesado. El conocimiento de ellas, no solo es necesario el transformador que va a realizar la pieza para un fin determinado sino también al diseñador del molde.

En general hay que tener en cuenta que la elección del material requiere del estudio de los puntos favorables y desfavorables de cada uno de ellos en función del fin que va destinado el producto final.

**Propiedades a tener en consideración.-** Se va a tener en cuenta las siguientes:

- Elasticidad
- Resistencia a la llama
- Resistencia al impacto
- Estabilidad dimensional
- Transparencia
- Calor
- Resistencia mecánica
- Propiedades eléctricas Resistencia a la abrasión
- Resistencia a las radiaciones
- Resistencia a la humedad
- Resistencia a agentes químicos
- Permeabilidad
- Resistencia a medios ambientales
- Olor y sabor
- Fluencia
- Limitaciones de diseño
- Precio

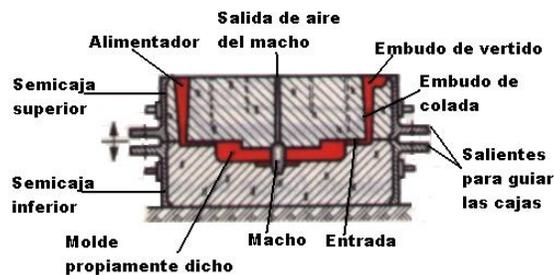
**Características de la pieza en uso.-** se tomara consideración en las siguientes:

- Densidad

- Cristanilidad
- Peso molecular
- Distribución de pesos moleculares
- Comportamiento reologico
- Aditivos
- Temperatura de transformación
- Presiones de proceso
- Propiedades técnicas
- Contracción de moldeo
- Contracción de post-moldeo
- Facilidad de compresión en estado fundido

#### 1.1.2.2.1. Preparación del molde para la colada

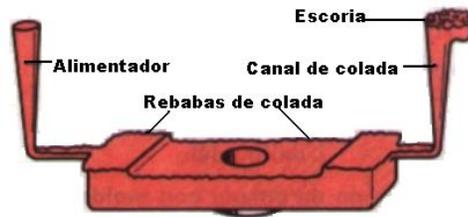
Una vez moldeado el modelo en la semicaja inferior, se le da la vuelta y se le coloca la semicaja superior. El modelo se dota con los embudos de vertido y alimentación. Una vez practicados los orificios de ventilación, se sacan las maderas de vertido y alimentación y se levanta la semicaja superior. Se saca el modelo y se cortan las entradas.



**Fig. 1.7. Preparación del molde para la colada**

Se vuelve a colocar la semicaja superior y se embrida a la inferior, o se le colocan pesos encima para que no se levante al efectuar la colada.

La colada se efectúa en el taller de fundición. La pieza fundida en bruto tiene la forma del modelo con la mazarota y rebosadero y con los huecos formados por los machos.

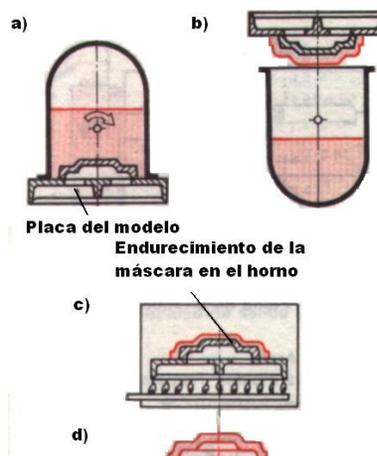


**Fig. 1.8. Pieza en bruto (fundida)**

### 1.1.2.2.2. Métodos especiales de formación de los moldes

El molde abierto con placa superior es apropiado para modelos muy grandes. Se utiliza para ello una placa superior. De esta manera, la superficie queda más perfecta que con el molde abierto sin la placa.

**1.1.2.2.3. Método de moldeo con máscara.-** En lugar de los moldes macizos de arena y de los machos llenos, se utilizan máscaras de paredes delgadas y machos huecos. Para la preparación de estas máscaras de moldear se utiliza arena para moldear (cuarzo) y resina sintética en la proporción 10:1 a 25:1. El material de moldear se vierte o sopla sobre la placa del modelo (a) que se ha calentado a 300°C. Al reblandecerse la resina sintética se forma una capa de 5 a 10 mm de espesor (b). Una vez retirado el material sobrante, la placa modelo se lleva a una estufa de caldeo (c) hasta que se endurezca la capa adherida al modelo. Una vez endurecida, la máscara puede retirarse de la placa



**Fig. 1.9. Método de Moldeo con máscara.**

#### **1.1.2.2.4. Proceso de fundición**

El metal que llega a los hornos de fusión se vierte en el molde con calderos manejados a mano, con horquillas o con grúa. El embudo de colada debe mantenerse siempre lleno durante el proceso de colada porque, de lo contrario, se podrían arrastrar partículas de escorias o aire por la formación de remolinos. Se da por terminada la colada cuando queda lleno el alimentador. Cuando se ha enfriado lo suficiente, se destruye el molde, se saca la pieza y se limpia.

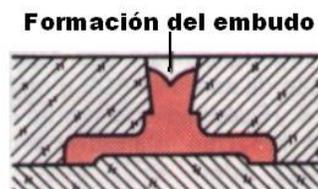
**1.1.2.2.5. Procesos de solidificación.-** La pieza fundida, al enfriarse, se hace primero viscosa, luego plástica y por último sólida. Hay que diferenciar pues tres fases:

**1. Fase de contracción fluida.-** Se aprecia por el descenso del nivel de líquido en el alimentador.



**Fig. 1.10. Contracción Fluida**

**2. Contracción de solidificación.-** Se produce durante la solidificación y se llega a formar un embudo. Este embudo no debe quedar en la pieza, sino en el alimentador para impedir que se produzcan cavidades de contracción.



**Fig. 1.11. Contracción de solidificación**

**3. Contracción lineal.-** Es la última fase de la solidificación hasta alcanzar la temperatura ambiente. Esta contracción se tiene en cuenta en el modelo utilizando la escala de contracción. Las cuantías de contracción longitudinal son del 1% para la fundición gris, del 1,25% para el aluminio y del 1,5% para la fundición de aleaciones de Cu-Zn-Sn, aproximadamente.



**Fig. 1.12. Contracción final**

### **1.1.3. Preparación de los modelos**

Para la preparación de los modelos se va a tener en cuenta el análisis del vaciado de los objetos en el molde; como se explica a continuación:

#### **1.1.3.1 Vaciado de los objetos en moldes**

El vaciado en molde es un objetivo de análisis por parte de la Tecnología Mecánica, para dar la forma a los objetos valiéndose de las características que tienen algunas sustancias al endurecerse después de tomar la forma líquida que les permite adaptarse en los pliegues o sinuosidades menores del recipiente que los contiene, cuya impresión se conserva después de su endurecimiento, reproduciendo así, de una manera casi exacta, la forma de las paredes interiores del molde.

Esto indica que para realizar la impresión de un objeto por medio del vaciado es necesario disponer de un recipiente, a que se da el nombre de molde, cuyo plano interior reproduzca todos los detalles de la superficie exterior del objeto o modelo.

La característica principal que debe tener la sustancia a usarse para el vaciado es que tome fácilmente la forma líquida. Las sustancias más conocidas que reúnen estas propiedades son los metales, pues a grandes temperaturas llegan a su punto de fusión; además hay que agregar su fácil retorno al estado sólido por enfriamiento y la gran resistencia de su superficie, su gran cohesión permite la solidez del modelo evitando posibles desprendimientos con el material con el que esta compuesto el molde.

A parte de los metales se pueden utilizar sustancias como la parafina, plásticos y otros, por la propiedad de fusión que poseen y la exactitud con que reproducen los detalles del modelo; finalmente, existen otras sustancias, como el yeso y el cemento, que toman una forma pastosa cuando contienen gran cantidad de agua, endureciéndose luego y toman una forma sólida a medida que se secan.

## 1.1.4 TIPOS DE MOLDEO

### 1.1.4.1 Moldeado por extrusión

Los barriles de extrusión con zona de alimentación acanalada ofrecen, con muchas resinas, productividades que son entre 20 y 40% más altas, por cada revolución, que las que se pueden obtener en un barril del mismo diámetro pero con superficie interior lisa. Una sección de alimentación acanalada mejora el transporte de los sólidos e incrementa la función de bomba de los extrusores, aumentando la productividad a una tasa de velocidad dada, en rpm, y reduciendo la cantidad de energía aplicada al polímero; en consecuencia, se reduce también la temperatura de procesamiento de la resina. Se ha visto que se puede neutralizar la acción de la sección acanalada calentando los canales para que actúen con la versatilidad de una pared lisa.

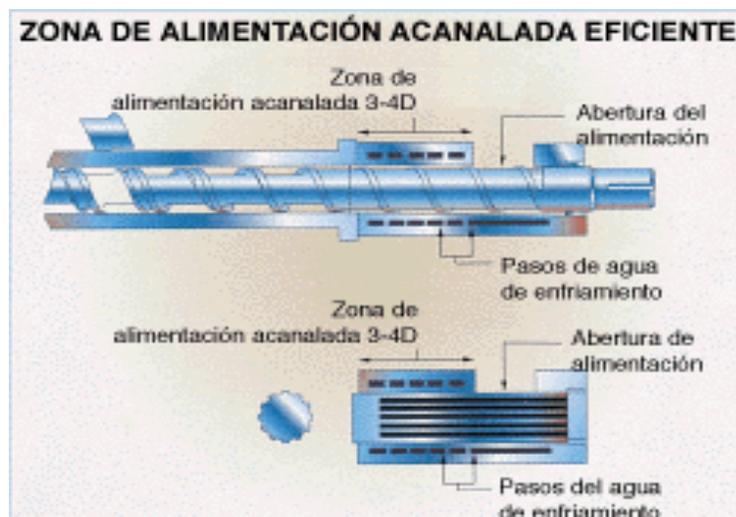


Fig. 1.13. Moldeado por extrusión

La sección de alimentación de un extrusor de 3.5 pulgadas de diámetro puede contener desde ocho hasta 18 canales distribuidos uniformemente alrededor del barril en la zona de alimentación. En general, las resinas de mayor viscosidad, como el HMW-HDPE o polipropileno se benefician cuando el número de canales es mayor. Cuando la resina tiene una viscosidad baja, es preferible contar con un número reducido de canales. Si se emplean demasiados canales, la resina puede ser alimentada a una velocidad tan alta hacia la zona de compresión que se pueden presentar ineficiencias en el proceso de fundición de la resina y problemas de mezclado de la misma.

Típicamente, los canales tienen un ancho de 0,15 a 0,3 pulgadas y su profundidad aumenta hacia la parte de atrás de la zona de alimentación. En un comienzo la profundidad de los canales es de 0,12 a 0,37 pulgadas y se inclinan hasta llegar una profundidad de cero en una distancia de tres a cuatro diámetros después de haber pasado aguas abajo por la boca de alimentación de la extrusora. Los canales se fabrican paralelamente al eje de los tornillos.

Las secciones de alimentación están diseñadas con camisas de agua de enfriamiento para proporcionar un flujo intenso de agua alrededor de la abertura de alimentación y se extiende hacia la sección acanalada. Esto previene que la resina se funda en los canales. Por el contrario, para reducir la acción de alimentación forzada de los canales y disminuir la función de bombeo del extrusor para materiales como el nylon o policarbonato, se puede aplicar calor (de 90 a 150 C) en los canales. Esto inicia la fundición de la resina y evita un aumento peligroso de la presión hacia el final de los canales.

#### **1.1.4.1.1. Selección de tornillos para operar con las zonas acanaladas.**

Los canales largos siempre se endurecen mediante la nitruración del barril o, si se deben procesar resinas más abrasivas, recubriéndolos con carburo de tungsteno. Las secciones de canales más cortos normalmente no se endurecen. Los tornillos se endurecen frecuentemente con el mismo material usado en los canales para tener compatibilidad y desgaste homogéneo.

No es común el cambiar la manga acanalada para procesar diferentes tipos de resinas. La manga se reemplaza únicamente debido al desgaste, por ejemplo, cada cinco o diez años. Por supuesto, el tornillo se puede cambiar para manipular diferentes tipos de resinas con el mismo sistema acanalado en la zona de alimentación.

La elección del material de endurecimiento depende no solamente de la abrasividad del polímero que se procesa, sino también de la profundidad de los canales del tornillo al inicio de la zona de alimentación. Los tornillos para barriles con zonas de alimentación acanaladas de hoy tienen canales relativamente poco profundos en la zona de alimentación, para proporcionar más eficiencia en la alimentación. En un tornillo de 3.5 pulgadas, los canales con una sección de alimentación acanalada, tienen una profundidad que varía entre 0,25 y 0,4 pulgadas, la mitad de la profundidad de los canales de un tornillo para barriles de pared lisa (0,6 a 0,7 pulgadas). Los tornillos de canales menos profundos para barriles acanalados en la zona de alimentación mantienen una altura baja de cama de resina sólida y una fuerza de avance alta hacia adelante. Este efecto eleva la presión a un nivel suficiente para alcanzar la compresión necesaria en la zona de calentamiento del extrusor.

Los extrusores muy pequeños (de una pulgada y menores) frecuentemente requieren la ayuda de canales en la zona de transportes de sólidos debido a que el tamaño de los gránulos es grande comparado con la profundidad de los tornillos. La resistencia mecánica de la sección de alimentación acanalada debe ser lo suficientemente alta para manejar presiones altas en los arranques o con ciertos polímeros. Las presiones al final de las secciones acanaladas pueden llegar a ser del orden de 15.000 a 20.000 psi. De tal manera que el equipo debe ser diseñado para soportar presiones hasta de 30.000 psi, aunque los diseños actuales tienden a mantener la presión por debajo de 10.000 psi.

Los extrusores con zona de alimentación acanalada ofrecen una productividad mayor por rpm y, por lo tanto, requieren una caja de engranajes de reducción más grande que los extrusores de pared lisa, de diámetro similar. También consumen más torque en los arranques.

La presión al final de la sección de alimentación acanalada es con frecuencia mayor que la que se tiene en el dado; por lo tanto, el desempeño del tornillo no es sensible a las variaciones de presión en el dado, de la misma manera que lo es en extrusores con barril liso. Los extrusores de pared lisa operan con presiones en el dado de 3.000 a 4.000 psi y en ellos se debe elevar la velocidad de rotación de los tornillos para mantener la misma tasa de producción que tienen cuando la presión del dado es menor. La energía para presurizar la resina fundida, sumada a la energía debida a la mayor velocidad del tornillo en un barril de pared lisa, dificultan el proceso en la medida en que se elevan la temperatura y la presión de la resina fundida.



**Fig. 1. 14. Extrusor**

#### **1.1.4.1.2. Resinas adecuadas para extrusores de zona de alimentación acanalada**

Las poliolefinas son los polímeros que más éxito han tenido en los procesos de extrusión con zonas de alimentación acanaladas y enfriadas.

Los procesadores que tienen la mayor oportunidad de beneficiarse de los extrusores con zona de alimentación acanalada son aquellos que manejan una o dos resinas con altas tasas de productividad. Ejemplos de esto son las líneas operando con polietilenos y polipropilenos de alta viscosidad para la fabricación de tubería, láminas, película soplada y moldeo por soplado. Los materiales con puntos de fundición altos y de mayor cristalinidad no se procesan con tanta facilidad en los extrusores con zonas de alimentación acanaladas. Sus compresibilidades y sus características de fundición son diferentes a las encontradas en las poliolefinas

tradicionales. Para procesarlos en condiciones de seguridad, se debe reducir la eficiencia de la zona de alimentación, para proteger el barril y la sección acanalada de los incrementos tan altos de la presión.

Los extrusores con zonas de alimentación acanaladas tienen un mejor desempeño si la resina se preenfía. Cuando se adicionan colores en forma de concentrados hay necesidad de lograr un mayor nivel de mezclado en el tornillo y por lo tanto se debe recurrir a temperaturas mayores de operación, lo cual va en contravía de los beneficios que se pueden lograr de las zonas de alimentación acanaladas.

Los tornillos de barril liso ofrecen un mejor desempeño con las resinas de alto punto de fusión como el nylon, PET, policarbonato y fluoropolímeros. Si estos materiales deben ser procesados en una máquina con canales en la zona de alimentación del barril, los canales deben ser calentados. Esto reduce la eficiencia en la alimentación porque permite un grado de fundición de la resina en los mismos. También, los tornillos con canales más profundos en la zona de alimentación pueden ser usados para reducir la tendencia a sobrealimentar el extrusor.

Los extrusores con venteo no son compatibles con las zonas de alimentación acanaladas en el barril debido a que la productividad en este caso depende usualmente de la capacidad de bombeo de la segunda etapa. Una primera etapa muy eficiente puede llevar a inundar el venteo o causar una fundición pobre de la resina, a la altura del venteo. La resina que llega a la altura del venteo debe estar completamente fundida para permitir la evacuación (usualmente por vacío) de aire, humedad y resinas volátiles.

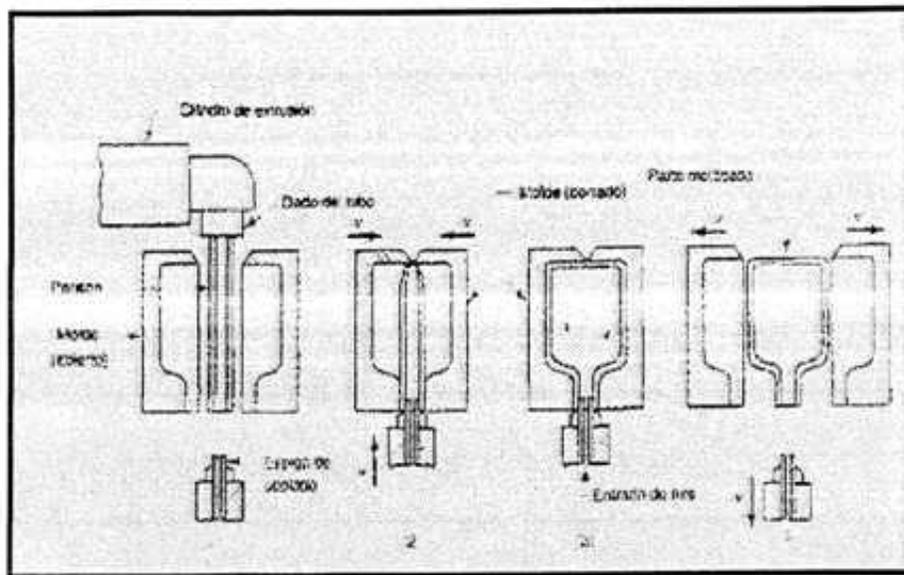
A pesar de las ventajas potenciales de la extrusión con zona de alimentación acanalada en el barril, la mayoría de los procesadores en Norteamérica no la toman seriamente como una alternativa para la extrusión con barril de pared lisa, que ya han usado durante años. Sin embargo, una revisión cuidadosa de las resinas, sus condiciones de proceso, y de los procedimientos de operación, pueden revelar oportunidades para mejorar la productividad y la calidad de los productos, empleando los canales en la zona de alimentación de los barriles.

#### **1.1.4.2 Moldeo soplado intermitente**

En el moldeo por soplado intermitente, la fundición se acumula antes de llegar a la matriz y es expulsada de un solo disparo. El moldeo soplado intermitente se utiliza principalmente para piezas grandes, dado que hay que *trabajar* con un parisón más pesado que la pequeña pieza a moldear.

#### 1.1.4.3 Moldeo Soplado por coextrusión

El moldeo soplado por coextrusión permite combinar materiales con diferentes propiedades para crear un producto terminado destinado para una aplicación particular. Con este proceso usted puede fabricar productos que contengan varias capas en sus estructuras de pared. Asimismo, las distintas partes de la estructura se pueden optimizar para obtener un mejor balance entre las propiedades y los costos.



**Fig. 1.15. Moldeo soplado por coextrusión**

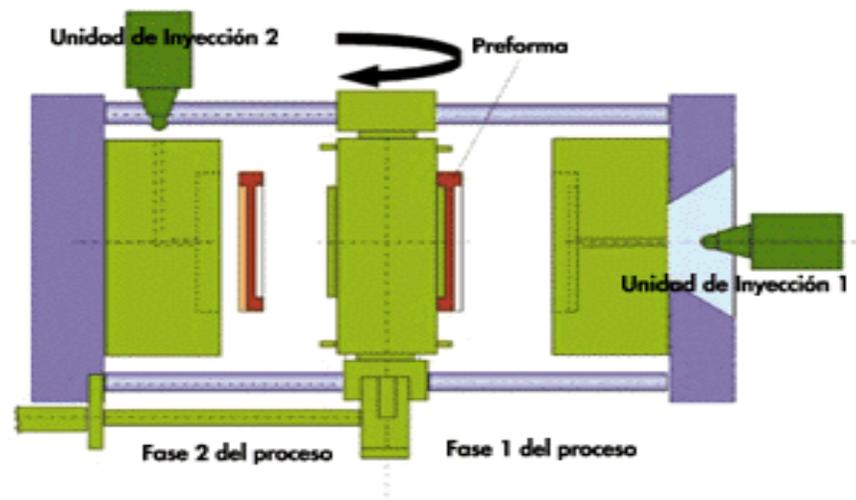
#### 1.1.4.4 Moldeado por transferencia

En este proceso, dos materias primas diferentes se inyectan consecutivamente en cavidades diferentes de moldes, a través de boquillas separadas, para producir una parte moldeada individual. En primer término, en una cavidad apropiada se inyecta la primera materia prima, luego ésta es transferida a otra cavidad, donde se inyecta la

segunda materia prima. Cumplido este último paso, se evacua el producto terminado del molde.

En estos procesos especiales es necesario obtener una coordinación estrecha entre la máquina y el molde, a través del sistema de control. El molde y sus mecanismos determinan el tamaño de la máquina para el proceso. Si existe un mecanismo de transferencia debe especificarse si debe hacerse una rotación en el molde mismo o si con un mecanismo robotizado o un sistema móvil se hace la función de transferencia. Otra posibilidad es la de emplear una mesa rotatoria con varios moldes incorporados en ella. Si el molde debe rotar en la máquina, la diagonal del molde debe ser menor que la distancia entre las dos diagonales formadas entre las barras de unión de la máquina. Si se emplea una mesa rotacional se debe incrementar la altura del molde.

En cualquier caso se debe prestar atención especial al diseño del sistema de eyección de las partes moldeadas. Es absolutamente necesario que el eyector esté acoplado con el molde a usarse. Los extractores de los centros moldeados y el programa de la secuencia de accionamiento son puntos a considerarse. El arreglo de las unidades de inyección, por otro lado, está determinado por cada aplicación en concreto.



**Fig. 1.16. Proceso de sobremoldeo de Ferromatik Milacron y Gram Technology, con molde apilado y placa central giratoria”**

En el proceso, la unidad de inyección 1, inyecta un primer material en la cavidad conformada por las placas: central y la placa fija del lado de inyección. Acto seguido, el molde se abre y la placa central se desliza hacia el centro para girar, por ejemplo, 180°. La cara que recibió y todavía mantiene en su interior el primer material mira ahora la placa posterior y con ella conforma la segunda cavidad en la cual entra el segundo material proveniente de la segunda unidad de inyección. Simultáneamente, está ocurriendo el llenado del primer material en la cara opuesta de la placa central.

Cuando se abre el molde para permitir el giro de la placa central, ocurre la eyección de la pieza terminada con el segundo material. En cada abertura del molde ocurre la eyección de una pieza terminada. Cada vez que se cierra el molde ocurre el llenado simultáneo de los dos materiales en las caras opuestas, respectivamente. Entre los beneficios más importantes de la tecnología está en primer lugar el hecho de que los moldes giratorios pueden ser instalados en las máquinas multicomponentes estándar. La máquina puede operar un proceso balanceado de inyección, comparable al que se tiene en la inyección tradicional de un componente. Otra ventaja adicional se deriva del tiempo más reducido de inyección, que lleva a la duplicación de la productividad de la máquina, con un mínimo de mantenimiento. La placa central giratoria del molde puede contener dos o más secciones, haciendo que la distancia de recorrido de las placas laterales siempre sea menor.

El material que se puede considerar central se inyecta con la extrusora principal de la máquina inyectora. El segundo material se plastifica en una segunda extrusora, que normalmente se adiciona a la primera. Debido a que el punto de entrada del segundo material a los moldes puede cambiar de ubicación de molde a molde, es necesario proveer de una holgura de movimientos para la ubicación de este segundo extrusor.

Existen, por lo tanto, varias configuraciones de máquinas que aportan soluciones particulares para colocación de la segunda unidad de inyección: en posición vertical; en posición en "L"; arreglada en paralelo junto a la primera; y arreglada en un ángulo con respecto a la primera.



**Fig. 1.17. Inyectora Vertical**



**Fig. 1.18. Unidad en L**

*“En la fig. 1.17 se muestra la Unidad de inyección vertical que se puede deslizar horizontalmente para ubicar la inyección sobre el segundo material, sobre el molde de inyección. En la fig. 1.18 se muestra la segunda unidad de inyección colocada en "L" horizontal con respecto a la primera unidad. Se puede observar el sistema de deslizamiento para ubicación en cualquier punto lateral del molde de inyección.”*

En la *figura 1*, aparece una unidad de inyección colocada en posición vertical, en la que se muestra el mecanismo de deslizamiento de la unidad. Debido a este mecanismo, la unidad puede ubicarse en cualquier punto sobre el molde para efectuar la inyección del segundo componente. Este es un diseño modular ya que la segunda unidad de inyección y su correspondiente sistema hidráulico pueden ser adicionados a una máquina de inyección estándar, particularmente en aquellas con fuerza en la prensa de hasta 2000 kN. La posición vertical de la segunda unidad de inyección permite tener un acceso más libre al molde en la máquina, por ejemplo, para efectos de cambios.

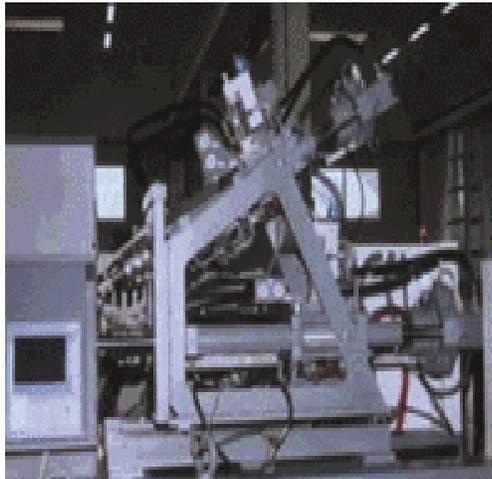
La *figura 2*, muestra que la segunda unidad de inyección se encuentra colocada en posición de "L" horizontal. En este caso, la segunda unidad se puede deslizar para ubicar el punto de inyección del segundo material en un punto lateral del molde. Este arreglo es preferido en las máquinas de más de 2000 kN puesto que no es

conveniente colocar unidades muy pesadas en la posición vertical, por un lado, y porque los moldes de mayor tamaño ocupan una mayor altura.

#### **1.1.4.5 Moldeado por inyección**

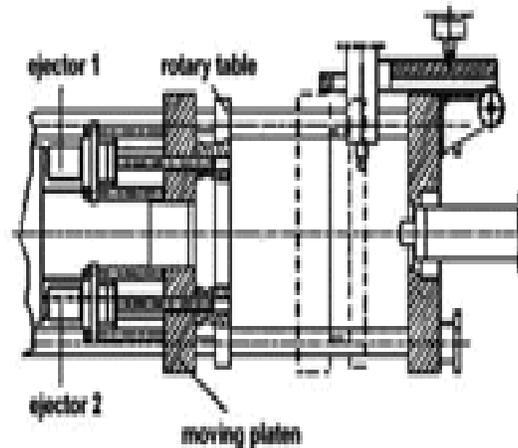
La idea del moldeo de varios materiales para formar un producto único debe precisarse en detalle para que pueda recibir una denominación apropiada. Esto, porque existen varias posibilidades tecnológicas para hacer un producto moldeado por inyección con varios materiales, que hoy en día son consideradas excluyentes entres sí.

En términos generales existen los procesos que emplean boquillas múltiples de inyección o estaciones diferentes de moldeo y los procesos que emplean una sola boquilla de inyección con una sola estación de moldeo. A la primera clase corresponden los procesos de moldeo con transferencia de molde o con sobreinyección. Al segundo tipo de proceso pertenecen la coinyección y la inyección tipo "sándwich".



**Fig. 1.19. Segunda unidad inyectora**

*“La fig. 1.19 muestra la segunda unidad de inyección se ubica diagonalmente sobre la primera unidad.”*



**Fig.1.20. Sistema de eyección para moldes**

*“La Fig., 1.20 muestra el dibujo esquemático de un sistema de eyección para moldes con llenado en dos mitades. El molde en este caso rota dentro de la máquina.”*

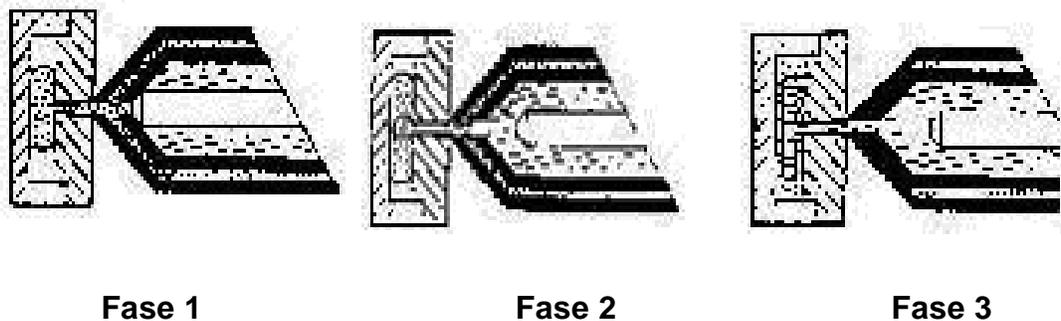
En la *figura 3*, se ilustra la orientación de la segunda unidad de inyección en posición diagonal con respecto a la primera. Como se trata de la inyección de dos materiales en cavidades diferentes cada uno, los dos extrusores alimentan boquillas diferentes, separadas entre sí aproximadamente 55 mm. De esta manera, los dos materiales fundidos se controlan independientemente.

La *figura 4* es un diagrama que muestra los mecanismos de eyección para las dos cavidades de un molde que rota dentro de la máquina de inyección. Los eyectores pueden controlarse independientemente uno de otro. Esta variante ofrece un máximo de flexibilidad para la implementación de una amplia variedad de diseños de moldes que constan de dos mitades, como los que se emplean para la combinación de materiales termoplásticos con elastómeros de curado, los cuales deben tener una separación térmica entre las dos cavidades.

#### **1.1.4.5.1. Procesos de moldeado asociados a la coinyección**

El proceso de coinyección, por definición, es la inyección de los materiales fundidos a través de una boquilla única para formar un producto en una cavidad, también única, mediante la cual la inyección, por ejemplo, de un material central y

de un segundo material que hace las veces de piel se puede realizar a través de una boquilla. La construcción de esta boquilla permite la apertura y cerrado independientes de los componentes individuales. La boquilla coloca las fases individuales de los dos materiales a inyectar de acuerdo a la descripción presentada en la *figura 6*. En la fase 1, la aguja de la boquilla cierra el paso del material B, que es el central. La entrada del material A, que conforma la piel del producto, se mantiene abierta y fluye dentro del molde. En una fase subsiguiente, se abre la aguja para dejar pasar simultáneamente el material central a la cavidad del molde. Este arreglo elimina la formación de marcas de flujo sobre la superficie del producto, particularmente en productos de formas intrincadas. En la tercera fase se cierra el paso del material A y fluye únicamente el material central en el molde. Este tipo de boquilla permite asegurar la aplicación de una presión de sostenimiento en el final del ciclo de inyección ya sea con el material de la piel, A, o con el central, B. la máquina de menor tamaño en la cual se puede aplicar este proceso es una de 600 kN en la prensa.



**Fig. 1.21. Inyección de materiales múltiples a través de una boquilla única.**

Fase 1: Inyección de la piel a través de la boquilla abierta para el material A. La boquilla para el material B se cierra por medio de una aguja.

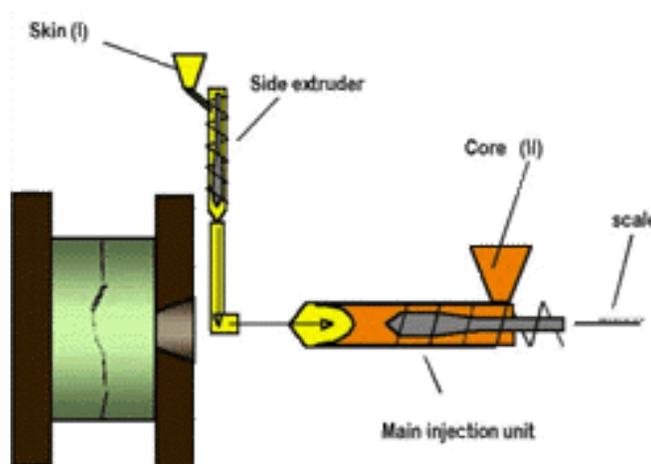
Fase 2: Llenado simultáneo de la piel y el material central. Las boquillas A y B están abiertas.

Fase 3: Se suspende la inyección del material de la piel Injection. Boquilla A cerrada. Boquilla B abierta.

La coinyección ofrece la posibilidad de aportar combinaciones de propiedades en un mismo producto, desde el punto de vista funcional, estético, ergonómico, y para reducir las operaciones de ensamble y acabado en los productos finales. Por otro lado, cuando los materiales centrales son abrasivos porque contienen rellenos o refuerzos, se puede usar una piel externa que encapsule el material central y evite el contacto con la superficie del molde. Se han presentado reportes de ahorros sustanciales en el mantenimiento de moldes debido al uso de la coinyección con este propósito.

#### 1.1.4.6 Moldeado por compresión o sándwich

La inyección en sándwich es una variación del proceso de coinyección como se puede observar cuando se compara el proceso descrito en la *figura 6*, ya mencionada, con el bosquejo del proceso en sándwich de la *figura 7*.



**Fig. 1.22. Proceso de coinyección en sándwich. La piel se introduce en el acumulador del extrusor principal (material central), antes del moldeo por inyección del producto.**

Los dos materiales fundidos se acumulan de una manera consecutiva en un cilindro común y luego se inyectan en un solo paso de inyección en el interior de la cavidad del molde. Debido a la acción de empuje del material central que empuja hacia adelante al material que conforma la piel de producto, se forman automáticamente

las capas de piel externa y de material central de una manera intercalada en el molde. El material central es plastificado en el extrusor principal de la máquina inyectora y el material que conforma la piel se plastifica en un extrusor auxiliar que se agrega a la máquina. El material fundido de la piel se introduce en el barril del extrusor principal de la máquina haciendo uso de un sistema de dosificación volumétrica o con base en el control de la presión de la resina. Normalmente, la introducción de este material en el barril se hace con poca resistencia de la presión del material central. Esta es la única modificación que se hace con respecto al proceso de moldeo tradicional y por ello es tan simple de aplicar.

#### **1.1.4.7 Moldeo soplado por estiramiento (stretch) inyectado**

El moldeo soplado estirable por inyección comienza con el moldeo por inyección de un pre-formado, que también es recalentado, pero estirado con una clavija, al mismo tiempo en que es soplado en el molde. Este es el típico proceso de conversión para producir botellas de PET.

#### **1.1.4.8 Moldeo soplado en 3D**

El moldeo soplado en 3D es un desarrollo reciente en el cual el parison es manipulado por un brazo robotizado para ubicar el parison en un molde tridimensional, antes de ser soplado. Las ventajas que presenta son bajo nivel de desperdicio y la capacidad de producir formas complejas. Generalmente, se lo utiliza para fabricar piezas de automóviles la moldería es el arte de preparar los moldes en los que se hace el vaciado o colada del metal fundido .La operación general de moldeo para el vaciado de metales consiste en;

- Construir un modelo de madera o modelado.
- Rodearlo de arena bien apisonada y convenientemente preparada.
- Quitar el modelo o desmodelado.

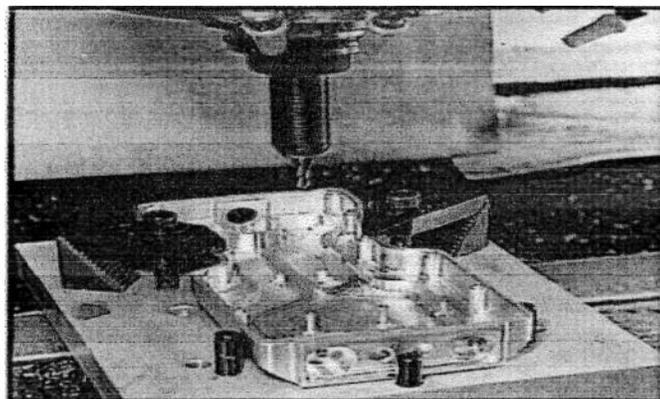
Añadir aquellas partes de arena que corresponden a huecos o partes internas. Así pues, para hacer un molde se construye primeramente un modelo,

generalmente de madera; se recubre luego de arena apelmazada; se quita después el modelo, y en el hueco que dejase vierte el metal fundido. La operación de rodear de arena el modelo de madera se ejecuta llenando de arena el espacio que queda entre el modelo y una caja de hierro fundido de forma de paralelepípedo recto y de paredes con nervaduras para que tenga mayor resistencia, abierta por las dos bases, es decir, sin tapa ni fondo, y con agarraderas laterales para poderlas suspender y así transportarlas fácilmente.

Estas cajas se pueden superponer. Entre cada dos o más se acostumbra colocar el modelo. Estas cajas, una vez llenas de arena rodeando el modelo, quedan separadas por la línea AB.

La moldería comprende, por consiguiente, la construcción de modelos y calibres, la preparación de las cajas de arena que forman el molde que ha de recibir el metal y la obtención de arenas que reúnan las condiciones y cualidades necesarias. Ya dicho las que ha de reunir el modelo y también las dimensiones que debe tener, habida cuenta de la contracción y de la mayor cantidad de materia que ha de tener la pieza fundida para poder luego ser trabajada con las máquinas-herramientas correspondientes.

El espesor o grueso superior al definitivo que debe tener la pieza se saca con un exceso de 6 milímetros para piezas de grandes dimensiones o de contracción dudosa. Cuando la contracción es conocida con exactitud, es suficiente un margen de 3 milímetros. En las piezas que deben ser alisadas o mandriladas, su diámetro al salir de fundición debe ser de 6 a 10 milímetros superior al definitivo



**Fig. 1.23. Moldeo soplado en 3D**

### 1.1.4.9 Electroerosión

La electroerosión es un proceso de fabricación, también conocido como Mecanizado por Descarga Eléctrica o EDM.

El proceso de electroerosión consiste en la generación de un arco eléctrico entre una pieza y un electrodo en un medio dieléctrico para arrancar partículas de la pieza hasta conseguir reproducir en ella las formas del electrodo. Ambos, pieza y electrodo, deben ser conductores, para que pueda establecerse el arco eléctrico que provoca el arranque de material.

Básicamente tiene dos variantes:

- El proceso que utiliza el electrodo de forma, conocido como Ram EDM, donde el término ram podría traducirse del inglés como "carnero" y es ilustrativo del "choque" del electrodo contra la pieza o viceversa (pieza contra el electrodo).
- La que utiliza el electrodo de hilo metálico o alambre fino, WEDM (donde las siglas describen en inglés Wire Electrical Discharge Machining),

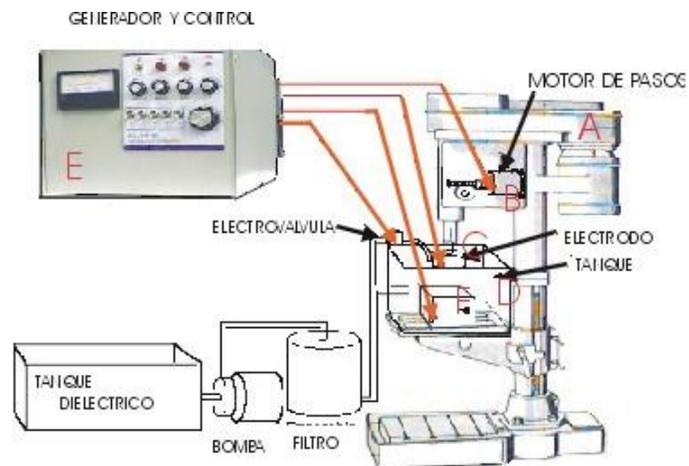


Fig. 1.24. Diagrama de una máquina de electroerosión

#### 1.1.4.9.1. Proceso de electroerosión con electrodo de forma

Durante el proceso de electroerosión la pieza y el electrodo se sitúan muy próximos, dejando un hueco que oscila entre 0,01 y 0,05 mm, por el que circula un líquido dieléctrico. Al aplicar una diferencia de tensión continua y pulsante entre ambos, se

crea un campo eléctrico intenso que provoca el paulatino aumento de la temperatura, hasta que el dieléctrico se vaporiza.

Al desaparecer el aislamiento del dieléctrico salta la chispa, incrementándose la temperatura hasta los 20.000 °C, vaporizándose una pequeña cantidad de material de la pieza y el electrodo formando una burbuja que hace de puente entre ambas.

Al anularse el pulso de la fuente eléctrica, el puente se rompe separando las partículas del metal en forma gaseosa de la superficie original. Estos residuos se solidifican al contacto con el dieléctrico y son finalmente arrastrados por la corriente junto con las partículas del electrodo.

Dependiendo de la máquina y ajustes en el proceso, es posible que el ciclo completo se repita miles de veces por segundo. También es posible cambiar la polaridad entre el electrodo y la pieza.

El resultado deseado del proceso es la erosión uniforme de la pieza, reproduciendo las formas del electrodo. En el proceso el electrodo se desgasta, por eso es necesario desplazarlo hacia la pieza para mantener el hueco constante. En caso que el desgaste sea severo, el electrodo es reemplazado.

Las tasas de arranque de material con electrodo de forma son del orden de 2 cm<sup>3</sup>/h.

### **El electrodo de forma**

El electrodo es comúnmente hecho de grafito pues este, por tener una elevada temperatura de vaporización, es más resistente al desgaste. Puede ser trabajado en una fresadora específica con el fin de crear ya sea un electrodo macho o un electrodo hembra, lo que significa que el electrodo tendrá la forma opuesta a la forma deseada y resultante en la pieza de trabajo.

Es buena práctica tener un electrodo de erosión en bruto y uno que consuma en forma fina y final, mas esto puede ser determinado por las dimensiones y características de la pieza a ser lograda.

Los electrodos pueden ser manufacturados en forma que múltiples formas pertenezcan al mismo pedazo de grafito.



**Fig. 1.25. Electrodo.**

También el cobre es un material predilecto para la fabricación de electrodos precisos, por su característica conductividad, aunque por ser un metal suave su desgaste es más rápido. El electrodo de cobre es ideal para la elaboración de hoyos o agujeros redondos y profundos. Comúnmente estos electrodos se encuentran de diámetros con tamaños milimétricos en incrementos de medio milímetro y longitudes variadas. Este proceso en particular es muy utilizado para antes del proceso de electroerosión con hilo, para producir el agujero inicial donde pase el hilo a través de un grosor de material que es inconveniente al taladro convencional.

#### **Ventajas del proceso de electroerosión con electrodo de forma**

- Al no generar fuerzas de corte como en los procesos de mecanizado, el torneado y el taladrado, resulta aplicable para materiales frágiles.
- Se pueden producir agujeros muy inclinados en superficies curvas sin problemas de deslizamiento. Así como de elevada relación de aspecto (cociente entre la longitud y el diámetro), es decir, con pequeño diámetro y gran profundidad imposibles con un taladro convencional.
- Al ser un proceso esencialmente térmico, se puede trabajar cualquier material

mientras sea conductor

- Las tolerancias que se pueden obtener son muy ajustadas, desde  $\pm 0,025$  hasta  $\pm 0,127$  mm.
- Es un proceso de fabricación único para lograr complejas configuraciones que son imposibles de otra forma.
- Ahorran en ocasiones la realización de un acabado rugoso en la pieza por medio de ataques de ácido, pasándose a denominar "Acabado de Electroerosión". No es un acabado quizás tan perfecto como el que se obtendría con el ataque de ácido pero por costes y plazos resulta satisfactorio en la mayoría de las ocasiones.

### **Inconvenientes en el proceso de electroerosión con electrodo de forma**

- Tras el proceso suele quedar una capa superficial de metal fundido, frágil y de extremada dureza, que debe eliminarse en aquellas piezas que requieran resistencia a la fatiga.
- El grafito es un material frágil, por lo que la manipulación de los electrodos debe ser muy cuidadosa.
- Los electrodos, generalmente, requieren ser manufacturados, por ejemplo, mecanizados en una fresadora para trabajar grafito.
- La rugosidad que deja en la superficie puede ser muy elevada en función del tipo de aplicación y la reducción de ésta, utilizando intensidades menores requiere mucho tiempo y en ocasiones se pueden producir defectos indeseados como formación de carbonillas o manchas.
- El acabado superficial rugoso no es perfecto resultando más rugoso sobre las caras planas que sobre las paredes verticales por efecto de las chispas esporádicas que se producen al evacuar los restos de material.

### **Aplicaciones del proceso de electroerosión con electrodo de forma**

A modo de ejemplo se puede citar el agujereado de las boquillas de los inyectores en la industria automotriz, así como en la fabricación de moldes y matrices para procesos de moldeo o deformación plástica.

#### **1.1.4.9.2. Proceso de electroerosión con hilo**

Es un desarrollo del proceso anteriormente descrito, nacido en los años de la década de los 70, y por consiguiente, más moderno que el anterior, que sustituye el electrodo por un hilo conductor; además, este proceso tiene mejor movilidad. Las tasas de arranque de material con hilo rondan los 350 cm<sup>3</sup>/h.

La calidad, material y diámetro del hilo, en conjunción al voltaje y amperaje aplicado, son factores que influyen directamente la velocidad con que una pieza pueda ser trabajada. También, el grosor y material de la pieza dictan ajustes para el cumplimiento del corte.

El acabado deseado en el proceso también es un factor de consideración que afecta el tiempo de ciclo de manufactura, pues el acabado que este proceso deja en la pieza puede ser mejorado cuando mas pases semi-repetitivos de corte sobre la misma superficie son ejecutados.

#### **1.1.4.9.3. Hilo conductor**

El hilo metálico puede ser fabricado de latón o de zinc. En prácticas de protección al medio ambiente, después del uso y descarte del hilo empleado y sus residuos, el material del hilo, ya sea en forma de hilo o éste pulverizado, es acumulado separadamente con el fin de ser reciclado.

Existen varios diámetros en el mercado, incluyendo .010" (0,25mm) y .012" (0,30mm). Generalmente el hilo se vende en rollos y por peso, más que por su longitud.

La tensión del hilo es importante para producir un corte efectivo, y por consiguiente una mejor parte; la sobretensión del hilo resulta en que este se rompa cuando no sea deseado. Mas la ruptura del hilo es común durante el proceso, y también es necesaria. En unos talleres, los encendedores comunes se utilizan como una forma práctica de cortar el hilo.

Inicialmente, la posición de una cabeza superior y una cabeza inferior por las cuales pasa el hilo están en un alineamiento vertical y concéntrico una a la otra; el hilo en uso se encuentra entre estos dos componentes mecánicos.

#### **1.1.4.9.4. Máquinas de electroerosión con hilo**

A diferencia de las máquinas de electroerosión con electrodo de forma a las que la polaridad aplicada puede ser invertida, la polaridad en el proceso de electroerosión con hilo es constante, o sea que la "mesa" o marco donde las piezas son montadas para ser trabajadas es tierra; esto significa que es de polaridad negativa. El hilo, por consiguiente, es el componente mecánico al que la carga positiva es dirigida.

Todas las máquinas reciben un hilo a modo que éste se tensione en forma vertical (axial "Z"), para producir cortes y movimientos en axiales "X" e "Y". Mas en su mayoría, las máquinas de electroerosión con hilo tienen la capacidad de mover sus componentes para ajustar el hilo vertical y producir un ángulo limitado de corte (axiales "U" y "V"). En maquinaria más elaborada, la electroerosión con hilo es posible mientras la pieza es rotada (cuarto axial de movimiento), esto significa que mientras la pieza está en un movimiento rotacional, otros movimientos axiales son simultáneamente posibles.

La eficiencia, exactitud y complejidad con que la pieza ha de ser trabajada es afectada por la calidad, condición y funcionalidad de la máquina a ser utilizada.

El tamaño del recipiente, contenedor del líquido, puede ser un factor determinante a cuantas piezas y tamaño de las piezas que pueden ser preparadas para el proceso.

#### **Corte interno y externo**

En el corte interno el hilo, sujeto por sus extremos comenzando por un agujero previamente taladrado y mediante un movimiento de vaivén, como el de una sierra, va socavando la pieza hasta obtener la geometría deseada.

En el corte externo el hilo puede empezar el movimiento desde el exterior del perímetro de la pieza hasta entablar el arco; continúa su movimiento hasta que consigue la periferia deseada.

#### **Ventajas del proceso de electroerosión con hilo**

- No precisa el mecanizado previo del electrodo.
- Es un proceso de alta precisión.

- Complejas formas pueden ser logradas.
- Resultados constantes.
- Dependiendo de la capacidad de la máquina, el trabajo con alambre puede incluir angularidad variable controlada o geometría independiente (cuarto eje).



**Fig. 1.26. Máquina de Electroerosión completa.**

### **Artículos y artefactos auxiliares**

Imanes. Por razón de que la pieza debe ser de un material conductor de electricidad, como lo es el acero, y muchas variedades de éste son magnéticos, el empleo de imanes resulta de lo mas práctico. Hay imanes especialmente diseñados con el propósito de preparar las piezas para ser trabajadas.

Artefactos específicos. Por razón que la geometría de algunas piezas es complicada y el trabajo de corte necesario sobre éstas pueda ser posicionado en forma dificultosa, son requeridos artefactos específicamente manufacturados con el fin de sujetar las piezas durante el proceso y, por lo general, deben ser hechos de acero inoxidable.

Motor rotacional. Si la máquina no tiene la capacidad de movimiento en el cuarto axial, y el corte a la pieza lo requiere, un motor rotacional independiente puede ser añadido con el fin de voltear la pieza.

En el siglo XXI se puede producir un proceso parecido al de torneado a alta velocidad utilizando el hilo para configuraciones caprichosas, dimensiones difíciles y acabados satisfactorios.

### **Plantación del ciclo**

Cuando una de estas dos formas de proceso es escogida a ser aplicada, se debe buscar como finalidad que el ciclo de manufactura sea lo más breve posible (reducción de tiempo de ciclo), que el acabado en la pieza tenga la aspereza y calidad deseada, y que la precisión en dimensiones y tolerancias geométricas sean las planeadas, todo esto incluido con las prácticas generales y aceptadas en la buena manufactura, fabricación y producción.

La plantación de un ciclo inteligente y, cuando sea posible, una preparación de múltiples piezas en orden y montadas con el fin de ser trabajadas en ciclos que requieran atención mínima, son dos formas que contribuyen al ahorro de tiempo y recursos. Obviamente, la protección y seguridad del operador es lo más importante y, por consiguiente, contribuye también a la prosperidad y ahorro.

### **Precauciones y consideraciones preventivas**

El uso de corriente eléctrica, agua y alto voltaje presentan un peligro de electrocución.

Es factible que chispas salten fuera del contenedor.

Derrames durante el llenado y vaciado de tanque o el uso de líquido a presión.

Siempre se debe observar precauciones y consideraciones preventivas, y regulaciones dictadas por las buenas prácticas, por instructivos y manuales de las máquinas y demás equipo, y por el taller o fábrica de trabajo donde el proceso de electroerosión sea practicado.

## **1.2 PLÁSTICOS**

### **1.2.1 Historia del plástico**

El primer plástico se origina como resultado de un concurso realizado en 1860 en los

Estados Unidos, cuando se ofrecieron 10.000 dólares a quien produjera un sustituto del marfil (cuyas reservas se agotaban) para la fabricación de bolas de billar. Ganó el premio John Hyatt, quien inventó un tipo de plástico al que llamó celuloide.

El celuloide se fabricaba disolviendo celulosa, un hidrato 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 el celuloide no hubiera podido iniciarse la industria cinematográfica a fines del siglo XIX. El celuloide puede ser ablandado repetidamente y moldeado de nuevo mediante calor, por lo que recibe el calificativo de termoplástico.

En 1907 Leo Baekeland inventó la baquelita, el primer plástico calificado como termofijo o termoestable: plásticos que pueden ser fundidos y moldeados mientras están calientes, pero que no pueden ser ablandados por el calor y moldeados de nuevo una vez que han fraguado. La baquelita es aislante y resistente al agua, a los ácidos y al calor moderado. Debido a estas características se extendió rápidamente a numerosos objetos de uso doméstico y componentes eléctricos de uso general.

Los resultados alcanzados por los primeros plásticos incentivó a los químicos y a la industria a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros. En la década del 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). Hacia los años 50 aparece el polipropileno (PP).

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, potes y

hueveras. El poliestireno expandido (EPS), una espuma blanca y rígida, es usado básicamente para embalaje y aislante 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 Du Pont. Descubrió que dos sustancias químicas como el hexametildiamina y ácido adípico podían formar un polímero que bombeado a través de agujeros y estirados podían formar 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.

En la presente década, principalmente en lo que tiene que ver con el envasado en botellas y frascos, se ha desarrollado vertiginosamente el uso del tereftalato de polietileno (PET), material que viene desplazando al vidrio y al PVC en el mercado de envases.

## **1.2.2 Obtención o fabricación del plástico**

La fabricación de los plásticos y sus manufacturados implica cuatro pasos básicos: obtención de las materias primas, síntesis del polímero básico, obtención del polímero como un producto utilizable industrialmente y moldeo o deformación del plástico hasta su forma definitiva.

### **1.2.2.1 Materias primas.**

En un principio, la mayoría de los plásticos se fabricaban a partir de resinas de origen vegetal, como la celulosa (del algodón), el furfural (de la cáscara de la avena), aceites de semillas y derivados del almidón o del carbón. La caseína de la leche era uno de los materiales no vegetales utilizados. A pesar de que la producción del nylon se basaba originalmente en el carbón, el aire y el agua, y de que el nylon 11 se fabrica todavía con semillas de ricino, la mayoría de los plásticos se elaboran hoy con derivados del petróleo. Las materias primas derivadas del petróleo son tan

baratas como abundantes. No obstante, dado que las existencias mundiales de petróleo tienen un límite, se están investigando otras fuentes de materias primas, como la gasificación del carbón.

#### **1.2.2.2 Síntesis del Polímero**

El primer paso en la fabricación de un plástico es la polimerización. Como se comentaba anteriormente, los dos métodos básicos de polimerización son las reacciones de condensación y las de adición. Estos métodos pueden llevarse a cabo de varias maneras. En la polimerización en masa se polimeriza sólo el monómero, por lo general en una fase gaseosa o líquida, si bien se realizan también algunas polimerizaciones en estado sólido. Mediante la polimerización en disolución se forma una emulsión que se coagula seguidamente. En la polimerización por interfase los monómeros se disuelven en dos líquidos inmiscibles y la polimerización tiene lugar en la interfase entre los dos líquidos.

#### **1.2.2.3 Aditivos.**

Con frecuencia se utilizan aditivos químicos para conseguir una propiedad determinada. Por ejemplo, los antioxidantes protegen el polímero de degradaciones químicas causadas por el oxígeno o el ozono. De una forma parecida, los estabilizadores lo protegen de la intemperie. Los plastificantes producen un polímero más flexible, los lubricantes reducen la fricción y los pigmentos colorean los plásticos. Algunas sustancias ignífugas y antiestáticas se utilizan también como aditivos.

Muchos plásticos se fabrican en forma de material compuesto, lo que implica la adición de algún material de refuerzo (normalmente fibras de vidrio o de carbono) a la matriz de la resina plástica. Los materiales compuestos tienen la resistencia y la estabilidad de los metales, pero por lo general son más ligeros. Las espumas plásticas, compuestas de plástico y gas, proporcionan una masa de gran tamaño pero muy ligera.

#### **1.2.2.4. Formas y acabados**

Las técnicas empleadas para conseguir la forma final y el acabado de los plásticos dependen de tres factores: tiempo, temperatura y deformación. La naturaleza de muchos de estos procesos es cíclica, si bien algunos pueden clasificarse como continuos o semicontinuos.

Una de las operaciones más comunes es la extrusión. Una máquina de extrusión consiste en un aparato que bombea el plástico a través de un molde con la forma deseada. Los productos extruidos, como por ejemplo los tubos, tienen una sección con forma regular. La máquina de extrusión también realiza otras operaciones, como moldeo por soplado o moldeo por inyección.

Otros procesos utilizados son el moldeo por compresión, en el que la presión fuerza al plástico a adoptar una forma concreta, y el moldeo por transferencia, en el que un pistón introduce el plástico fundido a presión en un molde. El calandrado es otra técnica mediante la que se forman láminas de plástico. Algunos plásticos, y en particular los que tienen una elevada resistencia a la temperatura, requieren procesos de fabricación especiales. Por ejemplo, el politetrafluoretileno tiene una viscosidad de fundición tan alta que debe ser prensado para conseguir la forma deseada, y sinterizado, es decir, expuesto a temperaturas extremadamente altas que convierten el plástico en una masa cohesionada sin necesidad de fundirlo.

#### **1.2.3 Propiedades del plástico:**

Los plásticos tienen una serie de importantes propiedades, que unidas a su costo relativamente bajo, explican su amplia utilización en ingeniería. Vamos a estudiar algunas de estas, y empecemos por las propiedades.

##### **1.2.3.1 Propiedades mecánicas:**

Los termoplásticos, si se someten a esfuerzos suficientemente grandes, se deforman de manera similar a los metales dúctiles, cuando se ejerce sobre ellos esfuerzos superiores al límite de fluencia. Los termoestables, por ser frágiles, se deforman muy poco bajo la aplicación de cargas.

Las resistencias a la tensión y a la compresión de los plásticos, son inferiores a las correspondientes al magnesio. La posición relativa, respecto de los metales, mejora considerablemente la resistencia y el peso. Esto se debe principalmente a la baja densidad de los plásticos.

El modulo de elasticidad de los plásticos rígidos es más bajo que el del concreto.

Las cargas aplicadas durante largos periodos de tiempo, producen una deformación gradual de los plásticos, provocando fallas con cargas menores que las indicadas por las pruebas de corta duración. Este tipo de falla se denomina creep.

Otro fenómeno observado en estos materiales, es su baja estabilidad dimensional, es decir, se deforman con el tiempo; aun cuando no tengan cargas aplicadas.

Otra propiedad de los plásticos es su capacidad de amortiguar el ruido y las vibraciones.

La curva esfuerzo-deformación unitaria de los plásticos no presenta la porción inicial recta, típica de los materiales.

#### **1.2.3.2 Propiedades Eléctricas:**

Aun cuando los polímeros son intrínsecamente malos conductores de la electricidad (aislantes), esta propiedad puede ser alterada agregando ciertos aditivos. Esto se logra en ciertos plásticos agregando grafito finamente pulverizado, mientras que en otros la conductividad se consigue tratando el polímero con radiaciones gamma.

#### **1.2.3.3 Propiedades Químicas:**

Desde el punto de vista químico, los plásticos, a bajas temperaturas, son generalmente más resistentes a los ambientes que atacan a los metales, al concreto y a la madera.

En general, los plásticos resistentes los ataques del agua, pero son muy sensibles a la luz solar (rayos ultravioletas) y soportan bien los ataques atmosféricos.

#### **1.2.3.4 Propiedades Térmicas:**

Los plásticos son generalmente malos conductores del calor, pero puede agregársela aditivos para mejorar la conductividad térmica.

El coeficiente de dilatación térmica es alto en la mayoría de los plásticos. Se producen grandes deformaciones, en comparación en los metales, mediante aumentos de temperatura relativamente pequeños.

Los plásticos, por general, no tienen tendencia a agrietarse por efectos térmicos.

#### **1.2.3.5 Propiedades ópticas:**

Los plásticos presentan una gama muy amplia de propiedades ópticas. Así, en cuanto a la refracción de la luz, los plásticos pueden ser opacos, translúcidos o transparentes. Algunos son muy brillantes, otros no la reflejan y sus superficies son de tipo mate.

Las propiedades ópticas mencionadas anteriormente, combinadas con la adición de colorantes, le proporcionan a los objetos de plástico, apariencia muy atractiva.

#### **1.2.4 TIPOS DE PLÁSTICOS:**

##### **1.2.4.1 Polietileno:**

Se le llama con las siglas PE. Existen fundamentalmente tres tipos de polietileno:

**a) PE de Alta Densidad:** Es un polímero obtenido del etileno en cadenas con moléculas bastantes juntas. Es un plástico incoloro, inodoro, no toxico, fuerte y resistente a golpes y productos químicos. Su temperatura de ablandamiento es de 120° C. Se utiliza para fabricar envases de distintos tipos de fontanería, tuberías flexibles, prendas textiles, contenedores de basura, papeles, etc. Todos ellos son productos de gran resistencia y no atacables por los agentes químicos.



**Fig. 1.27. Polietileno de alta densidad.**

**b) PE de Mediana Densidad:** Se emplea en la fabricación de tuberías subterráneas de gas natural los cuales son fáciles de identificar por su color amarillo.

**c) PE de Baja Densidad:** Es un polímero con cadenas de moléculas menos ligadas y más dispersas. Es un plástico incoloro, inodoro, no tóxico, más blando y flexible que el de alta densidad. Se ablanda a partir de los 85 °C. Por tanto se necesita menos energía para destruir sus cadenas, por otro lado es menos resistente. Aunque en sus más valiosas propiedades se encuentran un buen aislante. Lo podemos encontrar bajo las formas de transparentes y opaco. Se utiliza para bolsas y sacos de los empleados en comercios y supermercados, tuberías flexibles, aislantes para conductores eléctricos (enchufes, conmutadores), juguetes, etc., que requieren flexibilidad.



**Fig. 1.28. Polietileno de baja densidad.**

#### **1.2.4.2 Polipropileno:**

Se conoce con las siglas PP. Es un plástico muy duro y resistente. Es opaco y con gran resistencia al calor pues se ablanda a una temperatura más elevada (150 °C). Es muy resistente a los golpes aunque tiene poca densidad y se puede doblar muy fácilmente, resistiendo múltiples doblados por lo que es empleado como material de bisagras. También resiste muy bien los productos corrosivos. Se emplean en la fabricación de estuches, y tuberías para fluidos calientes, jeringuillas, carcasa de baterías de automóviles, electrodomésticos, muebles (sillas, mesas), juguetes, y envases. Otra de sus propiedades es la de formar hilos resistentes aptos para la

fabricación de cuerdas, zafras, redes de pesca.

#### **1.2.4.3 Poliestireno:**

Se designa con las siglas PS. Es un plástico más frágil, que se puede colorear y tiene una buena resistencia mecánica, puesto que resiste muy bien los golpes. Sus formas de presentación más usuales son la laminar. Se usa para fabricar envases, tapaderas de bisutería, componentes electrónicos y otros elementos que precisan una gran ligereza, muebles de jardín, mobiliario de terraza de bares, etc. La forma esponjosa también se llama PS expandido con el nombre POREXPAN o corcho blanco, que se utiliza para fabricar embalajes y envases de protección, así como en aislamientos térmicos y acústicos en paredes y techos. También se emplea en las instalaciones de calefacción.

#### **1.2.4.4 Policloruro de vinilo:**

Se designa con las siglas PVC. El PVC es el material plástico más versátil, pues puede ser fabricado con muy diversas características, añadiéndole aditivos que se las proporcionen. Es muy estable, duradero y resistente, pudiéndose hacer menos rígido y más elástico si se le añaden un aditivo más plastificante.

Se ablanda y deforma a baja temperatura, teniendo una gran resistencia a los líquidos corrosivos, por lo que es utilizado para la construcción de depósitos y cañerías de desagüe.

El PVC en su presentación más rígida se emplea para fabricar tuberías de agua, tubos aislantes y de protección, canalones, revestimientos exteriores, ventanas, puertas y escaparates, conducciones y cajas de instalaciones eléctricas.

#### **1.2.4.5 Los acrílicos:**

En general se trata de polímeros en forma de gránulos preparados para ser sometidos a distintos procesos de fabricación. Uno de los más conocidos es el polimetacrilato de metilo. Suele denominarse también con la abreviatura PMMA.

Tiene buenas características mecánicas y se puede pulir con facilidad. Por esta razón se utiliza para fabricar objetos de decoración. También se emplean como sustitutivo del vidrio para construir vitrinas, dada su resistencia a los golpes.

En su presentación traslucida o transparente se usa para fabricar letreros, paneles luminosos y gafas protectoras.

Otras aplicaciones del metacrilato las encontramos en ventanas de avión, piezas de óptica, accesorios de baño, o muebles. También es muy práctico en la industria del automóvil. A partir del polvo plástico acrílico se fabrican aparatos sanitarios (bañeras, lavabos, fregaderos).

#### **1.2.4.6 Las poliamidas**

Se designan con las siglas PA. La poliamida más conocida es el nylon. Puede presentarse de diferentes formas aunque los dos más conocidos son la rígida y la fibra. Es duro y resiste tanto al rozamiento y al desgaste como a los agentes químicos.

En su presentación rígida se utiliza para fabricar piezas de transmisión de movimientos tales como ruedas de todo tipo (convencionales, etc.), tornillos, piezas de maquinaria, piezas de electrodomésticos, herramientas y utensilios caseros, etc.

En su presentación como fibra, debido a su capacidad para formar hilos, se utiliza este plástico en la industria textil y en la cordelería para fabricar medias, cuerdas, tejidos y otros elementos flexibles.

#### **1.2.5 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 diversas. Algunas parecen fideos, otras tienen ramificaciones. Algunas más se asemejan a las escaleras de mano y otras son como redes tridimensionales.

Existen polímeros naturales de gran significación comercial como el algodón,

formado por fibras de celulosas. La celulosa se encuentra en la madera y en los tallos de muchas plantas, y se emplean para hacer telas y papel. La seda es otro polímero natural muy apreciado y es una poliamida semejante al nylon. La lana, proteína del pelo de las ovejas, es otro ejemplo. El hule de los árboles de hevea y de los arbustos de Guayule, son también polímeros naturales importantes. Sin embargo, 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 excelente 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.

### **Principales Polímeros**

- Polietileno (PE)
- Poliamida (PA)
- Policloruro de Vinilo (PVC)
- Polimetacrilato (PMMA)
- Polipropileno (PP)
- Polioximetileno (POM)
- Policarbonato (PC)

### **1.2.6 Aplicaciones del plástico**

Los plásticos tienen cada vez más aplicaciones en los sectores industriales y de consumo.

#### **1.2.6.1 Empaquetado**

Una de las aplicaciones principales del plástico es el empaquetado. Se comercializa una buena cantidad de polietileno de baja densidad en forma de rollos de plástico transparente para envoltorios. El polietileno de alta densidad se usa para películas

plásticas más gruesas, como la que se emplea en las bolsas de basura. Se utilizan también en el empaquetado: el polipropileno, el poliestireno, el policloruro de vinilo (PVC) y el policloruro de vinilideno. Este último se usa en aplicaciones que requieren estanqueidad, ya que no permite el paso de gases (por ejemplo, el oxígeno) hacia dentro o hacia fuera del paquete. De la misma forma, el polipropileno es una buena barrera contra el vapor de agua; tiene aplicaciones domésticas y se emplea en forma de fibra para fabricar alfombras y sogas.

### **1.2.6.2 Construcción**

La construcción es otro de los sectores que más utilizan todo tipo de plásticos, incluidos los de empaquetado, descritos anteriormente. El polietileno de alta densidad se usa en tuberías, del mismo modo que el PVC. Éste se emplea también en forma de láminas como material de construcción. Muchos plásticos se utilizan para aislar cables e hilos, y el poliestireno aplicado en forma de espuma sirve para aislar paredes y techos. También se hacen con plástico marcos para puertas, ventanas y techos, molduras y otros artículos.

Otras aplicaciones Otros sectores industriales, en especial la fabricación de motores, dependen también de estos materiales. Algunos plásticos muy resistentes se utilizan para fabricar piezas de motores, como colectores de toma de aire, tubos de combustible, botes de emisión, bombas de combustible y aparatos electrónicos. Muchas carrocerías de automóviles están hechas con plástico reforzado con fibra de vidrio.

Los plásticos se emplean también para fabricar carcasas para equipos de oficina, dispositivos electrónicos, accesorios pequeños y herramientas. Entre las aplicaciones del plástico en productos de consumo se encuentran los juguetes, las maletas y artículos deportivos.

### **1.2.6.3 Sector Médico**

La esperanza de vida y la mejor calidad de esta se debe en gran parte a la utilización de los plásticos. Millones de personas disfrutan de un mejor nivel de vida gracias a un marcapasos fabricado sobre plástico, según datos facilitados por la Asociación Nacional de Cardiología. Además, otros productos del área sanitaria tienen al plástico como principal componente. Las jeringuillas, lentillas, prótesis, cápsulas, envases de productos farmacéuticos, bolsas de sangre y suero, guantes, filtros para hemodiálisis, válvulas, tiritas, gafas, e incluso, el acondicionamiento de cada una de las salas de un hospital se construye con materiales plásticos. Concretamente, el sector hospitalario en España consumió en 2001, 83.000 toneladas de plásticos.

### **1.2.6.4 Sector Agrícola**

La producción en el campo se ha triplicado gracias a la Plasticultura, o cobertura de los cultivos agrícolas con plásticos para protegerlos de los agentes externos. Esta práctica supone en España el 4,7% del consumo de primeras materias plásticas. Un ejemplo de la puesta en marcha de este método, es la provincia de Almería donde, en los últimos 26 años, la aplicación de los plásticos en la agricultura ha favorecido su crecimiento económico pasando de tener la renta per cápita más baja del país a ocupar ahora el quinto lugar con renta per cápita más elevada de España según datos facilitados por el Comité Español de Plásticos en Agricultura, CEPLA. En el caso de Almería esta provincia es la quinta en el mundo en cultivo bajo plásticos. Andalucía es la región española donde más extendido está el concepto de la Plasticultura, y dentro de ella, Sevilla, Almería y Huelva, destacan, cada una de ellas, en una especialidad de cultivo forzado: la primera en acolchado, la segunda en invernaderos, y la tercera en túneles. En 2001 se destinaron 196.255 toneladas de Primeras Materias Plásticas para la fabricación de productos con destino al sector agrícola. Las aplicaciones más extendidas de la Plasticultura son: acolchamiento de suelos, túneles de cultivo, invernaderos, tuberías para conducción de agua y drenaje, filmes para ensilar, cortavientos, láminas para embalses y cordelería. El Polietileno es el plástico más consumido con 115.380 toneladas, seguido del PVC con 56.065 Tm. La resistencia al impacto y al rasgado, la transparencia a la radiación solar, la

dispersión de la luz y la reducción del riesgo de heladas, son entre otros, los beneficios que ofrecen los plásticos en la agricultura.

#### **1.2.6.5 Sector de Transporte y Comunicación**

La fabricación de aviones, barcos, cohetes, trenes, motocicletas, globos, coches, bicicletas, teléfonos, antenas parabólicas, cámaras e incluso las nuevas redes de cable, se hace con plásticos. Al ahorro de combustible y a la disminución de la contaminación atmosférica contribuyen de forma decisiva los plásticos. De las 5.000 piezas que lleva un automóvil fabricado, 1.700 son de plásticos. Cada automóvil lleva incorporados de media, unos 123 kilos de plásticos, que han sustituido a 300 de otros materiales, permitiendo, con la disminución de peso, un ahorro de combustible que alcanza los 750 litros durante la vida útil del vehículo. El tipo de plásticos más utilizado en el sector del automóvil es el Polipropileno, le siguen el Poliuretano, el ABS, Poliamidas y PVC. De esta forma los coches son cada vez más ligeros, lo cual se transforma en disminución del gasto y protección del medio ambiente. Además, permiten un ahorro de energía, que en Europa supone 3,5 millones de toneladas de combustible. Los plásticos contribuyen a que el transporte sea cada vez más seguro con innovaciones tecnológicas tales como el "airbag".

#### **1.2.6.6 Sector de La Electricidad y La Electrónica**

El empleo de los plásticos ha permitido mejorar sensiblemente las comunicaciones, ya que por un lado contribuye al ahorro de los combustibles y por otro, su capacidad como aislante, protege de los agentes externos. Los plásticos han contribuido notablemente a la evolución de la denominada "Era de la Información". Internet, comunicaciones por satélite, cables, ordenadores personales, telefonía fija y móvil, etc. Todos contienen plásticos en su diseño. En 2001 el sector de la Electricidad y la Electrónica consumió en España, 80.450 toneladas de plásticos. El área más importante de consumo en este sector es la de equipamientos electrónicos. El PVC, utilizado para el recubrimiento de cables eléctricos, ha sido el más utilizado, ocupando el 44% del conjunto de plásticos más usados.

### **1.2.7 Procesamiento de los plásticos.**

En la industria de los plásticos, participan los manufactureros de las resinas básicas, a partir de productos químicos básicos provenientes del petróleo y de sus gases y que suelen producir la materia prima en forma de polvo, gránulos, escamas, líquidos ó en forma estándar como láminas, películas, barras, tubos y formas estructurales y laminados, participan también los procesadores de plásticos que conforman y moldean las resinas básicas en productos terminados. En la conformación y moldeo de las resinas se utilizan también diversos componentes químicos o no, que le proporcionan al producto terminado ciertas características especiales, dentro de ellos tenemos:

- Las cargas, que sirven de relleno, dar resistencia, dar rigidez al moldeo o bajar los costos de producción, dentro de ellos tenemos el aserrín, tejidos de algodón, limaduras de hierro, fibra de vidrio, etc.
- Colorantes, para proporcionar color al producto terminado, son de origen mineral como los óxidos, se proporcionan en forma de polvos y en forma de resinas de óleo.
- Aditivos como los endurecedores para las resinas líquidas, espumantes y desmoldantes para el moldeo.

Una de las más amplias ramas de la industria de los plásticos comprende las compañías que producen a partir de películas y láminas artículos como cortinas, impermeables, artículos inflables, tapicería, equipajes, en general artículos de: tocador, cocina, etc. Para la producción de todos estos artículos se hace necesario también la participación de un diseñador y un estampador para el acabado final. Los métodos de moldeo y conformados más común son el moldeo por prensa, moldeo por inyección prensada, por inyección, moldeo por soplado de cuerpos huecos, termoformado, calandrado, refuerzo, recubrimientos, como pintura dura, maquinado, unión y colado en moldes.

### **1.2.8 Moldeado por prensa**

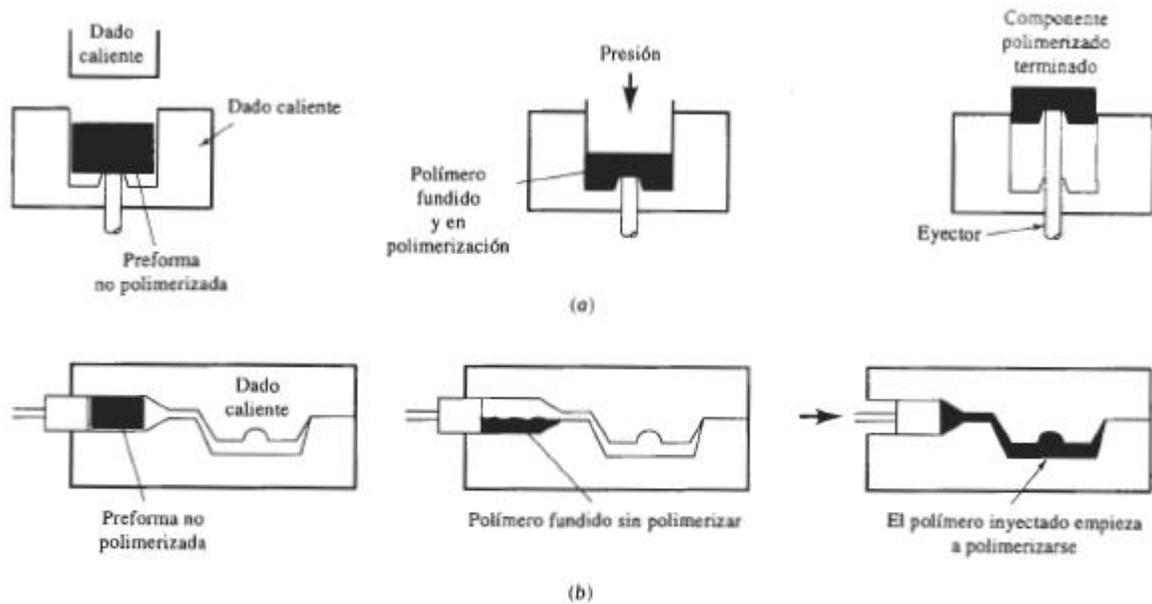
Es el método más usado para producciones unitarias y pequeñas series. Este procedimiento es indicado para moldear resinas denominadas Duroplásticos, que se obtiene en forma de polvo o granulado, para lo cual el molde previamente elaborado según la pieza a conformar, por lo general en macho y hembra, se calienta, se le aplica el desmoldante y se deposita en ella la cantidad precisa de resina.

Luego de cerrar el molde la resina se distribuye en su interior, se aplica calor y presión a valores de 140° - 170°C y 100 Bar o más. El calor y la presión conforman el plástico en toda su extensión. Con la finalidad de endurecer la resina a moldear (polimerizar o curar), se procede a enfriar el molde y se extrae la pieza. La polimerización o curado es un cambio químico permanente, dentro de la forma del molde. Para obtener el calor necesario se recurre a diversos procedimientos como resistencias eléctricas, luz infrarroja o microondas, la presión que se aplica se obtiene por medio de prensas mecánicas o hidráulicas. El tiempo que se aplica el calor y la presión al molde cerrado, está en función del diseño de la pieza y de la composición de la resina. El procedimiento se aplica para producir piezas simples y de revolución como tazas, platos, cajas de radio, llaves de luz, tubos etc.

### **1.2.9 Moldeado por prensado en inyección**

Al igual al método anterior también se le utiliza para el moldeo de resinas duroplásticas y en algunos casos las termoplásticas. La diferencia entre el moldeado por prensa y el de transferencia es que el calor y la presión necesaria para la polimerización (para fundir) de la resina se realiza en una cámara de caldeo y compresión, en ella previamente calentada se aplica el desmoldante y una determinada cantidad de resina en forma de polvo o en forma granulada. Cuando la resina se hace plástica, se transfiere al molde propiamente dicho mediante un émbolo en la cámara de caldeo. Por medio de bebederos o canales de transferencia, después de curado el plástico se abre el molde y se extrae la pieza.

El moldeado por transferencia fue desarrollado para facilitar el moldeado de productos complicados con pequeños agujeros profundos o numerosos insertos metálicos. En el moldeado por prensado, la masa seca varía la posición de los insertos y pasadores metálicos que forman los agujeros, en el moldeado por transferencia por el contrario, la masa plástica licuada fluye alrededor de estas partes metálicas, sin cambiarle la posición.



**FIGURA 15-38** Procesos típicos de conformado de polímeros termoestables: (a) moldeado por compresión y (b) moldeado por transferencia.

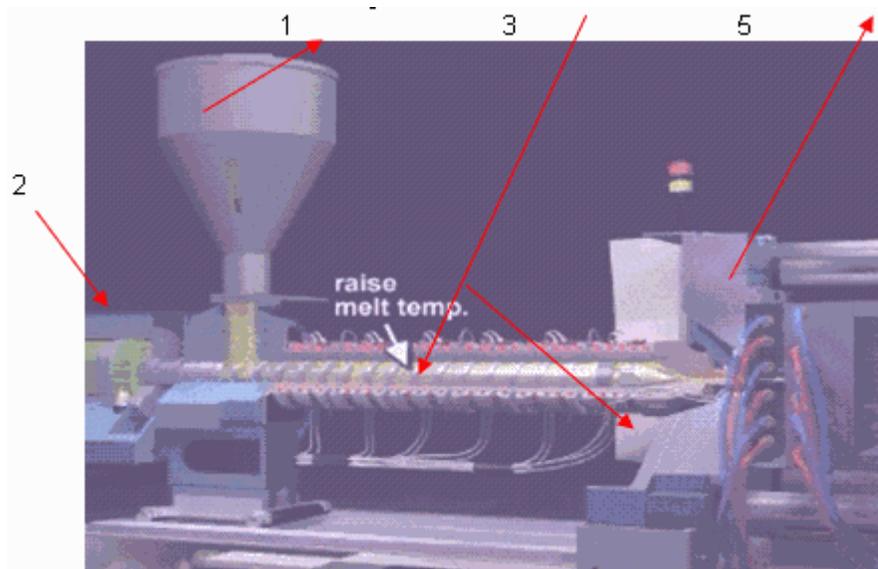
**Fig.1.29. Moldeo por compresión y por transferencia.**

### 1.2.10 Inyección.

Es el principal método de la industria moderna en la producción de piezas plásticas, la producción es en serie, principalmente se moldea termoplásticos y para el moldeado de los duroplásticos se tiene que realizar modificaciones. El material plástico en forma de polvo o en forma granulada, se deposita para varias operaciones en una tolva, que alimenta un cilindro de caldeo, mediante la rotación de un husillo o tornillo sin fin, se transporta el plástico desde la salida de la tolva, hasta la tobera de inyección, por efecto de la fricción y del calor la resina se va fundiendo hasta llegar al

estado líquido, el husillo también tiene aparte del movimiento de rotación un movimiento axial para darle a la masa líquida la presión necesaria para llenar el molde, actuando de ésta manera como un émbolo.

Una vez que el molde se ha llenado, el tornillo sin fin sigue presionando la masa líquida dentro del molde y éste es refrigerado por medio de aire o por agua a presión hasta que la pieza se solidifica. Las máquinas para este trabajo se denominan inyectora de husillo impulsor o de tornillo sin fin, también se le denomina extrusora en forma genérica.



**Fig.1.30. Inyector de plástico.**

En gráfico adjunto tenemos un corte transversal de una parte de un inyector de plástico en la que se observa:

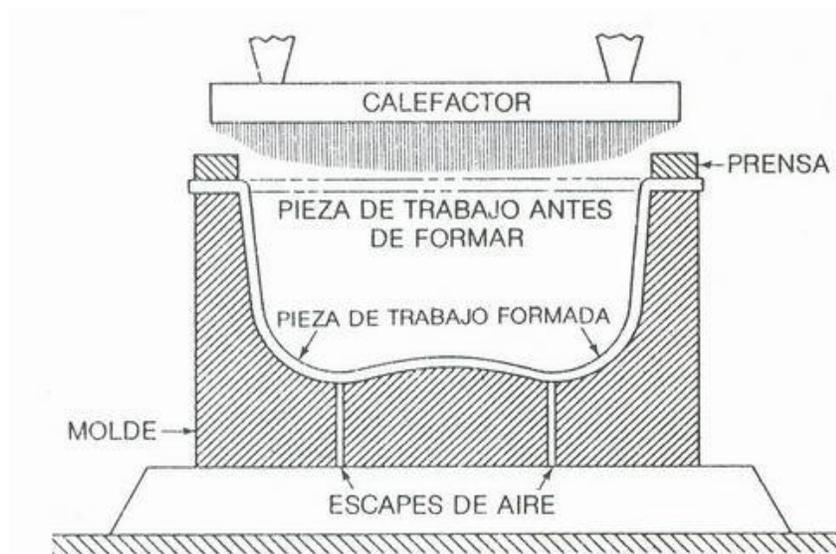
- 1.- Tolva.
- 2.- Motor Hidráulico.
- 3.-Husillo sin fin.
- 4.- Sistema de calefacción del husillo.

## 5.- Molde

### 1.2.11 Termoformado.

Procedimiento exclusivo para termoplásticos, la resina se proporciona en forma de fina láminas al cual se le calienta para poder conformarlo.

Con aire a presión o vacío, se obliga a la hoja a cubrir la cavidad interior del molde y adoptar su configuración, se utiliza para la fabricación de diversos recipientes como vasos, copas, pequeñas botellas todos descartables, la producción es en serie, utilizándose planchas o láminas del tamaño adecuado para 100 a 200 piezas.

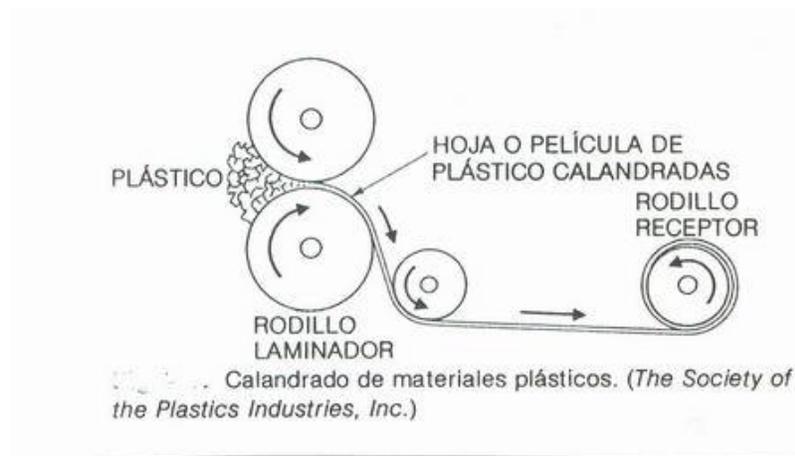


**Fig. 1.31. Termoformado**

### 1.2.12 El calandrado.

Se utiliza para revestir materiales textiles, papel, cartón o planchas metálicas y para producir hojas o películas de termoplástico de hasta 10 milésimas de pulgada de espesor y las láminas con espesores superiores. En el calandrado de películas y láminas el compuesto plástico se pasa a través de tres o cuatro rodillos giratorios y con caldeo, los cuales estrechan el material en forma de láminas o películas, el espesor final del producto se determina por medio del espacio entre rodillos.

La superficie resultante puede ser lisa o mate, de acuerdo a la superficie de los rodillos. Para la aplicación de recubrimientos a un tejido u otro material por medio del calandrado, el compuesto de recubrimiento se pasa por entre dos rodillos horizontales superiores, mientras que el material por recubrir se pasa por entre dos rodillos inferiores conjuntamente con la película, adhiriéndola con el material a recubrir. Otro procedimiento utiliza resina líquida a la cual se le agrega colorante y endurecedor y mediante dos rodillos de los cuales el inferior está en contacto con una bandeja con el compuesto líquido que impregna el material a recubrir, a los rodillos se les proporciona calor para acelerar la polimerización del compuesto.



**Fig. 1.32. Calandro**

### 1.2.13 Extrusión.

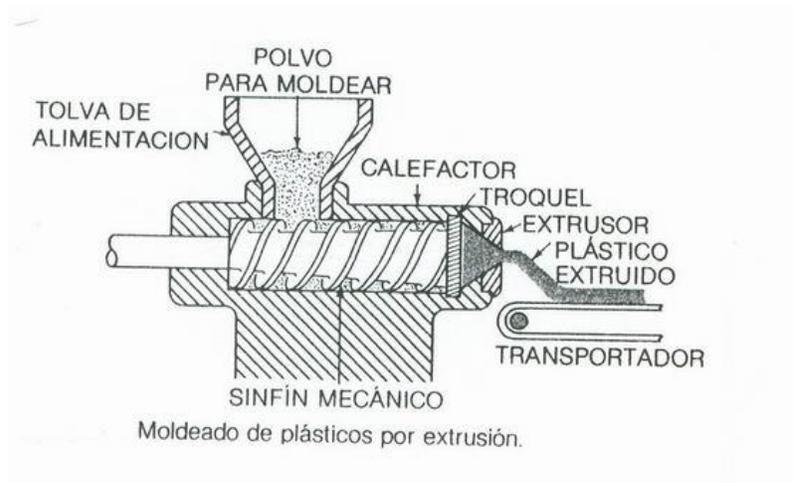
Se usa principalmente para termoplásticos. La extrusión es el mismo proceso básico que el moldeado por inyección, la diferencia es que en la extrusión la configuración de la pieza se genera con el troquel de extrusión y no con el molde como en el moldeado por inyección.

En la extrusión el material plástico, por lo general en forma de polvo o granulado, se almacena en una tolva y luego se alimenta una larga cámara de calefacción, a través de la cual se mueve el material por acción de un tornillo sin fin, al final de la cámara el plástico fundido es forzado a salir en forma continua y a presión a través de un

troquel de extrusión preformado, la configuración transversal del troquel determina las forma de la pieza.

A medida que el plástico extruido pasa por el troquel, alimenta una correa transportadora, en la cual se enfría, generalmente por ventiladores o por inmersión en agua, con éste procedimiento se producen piezas como tubos, varillas, láminas, películas y cordones.

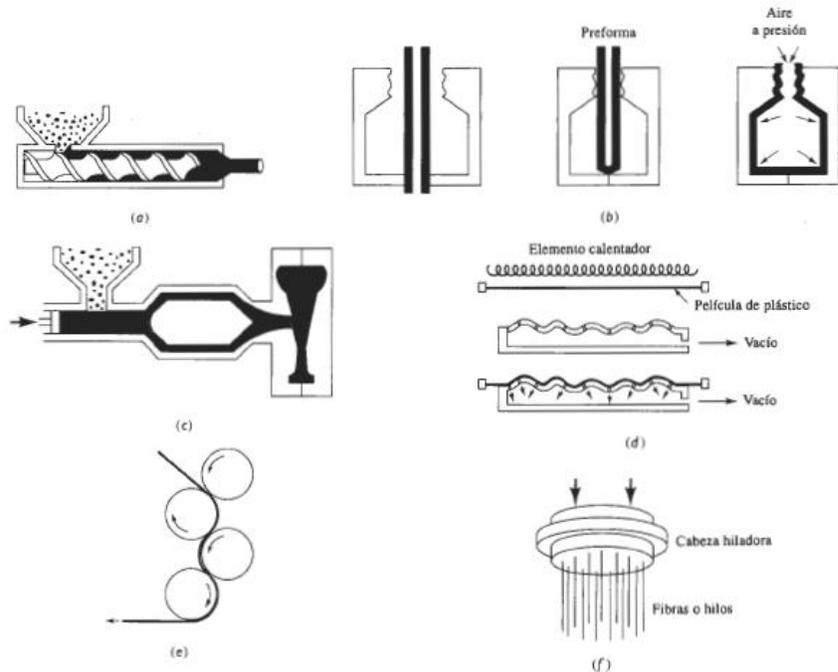
En el caso de recubrimiento de alambres y cables, el termoplástico se estruje alrededor de una longitud continua de alambre o cable, el cual al igual que el plástico pasa también por el troquel, después de enfriado el alambre se enrolla en tambores.



**Fig. 1.33. Extrusión.**

#### **1.2.14 Fundición.**

Mediante éste procedimiento se trabajan tanto termoplásticos como duroplásticos, en estado líquido por lo general o en estado granulado o en polvo, para la producción de diversas piezas, la diferencia entre la fundición y el moldeo es que no se utiliza la presión, el calor se utiliza sólo para resinas en forma de polvo o granulados, la masa se calienta hasta que esté fluido y se vierte en el molde, luego se cura a temperaturas que varía según el plástico y luego se retira del molde.



**FIGURA 15-40** Procesos típicos de conformado para polímeros termoplásticos: (a) extrusión, (b) moldeo por soplado, (c) moldeo por inyección, (d) termoformado, (e) calandrado y (f) hilado.

**Fig. 1.34. Tipos de Procesos.**

### 1.3 MÁQUINAS PARA INYECCIÓN DE PLÁSTICO

En ingeniería, el moldeo por inyección es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero en estado fundido (o ahulado) en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica, comenzando a cristalizar en polímeros semicristalinos. La pieza o parte final se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada.

El moldeo por inyección es una técnica muy popular para la fabricación de artículos muy diferentes. Sólo en los Estados Unidos, la industria del plástico ha crecido a una tasa de 12% anual durante los últimos 25 años, y el principal proceso de transformación de plástico es el moldeo por inyección, seguido del de extrusión. Un ejemplo de productos fabricados por esta técnica son los famosos bloques interconectables LEGO y juguetes Playmobil, así como una gran cantidad de componentes de automóviles, componentes para aviones y naves espaciales.



**Fig. 1.35. Máquina inyectora de plástico**

Los polímeros han logrado substituir otros materiales como son madera, metales, fibras naturales, cerámicas y hasta piedras preciosas; el moldeo por inyección es un proceso ambientalmente más favorable comparado con la fabricación de papel, la tala de árboles o cromados. Ya que no contamina el ambiente de forma directa, no emite gases ni desechos acuosos, con bajos niveles de ruido. Sin embargo, no todos los plásticos pueden ser reciclados y algunos susceptibles de ser reciclados son depositados en el ambiente, causando daños a la ecología.

La popularidad de este método se explica con la versatilidad de piezas que pueden fabricarse, la rapidez de fabricación, el diseño escalable desde procesos de prototipos rápidos, altos niveles de producción y bajos costos, alta o baja automatización según el costo de la pieza, geometrías muy complicadas que serían imposibles por otras técnicas, las piezas moldeadas requieren muy poco o nulo acabado pues son terminadas con la rugosidad de superficie deseada, color y transparencia u opacidad, buena tolerancia dimensional de piezas moldeadas con o sin inertos y con diferentes colores.

### **1.3.1 Maquinaria**

Las parte más importantes de la maquina inyectora de plástico son:

#### **1.3.1.1 Unidad de inyección.**

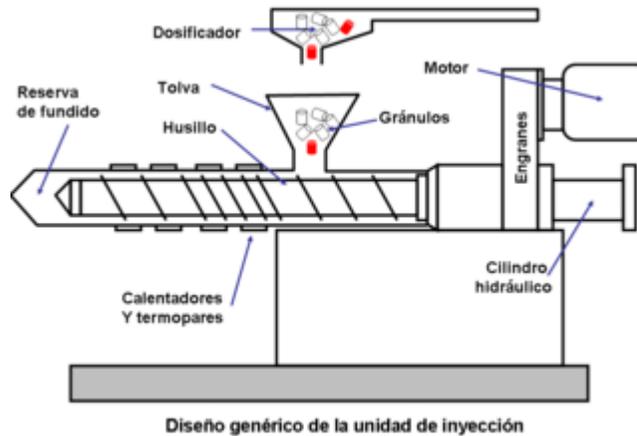
La función principal de la unidad de inyección es la de fundir, mezclar e inyectar el polímero. Para lograr esto se utilizan husillos de diferentes características según el polímero que se desea fundir. El estudio del proceso de fusión de un polímero en la unidad de inyección debe considerar tres condiciones termodinámicas:

1. La temperatura de procesamiento del polímero.
2. La capacidad calorífica del polímero  $C_p$  [cal/g °C].
3. El calor latente de fusión, si el polímero es semicristalino.

El proceso de fusión involucra un incremento en el calor del polímero, que resulta del aumento de temperatura y de la fricción entre el barril y el husillo. La fricción y esfuerzos cortantes son básicos para una fusión eficiente, dado que los polímeros no son buenos conductores de calor. Un incremento en temperatura disminuye la viscosidad del polímero fundido; lo mismo sucede al incrementar la velocidad de corte. Por ello ambos parámetros deben ser ajustados durante el proceso. Existen, además, metales estándares para cada polímero con el fin de evitar la corrosión o degradación. Con algunas excepciones —como el PVC—, la mayoría de los plásticos pueden utilizarse en las mismas máquinas.

La unidad de inyección es en origen una máquina de extrusión con un solo husillo, teniendo el barril calentadores y sensores para mantener una temperatura programada constante. La profundidad entre el canal y el husillo disminuye gradual (o drásticamente, en aplicaciones especiales) desde la zona de alimentación hasta la zona de dosificación. De esta manera, la presión en el barril aumenta gradualmente. El esfuerzo mecánico, de corte y la compresión añaden calor al sistema y funden el polímero más eficientemente que si hubiera únicamente calor, siendo ésta la razón

fundamental por la cual se utiliza un husillo y no una autoclave para obtener el fundido.



**Fig. 1.36. Unidad de inyección.**

Una diferencia sustancial con respecto al proceso de extrusión es la existencia de una parte extra llamada cámara de reserva. Es allí donde se acumula el polímero fundido para ser inyectado.

Esta cámara actúa como la de un pistón; toda la unidad se comporta como el émbolo que empuja el material. Debido a esto, una parte del husillo termina por subutilizarse, por lo que se recomiendan cañones largos para procesos de mezclado eficiente.

Tanto en inyección como en extrusión se deben tomar en cuenta las relaciones de PvT (Presión, volumen, temperatura), que ayudan a entender cómo se comporta un polímero al fundir.

### 1.3.1.2 Unidad de cierre

Es una prensa hidráulica o mecánica, con una fuerza de cierre bastante grande que contrarresta la fuerza ejercida por el polímero fundido al ser inyectado en el molde. Las fuerzas localizadas pueden generar presiones del orden de cientos de MPa, que

sólo se encuentran en el planeta de forma natural únicamente en los puntos más profundos del océano.

Si la fuerza de cierre es insuficiente, el material escapará por la unión del molde, causando así que la pieza final tenga defectos de rebabas.

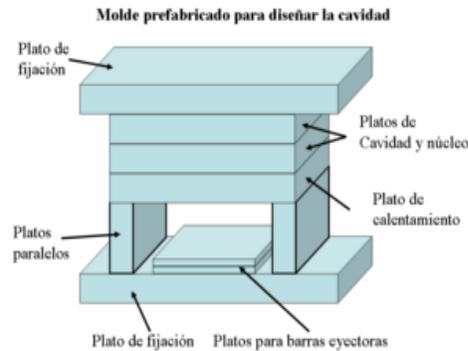
Es común utilizar el área proyectada de una pieza (área que representa perpendicularmente a la unidad de cierre el total de la cavidad) para determinar la fuerza de cierre requerida, excluyendo posibles huecos o agujeros de la pieza.

### 1.3.1.3 Molde

El molde (también llamado herramienta) es la parte más importante de la máquina de inyección, ya que es el espacio donde se genera la pieza; para producir un producto diferente, simplemente se cambia el molde, al ser una pieza intercambiable que se atornilla en la unidad de cierre.

Las partes del molde son:

- **Cavidad:** es el volumen en el cual la pieza será moldeada.
- **Canales o ductos:** son conductos a través de los cuales el polímero fundido fluye debido a la presión de inyección. El canal de alimentación se llena a través de la *boquilla*, los siguientes canales son los denominados *bebederos* y finalmente se encuentra la *compuerta*.
- **Canales de enfriamiento:** Son canales por los cuales circula agua para regular la temperatura del molde. Su diseño es complejo y específico para cada pieza y molde, ya que de un correcto enfriamiento depende que la pieza no se deforme debido a contracciones irregulares.
- **Barras expulsoras:** al abrir el molde, estas barras expulsan la pieza moldeada fuera de la cavidad, pudiendo a veces contar con la ayuda de un robot para realizar esta operación.



**Fig. 1.37. Molde prefabricado**

#### 1.3.1.4 Ciclo de Moldeo

En el ciclo de moldeo se distinguen 6 pasos principales (aunque algunos autores llegan a distinguir hasta 9 pasos):

- **1.** Molde cerrado y vacío. La unidad de inyección carga material y se llena de polímero fundido.
- **2.** Se inyecta el polímero abriéndose la válvula y, con el husillo que actúa como un pistón, se hace pasar el material a través de la boquilla hacia las cavidades del molde.
- **3.** La presión se mantiene constante para lograr que la pieza tenga las dimensiones adecuadas, pues al enfriarse tiende a contraerse.
- **4.** La presión se elimina. La válvula se cierra y el husillo gira para cargar material; al girar también retrocede.
- **5.** La pieza en el molde termina de enfriarse (este tiempo es el más caro pues es largo e interrumpe el proceso continuo), la prensa libera la presión y el molde se abre; las barras expulsan la parte moldeada fuera de la cavidad.
- **6.** La unidad de cierre vuelve a cerrar el molde y el ciclo puede reiniciarse.

#### 1.3.2. Máquina manual para inyección de plástico

Se toma en cuenta esta máquina manual de inyección porque es ahí donde se va a ensamblar y utilizar la matriz por inyección del avión Avro a escala.

Esta máquina consta de las siguientes partes:

1. Sistema de Inyección
2. Sistema térmico
3. Bastidor
4. Sistema de Cierre

#### 1.3.2.1. Sistema de Inyección

El sistema de inyección es un mecanismo que permite el flujo del material fundido hacia la cavidad del molde, de acuerdo con la figura al aplicar una fuerza a la palanca de inyección el movimiento se transmite a través del sistema piñón cremallera hacia el pistón que es el encargado de empujar el material hacia la boquilla.

Las funciones de la unidad de inyección son:

- Plastificar y homogenizar el material.
- Inyectar el material fundido dentro del molde a altas velocidades y presiones.
- Dosificar la cantidad necesaria para un ciclo de trabajo.



**Fig. 1.38. Brazo Hidráulico**

### 1.3.2.2. Sistema Térmico

El sistema térmico está constituido por una serie de elementos que deben ser capaces de transformar el material granular en material fundido.

Su principal objetivo es repartir calor al material uniformemente para que este cumpla con su función que es ser plastificado para posteriormente ser moldeado, su temperatura de fusión del polietileno es de 115°C.

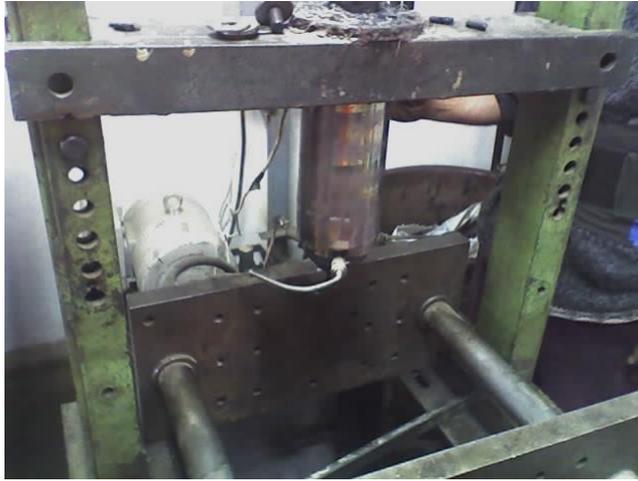


Fig. 1.39. Cocina

### 1.3.2.3. Bastidor

Consta de un bastidor el cual cumple la función de soportar todos los elementos de la máquina y proporcionar una adecuada disposición de todos los sistemas.



Fig. 1.40. Bastidor

#### **1.3.2.4. Sistema de cierre**

El sistema de cierre es un dispositivo accionado mecánicamente que permita el desplazamiento de la placa móvil hacia la fija para unir las dos mitades del molde y formar una cavidad hermética que evite que el material fundido escape.

La unidad de cierre tiene la función de efectuar el movimiento hacia la posición de cierre y apertura del molde dentro del ciclo total de trabajo de la máquina.

Sus principales características son:

- Deben ser robustas y además paralelas entre las platinas.
- No debe ser tan complicado y debe facilitar su lubricación.
- Debe tener un sistema manual capaz de permitir la rapidez de los movimientos con mínimo consumo de energía.



**Fig. 1.41. Sistema de cierre**

## **CAPÍTULO II**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

#### **2.1 Definición de Alternativa**

Una matriz para construir o fabricar aviones de plástico se lo realiza mediante el molde por inyección la cual tiene como misión principal el moldear un cierto tipo de material mediante la inyección.

En base a todas las necesidades y capaz de satisfacer todos los requerimientos se proponen las siguientes alternativas:

- Construcción de un molde por electroerosión
- Construcción de un molde CNC (Centro Numérico Computarizado)

#### **2.2 Análisis de factibilidad de proyecto**

Se empieza a analizar las ventajas y las desventajas de cada una de las alternativas para definir los requerimientos apropiados para poder elaborar una matriz apropiada.

##### **2.2.1 Primera Alternativa**

###### **2.2.1.1 Ventajas**

- Su costo de producción es medio.
- Su mantenimiento es fácil.
- Su operación es fácil.

###### **2.2.1.2 Desventajas**

- Mayor horas hombre en la construcción del molde.
- El operador trabaja junto al conjunto.
- Gran complejidad en el desbaste del material.

## 2.2.2 Segunda Alternativa

### 2.2.2.1 Ventajas

- Este método permite tener piezas con mayor complejidad de construcción.
- Menor tiempo de construcción.
- Incrementa la productividad de la pieza a realizar.

### 2.2.2.2 Desventajas

- Dificultad en construcción de aristas.
- Su costo de producción es elevadamente alto.
- Mayor dificultad en su construcción.

## 2.3 Parámetros de Evaluación

Para la evaluación de las alternativas que están planteadas debemos tomar en cuenta la operación, mantenimiento, costo, fuerza ejercida por el operador al momento de construir y de utilizar el molde.

La evaluación de cada parámetro se lo realiza en forma cualitativa calificándola en mala, buena, muy buena, sobresaliente, con la finalidad de cuantificar con una puntuación de 7, 8, 9 y 10 respectivamente, para poder determinar la mejor opción en la construcción del molde.

**Tabla 2.1 Evaluación cualitativa y cuantitativa**

<b>CUALITATIVA</b>	<b>CUANTITATIVA</b>
SOBRESALIENTE	10
MUY BUENA	9
BUENA	8
REGULAR	7

### 2.3.1. Complejidad de construcción

Hace referencia a las características técnicas y propiedades del material utilizado en la construcción de las matrices en este caso a evaluar, así como los pasos de fabricación y construcción.

**Tabla 2.2 Evaluación cualitativa y cuantitativa de complejidad de construcción**

<b>MOLDE</b>	<b>EVALUACION</b>	
Electroerosión	8	Buena
CNC	9	Muy buena

### 2.3.2. Operación

La operación de la matriz por el método de CNC es más complicada por el alto índice de capacitación que debe tener el individuo, en cambio que la matriz por electroerosión es menos compleja.

**Tabla 2.3 Evaluación cualitativa y cuantitativa de operación**

<b>MOLDE</b>	<b>EVALUACION</b>	
Electroerosión	10	Sobresaliente
CNC	8	Buena

### 2.3.3. Costo

Entendiendo por el costo se podría decir que el material es más accesible para las dos alternativas, pero el precio de construcción es diferente, ya que las horas de construcción del molde por CNC es mucho más elevada que por el de electroerosión.

**Tabla 2.4 Evaluación cualitativa y cuantitativa de costos**

<b>MOLDE</b>	<b>EVALUACION</b>	
Electroerosión	10	Sobresaliente
CNC	8	Buena

### **2.3.4 Factor ergonómico**

Para realizar la determinación del factor ergonómico viene dado por el contacto directo que se tiene entre el operario y el molde. En CNC, el contacto solo existe al momento de la instalación, en cambio que con el de electroerosión el contacto se lo tiene en algunas fases del proceso.

**Tabla 2.5 Evaluación cualitativa y cuantitativa de factor ergonómico**

<b>MOLDE</b>	<b>EVALUACION</b>	
Electroerosión	8	Buena
CNC	9	Buena

### **2.3.5 Tiempo de moldeo**

El tiempo que se tendrá en la operación para la inyección del CNC es relativamente bajo por lo que posee una cavidad.

En el molde por electroerosión lo determinara el número de moldes que se han fabricado para el moldeo de la pieza.

**Tabla 2.6 Evaluación cualitativa y cuantitativa del tiempo de moldeo**

<b>MOLDE</b>	<b>EVALUACION</b>	
Electroerosión	8	Buena
CNC	9	Muy buena

## 2.4. Matriz de Selección

En el siguiente cuadro se resume todos los resultados obtenidos de las dos alternativas de construcción, para obtener la mejor matriz que cumpla con las expectativas planteadas.

**Tabla 2.7 Matriz de evaluación**

PARÁMETROS	PUNTAJE	MOLDES POR			
		CENTRO NUMÉRICO		ELECTROEROSIÓN	
		COMPUTARIZADO		CUANTI.	P x Ct
		CUANTI.	P x Ct		
COMPLEJIDAD DE CONSTRUCCION	9	9	81	8	72
OPERACIÓN	9	8	72	10	90
COSTO	10	8	80	10	100
FACTOR ERGONOMICO	8	9	72	8	64
TIEMPO DE FABRICACION	9	9	81	8	72
<b>TOTAL</b>			386		398

## 2.5 Selección de la mejor alternativa

Después de realizada la evaluación y el estudio técnico de cada una de las alternativas se llego a la conclusión que la primera alternativa es la recomendable en vista de sus ventajas de orden técnico=económico en su construcción y operación que rebasa a la otra alternativa.

## CAPITULO III

### CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE

#### 3.1 Procedimiento

Para la construcción del molde se realizaron los siguientes procedimientos.

##### 3.1.1 Planos

Para la fabricación del molde se considero un avión Avro a escala 1:265.

##### 3.1.2. Modelo

Para la construcción del electrodo se uso un avión Avro hecho en balsa a una escala 1:265

##### 3.1.3 Máquina de electroerosión

Para la elaboración del molde hay diferentes clases de mecanizado como: torneado, fresado y electroerosionado. Este último es el que da el terminado deseado logrando así forma de la cavidad, con una herramienta de corte que es en este caso el electrodo.



Fig. 3.1. Máquina de electroerosión

### 3.1.4. Electrodo

El electrodo se lo puede construir en grafito o en cobre por ser materiales con buenas propiedades para conducir electricidad. El grafito es el más utilizado por tener mayor resistencia que el cobre.



**Fig. 3.2. Electrodo**

### 3.1.5. Estampas

Las estampas son realizadas en acero de transmisión (4018), y estas son colocadas en la máquina para la electroerosión con la ayuda de un fluido dieléctrico como lo es el diesel y los electrodos.



**Fig. 3.3. Desbaste por electroerosión**

El diesel debe ser drenado para así dar una mejor terminación a la cavidad y evitar que el polietileno se pegue en el molde.



**Fig. 3.4 Drenaje del líquido dieléctrico (Diesel)**

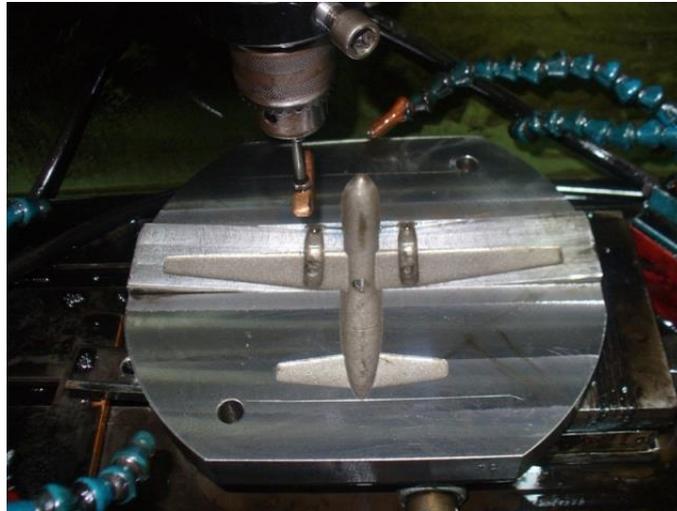
Así se puede realizar los motores, el fuselaje, los estabilizadores horizontal y vertical; y las alas.

El desbaste se los realiza estampa por estampa y en el momento de cerrar se obtiene la cavidad para la elaboración del avión Avro a escala.

Aquí podemos observar al molde antes de realizar el desbaste del motor, y el modelo del cual se sacó el electrodo para la elaboración del molde.



**Fig. 3.5. Molde sin desbaste del motor**



**Fig. 3.6. Desbaste del motor**

Después de un largo proceso por medio de la electroerosión, se llega al molde terminado donde se puede apreciar la figura de la cavidad.

Aquí podemos observar ya el proyecto terminado; las dos caras del molde que conforman la cavidad y el bebedero por donde entrara el material en estado líquido para la formación del avión Avro a escala.



**Fig. 3.7. Estampa Inferior**



**Fig. 3.8. Estampa Superior**

### **3.2 Pruebas de funcionamiento**

La máquina que usamos para la inyección de plástico fue una máquina inyectora vertical, el principio de operación es el mismo que una inyectora de plástico.

Sus partes más importantes son:

- Sistema de hidráulico
- Sistema de térmico (cocina)
- Sistema de cierre



**Fig. 3.9. Inyectora vertical**

### 3.2.1 Sistema hidráulico

Este sistema nos permite ingresar el plástico en forma blanda con una presión necesaria para que la pieza moldeada no salga rechupada y así extraer una pieza con un acabado perfecto.

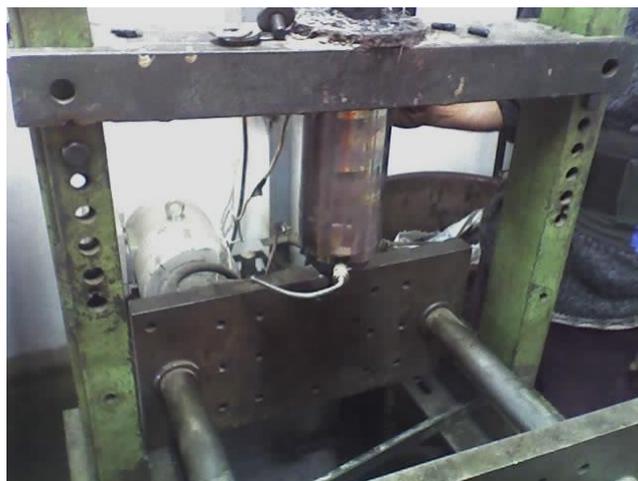


**Fig. 3.10. Sistema Hidráulico**

### 3.2.2 Sistema térmico

También conocido como cocina, esta constituida con una serie de elementos que son capaces de transformar el material granular en material fundido.

Su temperatura máxima es de 250 °C, la cocina tiene la propiedad de repartir el calor uniformemente al material, para que este pueda ser inyectado sin ningún problema al molde. La inyección se la realiza con polietileno de baja puesto que su punto de fusión es de 115 °C.



**Fig.3.11. Sistema Térmico**

### 3.2.3 Sistema de cierre

Este dispositivo es accionado mecánicamente, permite el deslizamiento de la placa móvil hacia la fija, para poder unir las dos estampas del molde y forma la cavidad. Esta se podría decir que es la parte más compleja de la inyección puesto que el montaje y centrado de las placas lleva mucho tiempo.



**Fig. 3.12. Sistema de cierre**

### 3.2.4 Pieza moldeada

El tiempo de extracción de la pieza es entre 10 y 15 segundos, una vez extraída la pieza se la coloca en el agua para su enfriamiento



**Fig. 3.13. Pieza moldeada**

### 3.2.5 Pieza terminada

Obtenemos la pieza en perfecto estado luego de haber retirado las rebabas excedentes de la inyección.



Fig. 3.14. Pieza terminada

### 3.3 Costo por unidad moldeada

Para realizar el cálculo de costo por pieza moldeada se considero el peso de cada avión; dando los siguientes resultados:

- Mano de obra: \$0.60
- Peso de la pieza moldeada: 57g
- Valor de polietileno / Kg.: \$2.50

$$\begin{array}{l} 1000 \text{ g} \text{ ----- } 2.50 \\ 57 \text{ g} \text{ ----- } X \end{array}$$

$$X = \frac{2.50 * 57}{1000} = \$0.143$$

Sumando tanto la mano de obra como el costo del polietileno se tendría una costo total por avión de aproximadamente de **\$0.75**.

Este valor de \$0.75 es el costo de avión en bruto; para determinar el precio final del avión para la presentación, consideramos:

- Pintura del Avión: \$6
- Base de Madera: \$0.25
- Varilla de cobre: \$0.10

Se suman todos estos valores:

$$\begin{array}{r} 0.75 \\ 6.0 \\ 0.25 \\ 0.10 \\ \hline \mathbf{\$7.10} \end{array}$$

El costo total por avión para uso de una presentación sería de \$7.10 aproximadamente.



## CAPÍTULO IV

### ELABORACIÓN DE MANUALES

#### 4. Descripción General

En este capítulo, se da a conocer al operario el manual operador para evitar accidentes y conocer paso a paso como montar el molde en la máquina inyectora de plástico

Un manual de mantenimiento sirve para conservar y aumentar el tiempo de vida útil del molde, así como una hoja de registro en donde se llevará un control de las veces que se use el molde y el tiempo de la operación que tendrá el mismo.

A continuación detallo el número de manuales que se tomaran en cuenta en el momento de usar el molde.

MANUALES	CUADRO
MANUAL DE OPERACION	4.1
MANUAL DE MANTENIMIENTO	4.2
MANUAL DE SEGURIDAD	4.3
HOJAS DE REGISTRO	4.4

## 4.1 Manual de Operación

 <b>ITSA</b>	<b>MANUAL</b>	<b>Pág. : 1 DE 3</b>
	<b>MANUAL DE OPERACION</b>	<b>Cuadro N°:</b> 4.1
	<b>Elaborado por:</b> Jaramillo Lenin	<b>Revisión No:</b> 1
	<b>Revisado por:</b> Ing. Trujillo Guillermo	<b>Fecha:</b>

### 1. OBJETIVO

Establecer medidas a tomar en cuenta para el uso correcto del molde.

### 2. ALCANCE

Analizar los procedimientos a seguir para el propio funcionamiento e instalación del molde para inyección de plásticos.

### 3. NORMAS DE OPERACIÓN

Para evitar que los sistemas de cierre y de inyección se desplacen en la mesa superior del bastidor, se empernan a esta estructura los platos porta moldes fijo y ajustable.

Se deben colocar las guías macho y hembra en la estampa fija.

Se acercan la estampa fija hacia la móvil, hasta que el cilindro de inyección este ubicado correctamente perpendicular al plano de unión.

Una vez preparados con los aditivos correspondientes, se introducen en el cilindro de inyección para su calentamiento y futura disolución ocupando todo el volumen disponible.

	<b>MANUAL</b>	<b>Pág. : 3 DE 3</b>
	<b>MANUAL DE OPERACION</b>	<b>Cuadro:</b> 4.1 <b>Revisión No: 1</b> <b>Fecha:</b>
	<b>Elaborado por:</b> Jaramillo Lenin	<b>Revisión No: 1</b>
	<b>Revisado por:</b> Ing. Trujillo Guillermo	<b>Fecha:</b>

La conexión de la máquina debe estar en paralelo a la fuente de 110 V y se debe esperar un tiempo de 17 minutos, para que el material alcance su estado de fundición.

Una vez que el plástico ha alcanzado su estado fundido, es decir en forma líquida comienza a fluir por la boquilla, tan solo por la acción del peso de la palanca.

Ya observando el plástico emblandecido se procede a cerrar herméticamente el molde, para posteriormente inyectar, por medio de una pequeña presión sobre la palanca.

La fuente de alimentación debe ser desconectada, para así evitar un sobrecalentamiento en el material.

Cuando se proceda a retirar la pieza moldeada, se retorna la palanca a la posición inicial, para evitar que se siga inyectando material.

Para retirar la pieza moldeada, esperamos un tiempo aproximado de 5 minutos

Ya realizado todo el proceso se procede a accionar la palanca de cierre, separando las estampas, para poder retirar el producto ya moldeado.

Ya obtenida la pieza, inmediatamente lo sometemos a un procedimiento de enfriamiento.

	<b>MANUAL DE OPERACION</b>	<b>Cuadro:</b>
		4.1
	<b>Elaborado por:</b> Jaramillo Lenin	<b>Revisión No:</b> 1
	<b>Revisado por:</b> Ing. Trujillo Guillermo	<b>Fecha:</b>

Para extraer la estampa móvil, se debe tomar en cuenta que el primero en desenroscarse es el macho que tiene la cabeza corta.

Para realizar un nuevo moldeo, se vuelven a colocar las estampas en los platos fijos y móviles, para así cumplir un nuevo ciclo.

## 4.2 Manual de Mantenimiento

<b>ITSA</b>	<b>MANUAL</b>	
	<b>MANUAL</b>	<b>Pág. : 2 DE 2</b>
	<b>MANUAL</b>	<b>Pág. : 1 DE 2</b>
	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Cuadro:</b>
	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Cuadro:</b>
	<b>Elaborado por:</b> Jaramillo Lenin	<b>Revisión No: 1</b>
	<b>Elaborado por:</b> Jaramillo Lenin	<b>Revisión No: 1</b>
	<b>Revisado por:</b> Ing. Trujillo Guillermo	<b>Fecha:</b>
	<b>Revisado por:</b> Ing. Trujillo Guillermo	<b>Fecha:</b>

### 1. OBJETIVO

Documentar los procedimientos del manual de mantenimiento, para la correcta utilización y conservación del molde para la máquina inyectora de plástico.

### 2. ALCANCE

Mantener en condiciones óptimas de operación el molde, para la utilización que se le dará en el futuro, dando capacitación necesaria al personal del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico para el correcto mantenimiento del mismo.

### 3. MANTENIMIENTO

Para mantener un continuo y satisfactorio funcionamiento de la matriz se debe realizar una inspección periódica de la misma en la cual se requiere tan solo mantener lubricadas todas las partes de la máquina inyectora de plástico.

La lubricación se le debe dar al terminar el trabajo de moldeo, con un chequeo periódico de por lo menos 6 meses sin uso.

### 4.3 Manual de Seguridad

<p><b>ITSA</b></p> <p>Mantenga limpio el dispositivo del molde de inyección libre de impurezas</p>	<p><b>MANUAL</b></p>	<p>Página 1 de 2</p>
<p>Registre cada operación de mantenimiento del molde, para llevar el control de la forma y fecha de cuando fue realizada la última revisión y poder</p>	<p><b>MANUAL DE SEGURIDAD</b></p> <p>Elaborado por el personal técnico que se ha producido en</p>	<p>Cuadro de vida 4.8 Realizado la última revisión</p>
<p>Elaborado por el personal técnico que se ha producido en</p>	<p>Elaborado por el personal técnico que se ha producido en</p>	<p>Revisión No: 1</p>

<b>ITSA</b>	<b>MANUAL</b>	<b>Pág. : 2 DE 2</b>
	<b>Revisado por:</b> Ing. Trujillo Guillermo	<b>Fecha:</b>
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Instruir al operario acerca de los posibles peligros que se puedan ocasionar al momento de poner en funcionamiento la máquina de inyección de plástico y el molde.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Evitar los peligros que pueda ocasionar el funcionamiento de la máquina inyectora y el molde.</p> <p><b>3. SEGURIDAD</b></p> <p>Mantener en orden y aseado el lugar de trabajo libre de suciedades y obstáculos que puedan impedir el libre movimiento del operario.</p> <p>En el momento de operación evitar trabajar con joyas o con el overol en mal estado, por que podrían atrancarse con el sistema piñón cremallera.</p> <p>No tocar el cilindro de inyección durante el funcionamiento de la maquina, para evitar quemaduras</p>		

	<b>MANUAL DE SEGURIDAD</b>	<b>Cuadro:</b> 4.3
	<b>Elaborado por:</b> Jaramillo Lenin	<b>Revisión No:</b> 1
	<b>Revisado por:</b> Ing. Trujillo Guillermo	<b>Fecha:</b>

Depositar el material de desecho en lugares apropiados como son los basureros.

Trabajar con el equipo de protección necesario como: mascarilla, guantes, overol, gafas, etc.

Evitar el derramamiento del material fundido, ya que este podría provocar graves quemaduras.

4.4 HOJAS DE REGISTRO

 <p><b>ITSA</b> <b>MECÁNICA</b></p>	<b>REGISTRO</b>	Código:
	<b>MANTENIMIENTO</b>	Registro No.: 3

Hoja: ..... de .....

No	FECHA		TRABAJO REALIZADO	MATERIAL Y/O REPUESTO FINAL	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
	INICIO	FINAL				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				

-----  
Responsable

 <p><b>ITSA</b> <b>MECÁNICA</b></p>	<b>REGISTRO</b>	<b>Código:</b>
	<b>MANTENIMIENTO</b>	<b>Registro No.: 3</b>

Hoja: ..... de .....

No	FECHA		TRABAJO REALIZADO	MATERIAL Y/O REPUESTO FINAL	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
	INICIO	FINAL				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				

-----  
**Responsable**

## **CAPÍTULO V**

### **ESTUDIO ECONÓMICO**

#### **5.1 Presupuesto**

Para la elaboración del presupuesto se tomo en consideración el proyecto “Construcción de un molde para inyección de plástico de un avión Avro a escala”; y fue totalmente elaborado con financiamiento propio, en la compra de los materiales, insumos y trabajo para realizar el mismo, que fueron escogidos de una mejor manera para minimizar los costos.

#### **5.2 Estudio Económico**

Durante la realización de este molde lo que más destaco son los siguientes costos económicos.

- Materiales
- Máquinas herramientas
- Mano de Obra
- Otros

##### **5.2.1 Materiales**

En este caso comprende toda la materia prima requerida y utilizada en la construcción del molde a inyección.

- Balsa
- Placas de acero
- Polietileno

### 5.2.2. Máquinas herramientas

En la construcción del molde por inyección se utilizó máquinas y herramientas, con los cuales se realizaron trabajos de fresado, medición y lijado.

### 5.2.3. Mano de obra

En cuanto a la mano de obra comprende la construcción del modelo, montaje, desmontaje y limpieza.

### 5.2.4. Otros

Comprende todos los imprevistos que no se tomaron en cuenta, pero que fueron de una muy importante ayuda en el momento de la construcción del molde.

**Tabla 5.1 Detalles de rubros y costos**

<b>MATERIALES</b>	<b>DETALLE</b>	<b>CANTIDA D</b>	<b>VALOR UNIT.</b>	<b>COST O</b>
MODELO	MADERA	1 PIEZA	35	35
PLACAS	ST-37	2 PIEZAS	100	200
PLASTICO	POLIETILENO	5 KILOS	2,5	12,5
FRESADO Y TORNEADO		10 HORAS	10	100
ELECTRODOS	GRAFITO Y Cu.	5 PIEZAS	25	125
ELECTROEROSIÓN		30 HORAS	12	400
MANO DE OBRA			400	450
GASTOS IMPREVISTOS				50
TOTAL				1372.5

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

- El presente proyecto permitió construir un molde para la elaboración de aviones Avro a escala a inyección de plástico; y se obtuvo el producto de manera satisfactoria.
  
- El estudio teórico de este proyecto nos permitió conocer diferentes procesos de construcción del molde para la fabricación de aviones de plástico a escala.
  
- Se investigó sobre el estudio de los materiales y pudimos concretar que en este tipo de molde se puede inyectar diferentes sustancias que contengan similares características al plástico.
  
- Con la culminación del proyecto se determinó que la inyección al molde se la puede realizar en cualquier tipo de inyectora vertical de plástico.

## 6.2 Recomendaciones

- El molde debe permanecer en una área libre de todo tipo de impurezas que le puedan causar corrosión para preservar la vida útil del molde.
- Se recomienda al personal que vaya a realizar una inyección tenga conocimientos básicos acerca del funcionamiento y mantenimiento tanto del molde como de la máquina, tomando en cuenta sus respectivos manuales.
- El material de desecho del desmoldeo o los artículos que hayan salido imperfectos, pueden ser reciclados sin necesidad de ningún tratamiento posterior.
- Se debe tomar a consideración los procesos de seguridad y precaución antes de realizar cualquier tipo de moldeo.

## Bibliografía

- Appold, Feiler, Reinhard, Schmidt., (1984), Tecnología de los metales. Para profesiones técnico-mecánica. Primera edición, Barcelona, Editorial Reverté, S.A.,.
- Instituto Técnico Superior Salesiano Don Bosco, Curso Básico de Matricería. Primera edición, Quito, Imprenta Don Bosco.
- Claudino, Gallego, Oms, Soldevilla, (1987), Tecnología Mecánica 2.1” Matricería y Moldes., Primera edición, Madrid, Editorial Bruño.
- Enciclopedia Encarta 2006, Microsoft Corporation.
- [es.wikipedia.org/wiki/Electroerosión](http://es.wikipedia.org/wiki/Electroerosión).
- [es.wikipedia.org/wiki/Máquina\\_herramienta](http://es.wikipedia.org/wiki/Máquina_herramienta).
- <http://www.monografias.com/trabajos32/procesamiento-plasticos/procesamiento-plasticos.shtml>.

## **Glosario**

### **A**

**Acanalado.-** De forma larga y abarquillada como la de los canales.

**Acero.-** Aleación de hierro y carbono, en diferentes proporciones, que, según su tratamiento, adquiere especial elasticidad, dureza o resistencia.

**Aditivo.-** Sustancia que se agrega a otras para darles cualidades de que carecen o para mejorar las que poseen.

### **B**

**Bastidor.-** Armazón de hierro o acero donde está sujeto una inyectora vertical u horizontal; donde esta apoyado el conjunto de la inyectora.

### **C**

**Cocina.-** Sistema térmico de una unidad inyectora; es donde el material se funde y cambia de estado.

**Compresión.-** Esfuerzo a que esta sometido un cuerpo por la acción de dos fuerzas opuestas que tienden a disminuir su volumen.

**Contracción.-** Acción y efecto de contraer o contraerse.

### **D**

**Dieléctrico.-** Dicho de un material que es poco conductor y a través del cual se ejerce la inducción eléctrica.

### **E**

**Electroerosión.-** Proceso de fabricación conocido como Mecanizado por Descarga Eléctrica; consiste en la generación de un arco eléctrico entre una pieza y un electrodo en un medio dieléctrico.

**Empalme.-** Acción y efecto de empalmar.

**Estampas.-** Son cada una de las caras del molde; macho y hembra.

**Extrusión.-** Dar forma a un amasa metálica, plástica, etc., haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta.

## **F**

**Fluencia.-** Acción y efecto de fluir.

**Fundición.-** Acción y efecto de fundir o fundirse; derretir y licuar los metales, los minerales u otros cuerpos sólidos.

## **M**

**Mazarota.-** Se llama así al material solidificado dentro del bebedero. La rotura y extracción del mismo debe realizarse automáticamente en la apertura del molde.

**Mecanizado.-** Es un proceso de elaboración mecánica.

**Modelo.-** Es la figura de la pieza de fundición que se utiliza para la confección del molde; esta puede ser hecha en madera, metal o plástico.

**Molde.-** Pieza o conjunto de piezas acopladas en que se hace en hueco la forma que en sólido quiere darse a la materia fundida, fluida o blanda, que en él se vacía, como un metal, la cera, etc.

**Moldeo.-** Proceso por el que se obtienen piezas echando materiales fundidos en un molde.

## **P**

**Plástico.-** Son materiales que contienen como elemento fundamental sustancias de elevado peso molecular. Pueden ser orgánicos y sintéticos.

**Polietileno.-** Es un polímero muy ligero, sólido, incoloro, translucido y muy flexible.

**Polímero.-** Compuesto químico natural o sintético, formado por polimerización y que consiste esencialmente en unidades estructurales repetidas.

## **R**

**Rebaba.-** Es el exceso de material que queda en la pieza fundida.

**Resina.-** Sustancia sólida o de consistencia pastosa, insoluble en el agua, soluble en el alcohol y en los aceites esenciales, y capaz de arder en contacto con el aire, obtenida naturalmente como producto que fluye de varias plantas.

## **S**

**Solidificación.-** Acción y efecto de solidificar.

## **T**

**Termoestable.-** Son materiales que una vez han sufrido el proceso de calentamiento-fusión y formación-solidificación, se convierten en materiales rígidos que no vuelven a fundirse.

**Termoplástico.-** Polímeros que pueden cumplir un ciclo de calentamiento-fusión y enfriamiento-solidificación por acción de la temperatura repetidas veces sin sufrir alteraciones.

**Torneado.-** Hecho en un torno; acción y efecto de tornear.

## **V**

**Vaciado.-** Acción de vaciar en un molde un objeto de metal, yeso, etc.; figura o adorno de yeso, estuco, etc., que se ha formado en el molde.

**A  
N  
E  
X  
O  
S**

## 1.- ESTAMPA EN CONSTRUCCIÓN



## 2.- ESTAMPA INFERIOR



### 3.- ESTAMPA SUPERIOR



# HOJA DE VIDA

## DATOS PERSONALES

**Apellidos:** Jaramillo Castro

**Nombres:** Lenin Michael

**Fechas de nacimiento:** 13 de Marzo de 1983

**Lugar de Nacimiento:** Loja

**Número de Cédula:** 171463441-5

**Estado Civil:** Soltero

## ESTUDIOS REALIZADOS

**Primaria:**

Pensionado Particular "Paulo Sexto"

**Secundaria:**

Colegio Técnico Aeronáutico "Coronel Maya"

**Superior:**

"INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONAÚTICO"

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

**ELABORADO POR**

---

**JARAMILLO CASTRO LENIN MICHAEL**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONAÚTICA**

---

**ING. EDISON ARGUELLO**

**Latacunga, Agosto del 2007**