

# PROCESOS Y MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DE MOLDES EN LA TRANSFORMACION DE PLASTICOS

Ing. Mariano A. Benavides

## 1. INTRODUCCION

La producción de piezas mediante la transformación de materias plásticas requiere un análisis especial dadas las condiciones de transformación, exigencias mecánicas y costos de fabricación de los moldes, como de la producción de las piezas. Estos parámetros no se pueden analizar aisladamente, cuando se quiere emprender un proyecto de fabricación.

En efecto, tanto los parámetros de transformación de la masa plástica, como son: composición química, temperatura, presión, propiedades, fuerzas externas e internas y la geometría de la pieza, obligan al proyectista a un análisis de las condiciones de trabajo, tanto del molde como de las piezas, para lograr una buena elección del proceso de fabricación a seguir, así como de los materiales que van a servir como herramienta o molde para la transformación de la materia prima.

## 2. ETAPAS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Aunque las etapas, por las cuales debe pasar el desarrollo de un proyecto para la producción de piezas en plástico, es válida para el desarrollo de otros productos, es importante hacer este análisis, puesto que de él depende la ubicación y determinación de las funciones y responsabilidades que competen a las diferentes personas que intervienen en la obtención de los productos.

En las grandes empresas de alta estructura organizativa, las fases en las cuales está dividido el desarrollo de un producto, está a cargo de departamentos dirigidos por ingenieros técnicos y trabajadores que tienen muy bien definidas sus funciones en cada uno de los pasos que componen el proceso completo de fabricación. En algunas empresas no es extraño encontrar casos, donde quien define la geometría y condiciones de la pieza plástica, sea el mismo que compra los materiales para fabricar el molde y después debe ensayarlo en la máquina inyectora, sopladora, etc. Por consiguiente muchas de las condiciones de fabricación, calidad y economía no tiene bien definido sus objetivos y funciones en el proceso. El resultado de esto es que debemos conformarnos con productos de muy bajas propiedades mecánicas, poca funcionalidad, mala calidad y costo relativamente alto, cuando estas piezas salen al comercio.

Las dependencias que normalmente deberán intervenir en el desarrollo de los proyectos son:

- 2.1. Departamento o Sección de Proyectos
- 2.2. Departamento o Sección de Diseño
- 2.3. Departamento o Sección de Fabricación.
- 2.4. Departamento o Sección de Moldeo o Conformado.

Haciendo un pequeño análisis de cada una de estas dependencias, se podrá conocer su importancia.

**ANALIZADO**





766702013539

2

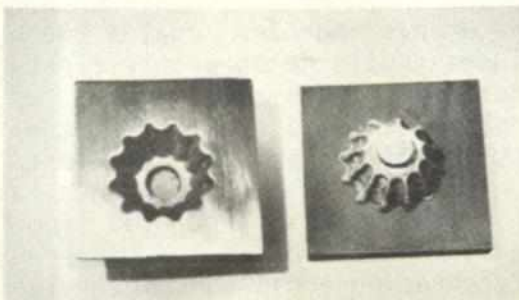
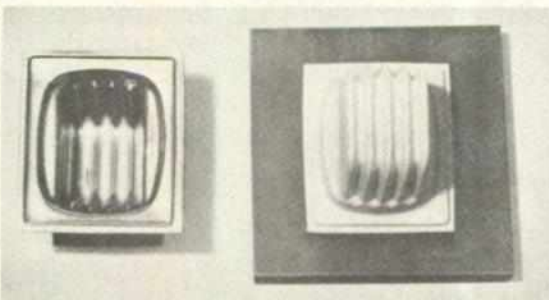
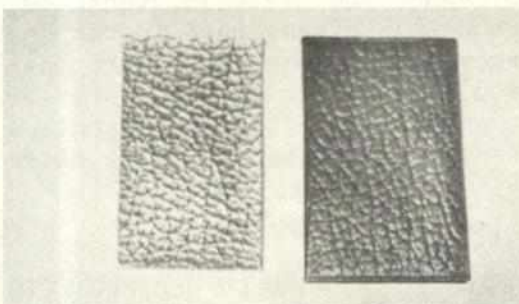
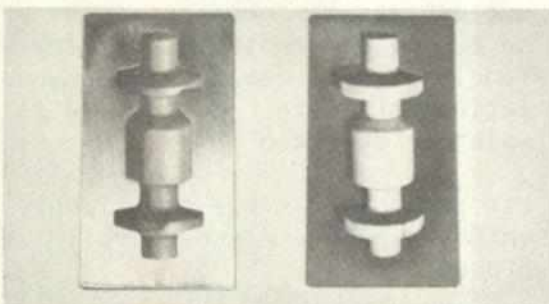
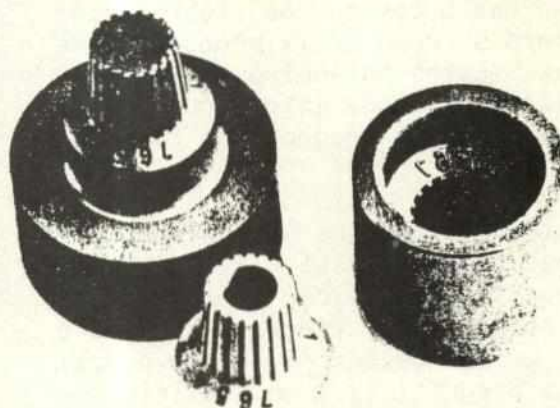
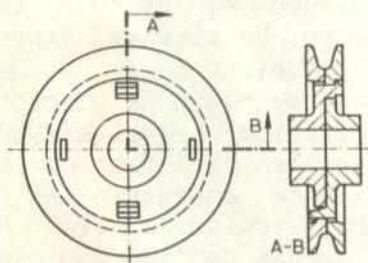
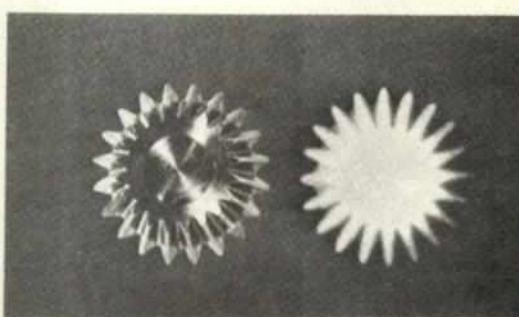
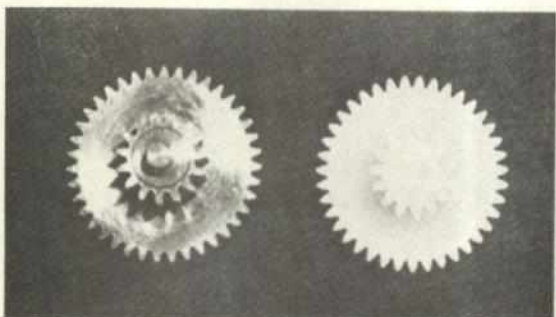
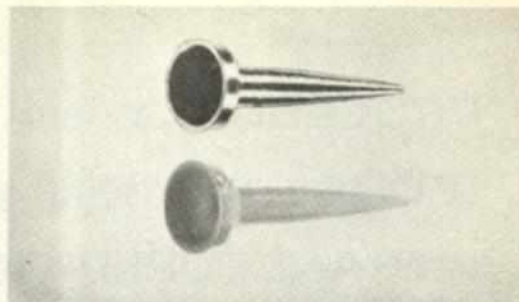


Fig. 1 Geometrías de piezas plásticas procesadas



## 2.1. Departamento de Proyectos

El proyectista es realmente el diseñador de las piezas plásticas que se van a fabricar y normalmente define parámetros muy importantes, los cuales tienen que ver con el departamento de mercadeo y ventas de la empresa.

Sus funciones son:

2.1.1 Definir geometría y dimensiones de la pieza, según conveniencias de mercadeo y ventas. ( Ver Fig. No.1).

2.1.2 Seleccionar la materia prima de la pieza plástica, según las exigencias de resistencia, propiedades físicas, químicas, acabado superficial, contracción, etc. (Ver tabla No. 1)

Tabla 1  
PARAMETROS DE PROCESO INDICATIVOS PARA  
MATERIALES TERMOPLASTICOS

|                       | 1         | 2       | 3          | 4          | 5       | 6        | 7       | 8        |        |
|-----------------------|-----------|---------|------------|------------|---------|----------|---------|----------|--------|
| ABS Normal            | 1,06      | 200-260 | 0,2        | 70-80/2 )  | 50-80   | 0,4-0,7  | 320     | 220/10   | 12-0,5 |
| ABS RFV 30            | -         | 200-260 | -          | 70-80/2 )  | 50-80   | 0,1-0,3  | 300     | -        | -      |
| ABS Espumado          | -         | 200-260 | -          | 70-80/2 )  | 10-40   | 0,4-0,7  | -       | -        | -      |
| ASA Normal            | 1,07      | 220-260 | -          | 70-80/2-4  | 50-85   | 0,4-0,7  | -       | -        | -      |
| PMMA Normal           | 1,18      | 190-290 | 0,02(0,08) | 70-100/2-6 | 40-90   | 0,3-0,8  | 200-500 | 230/3,8  | 18-0,8 |
| POM Normal            | 1,42      | 180-230 | -          | 110/2 )    | 60-120  | 1,5-2,5  | 500     | 190/2,16 | 15-0,4 |
| POM RFV 30            | 1,6       | 180-230 | -          | 110/2 )    | 60-120  | 0,5-0,1  | 350     | -        | -      |
| Perfluoralkoxy Norm 1 | -         | 380-400 | -          | -          | 95-230  | 3,5-5,5  | 80-120  | -        | -      |
| PA 6 Normal           | 1,12-1,14 | 240-290 | 0,15       | 80/8-15 )  | 40-120  | 0,8-2,5  | 400-600 | -        | -      |
| PA 6 RFV 30           | 1,36-1,4  | 240-290 | -          | 80/8-15 )  | 40-150  | 0,2-1,2  | 360-580 | -        | -      |
| PA 66 Normal          | 1,14-1,15 | 260-300 | 0,15       | 80/8-15 )  | 40-120  | 0,8-2,0  | 810     | -        | -      |
| PA 66 RFV 30          | 1,14-1,20 | 260-300 | -          | 80/8-15    | 40-120  | 0,2-1,2  | 610     | -        | -      |
| PA 610 Normal         | -         | 230-290 | -          | 80/8-15    | 40-120  | 0,8-2,0  | -       | -        | -      |
| PA 11 Normal          | 1,03-1,05 | 200-270 | -          | 70-80/4-6  | 40-80   | 1-2      | -       | -        | -      |
| PA 11 RFV 30          | -         | 230-300 | -          | 70-80/4-6  | 60-90   | 0,3-0,7  | -       | -        | -      |
| PA 12 Normal          | 1,01-1,04 | 190-270 | -          | 100/4 )    | 20-100  | 1-2      | 200-500 | -        | -      |
| PA 12 RFV 30          | -         | 210-270 | -          | 100/4 )    | 20-100  | 0,5-1,5  | 200     | -        | -      |
| PA 12 Espumado        | -         | 220-250 | -          | 100/4 )    | 20-100  | -        | -       | -        | -      |
| PA 6-3-T Normal       | -         | 250-320 | -          | 80-90/90   | 70-90   | 0,5-0,6  | -       | -        | -      |
| PA 6-3-T RFV 35       | -         | 270-310 | -          | 110/8      | 70-90   | 0,16-0,2 | -       | -        | -      |
| PC Normal             | 1,20      | 270-380 | 0,02(0,01) | 110-120/4  | 80-120  | 0,6-0,7  | 150-220 | 300/1,2  | -      |
| PC RFV 30             | 1,34      | 270-380 | -          | 110-120/4  | 80-120  | 0,2-0,4  | 120-170 | 300/1,2  | ≤3     |
| PC Espumado           | -         | 270-380 | -          | 110-120/4  | 60-90   | 0,7-0,9  | -       | -        | -      |
| PETP Normal           | 1,37      | 260-300 | -          | 120/4 )    | 130-150 | 1,6-2,0  | 200-500 | -        | -      |
| PETP RFV 30           | 1,53      | 260-300 | -          | 120/4 )    | 130-150 | 0,2-2,0  | 200-330 | -        | -      |
| PBTP Normal           | 1,3       | 230-280 | -          | 120/4 )    | 40-80   | 1,0-2,2  | 250-600 | -        | -      |
| PBTP RFV 30           | 1,52      | 240-280 | -          | 120/4 )    | 40-80   | 0,5-1,5  | 200-400 | -        | -      |
| PBTP Espumado         | -         | 230-270 | -          | 120/4 )    | 50-60   | 2,0-2,5  | 200-300 | -        | -      |
| PPO/PS Normal         | -         | 260-310 | -          | 100/2      | 40-110  | 0,5-0,8  | 260     | -        | -      |
| PPO/PS RFV 30         | -         | 260-310 | -          | 100/2      | 40-110  | 0,2      | 170     | -        | -      |
| PPO/PS Espumado       | -         | 260-310 | -          | 100/2      | 10-80   | 0,6-0,8  | -       | -        | -      |



## PARAMETROS DE PROCESO INDICATIVOS PARA MATERIALES TERMOPLASTICOS

|                       | 1                | 2                             | 3                               | 4                | 5                             | 6                             | 7                                           | 8                                  |
|-----------------------|------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|
|                       | DENSIDAD<br>g/cm | TEMPERATURA<br>DE MOLDEO<br>C | HUMEDAD<br>MAXIMA<br>ADMITIDA % | PRESECADO<br>C/h | TEMPERATURA<br>DE MOLDEO<br>C | CONTRACCION<br>DE MOLDEO<br>% | RECORRIDO DE<br>FLUIDO EN 2mm<br>DE ESPESOR | MFI<br>Temp./Peso<br>C/Kg g/10 min |
| PE-FLEXIBLE Normal    | 0,92             | 160-270                       | -                               | -                | 20-60                         | 1,0-3,0                       | 550-600                                     | 190/2,16 22-0,1                    |
| PE-RIGIDO Normal      | 0,95             | 200-300                       | -                               | -                | 10-60                         | 1,5-3,0                       | 200-600                                     | 190/2,16 8-0,1                     |
| PE-RIGIDO Espumado    | -                | 200-260                       | -                               | -                | 10-20                         | 1,5-3,0                       | -                                           | -                                  |
| EVA Normal            | 0,912-0,95       | 130-240                       | -                               | -                | 10-50                         | 0,8-2,2                       | 320                                         | 190/2,16 25-1,2                    |
| PP Normal             | 0,91             | 200-300                       | -                               | -                | 20-90                         | 1,3-2,5                       | 250-700                                     | 230/2,16 15-1,5                    |
| PP RFV 20             | 1,14             | 200-300                       | -                               | -                | 20-90                         | 1,2-2,0                       | 500                                         | -                                  |
| PP Espumado           | -                | 200-290                       | -                               | -                | 10-20                         | 1,5-2,5                       | -                                           | -                                  |
| PB Normal             | 0,91             | 200-290                       | -                               | -                | 10-60                         | 1,5-2,6                       | 300-800                                     | 190/2,16 15-0,4                    |
| PVC-RIGIDO Normal     | 1,38             | 170-210                       | -                               | -                | 20-60                         | 0,4-0,8                       | 160-250                                     | -                                  |
| PVC-RIGIDO Espumado   | -                | 190-210                       | -                               | -                | 10-20                         | 0,5-0,7                       | -                                           | -                                  |
| PVC-FLEXIBLE Normal   | 1,38             | 160-190                       | -                               | -                | 20-60                         | 0,7-3,0                       | 150-500                                     | -                                  |
| PVC-FLEXIBLE Espumado | -                | 160-190                       | -                               | -                | 10-20                         | 0,7-3,0                       | -                                           | -                                  |
| PS Normal             | 1,05             | 170-280                       | -                               | -                | 10-60                         | 0,4-0,7                       | 200-500                                     | 200/5 18-1,5                       |
| PS Espumado           | -                | 170-280                       | -                               | -                | 10-20                         | 0,4-0,6                       | -                                           | -                                  |
| SAN Normal            | 1,08             | 200-260                       | 0,2                             | 85/2-4           | 50-80                         | 0,4-0,6                       | -                                           | 220/10 12-0,5                      |
| SAN RFV 30            | -                | 200-260                       | -                               | 85/2-4           | 50-80                         | 0,2-0,3                       | -                                           | -                                  |
| SB Normal             | 1,05             | 190-280                       | -                               | -                | 10-80                         | 0,4-0,7                       | 200-500                                     | 200/5 6-1,5                        |
| SB Espumado           | -                | 190-280                       | -                               | -                | 10-80                         | 0,4-0,7                       | -                                           | -                                  |

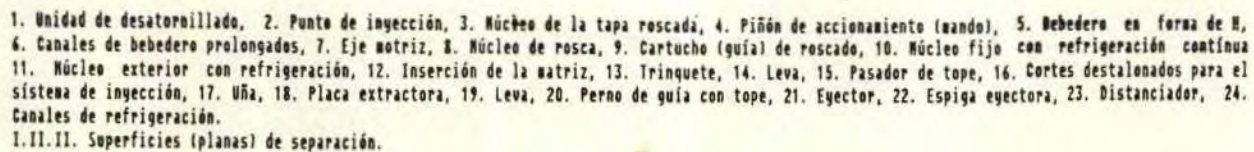
Tabla 1 - a

PARAMETROS DE PROCESO INDICATIVOS PARA  
MATERIALES TERMOPLASTICOS

|                                                                                                                                                                                          | 1         | 2       | 3 | 4      | 5       | 6       | 7   | 8 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------|---|--------|---------|---------|-----|---|
| PPSU Normal                                                                                                                                                                              |           | 340-390 |   | 120/5  | 100-160 | 0,6-0,8 |     |   |
| PPSU RFV 40                                                                                                                                                                              |           | 340-370 |   | 120/5  | 100-160 | 0,2-0,4 |     |   |
| PPS RFV 40                                                                                                                                                                               |           | 320-380 |   |        | 20-200  | ca. 0,2 |     |   |
| PSU Normal                                                                                                                                                                               |           | 320-390 |   | 160/5  | 100-160 | 0,6     |     |   |
| PSU RFV 40                                                                                                                                                                               |           | 320-380 |   | 160/5  | 100-160 | 0,15    |     |   |
| Thermoplastico Elastomero<br>en Base a PS Normal.                                                                                                                                        |           |         |   |        |         |         |     |   |
| Thermoplastico Elastomero<br>en Base a PP Normal.                                                                                                                                        |           |         |   |        |         |         |     |   |
| Thermoplastico Elastomero<br>en Base a Poliester                                                                                                                                         |           |         |   |        |         |         |     |   |
| Normal                                                                                                                                                                                   |           |         |   |        |         |         |     |   |
| CA Normal                                                                                                                                                                                | 1,27-1,3  | 180-220 |   | 80/2-4 | 40-80   | 0,4-0,7 | 350 |   |
| CP Normal                                                                                                                                                                                | 1,19-1,23 | 190-230 |   | 80/2-4 | 40-80   | 0,4-0,7 | 500 |   |
| CAB Normal                                                                                                                                                                               | 1,17-1,22 | 180-220 |   | 80/2-4 | 40-80   | 0,4-0,7 | 500 |   |
| <div> <div>1.) Material Standard</div> <div>2.) Material Espumable</div> <div>3.) Material Con Carga de Fibra de Vidrio</div> <div>6.) Presecado no Estrictamente Necesario</div> </div> |           |         |   |        |         |         |     |   |

Tabla 1 - b







2.1.3 Definir tolerancias y detalles importantes que debe tener la pieza terminada. (Ver Fig. No. 2).

2.1.4 Acordar con el diseñador del molde, detalles como ubicación de las piezas en el molde (Ver Fig. No. 3), para saber el número de cavidades así como posibles cambios.

2.1.5 Elaborar el dibujo técnico correspondiente con todas sus medidas y detalles necesarios. (Ver Fig. No. 2 ).

## 2.2. Departamento de Diseño

Cuando el proyectista de piezas y productos ha definido los detalles del punto 2.1, se traslada la información correspondiente al diseñador del molde, quien normalmente tiene las siguientes funciones:

2.2.1 Estudiar el diseño de la pieza y recomendar si es posible cambios en la geometría o dimensiones de la misma, que permitan una adecuada fabricación del molde.

2.2.2 Definir según geometría de la pieza, los siguientes puntos:

- Sistema de llenado o de conformado del molde.
- Refrigeración del sistema.
- Evacuación del aire.
- Sistema de expulsión o extracción de la pieza.

2.2.3 Definir dimensionamiento del molde según:

- Fuerza de cierre de la máquina
- Distancia de las columnas de las placas en la máquina.
- Volumen y peso de inyección de la máquina.
- Número de cavidades calculadas en el molde.
- Capacidad de plastificación.  
(ver Fig. No. 4).

2.2.4 Definir según los puntos anterior-

res, las exigencias que debe tener el molde terminado para que cumpla con las condiciones de trabajo. Algunas de éstas exigencias pueden ser:

- Esfuerzos mecánicos como compresión, tracción, flexión, desgaste, etc.  
(Ver Fig. No. 5 ).
- Corrosión originada por materiales químicamente agresivos como P.V.C.
- Conductividad térmica.

2.2.5 Seleccionar los materiales para cada una de las piezas que componen el molde, teniendo en cuenta todos los puntos anteriores, y también el tamaño y función del molde.

2.2.6 Elaborar dibujo técnico de conjunto y detalles de las partes que impliquen especificaciones especiales, para llevarlo al taller de fabricación con su respectiva lista de materiales, medidas y calidades requeridas.

## 2.3 Departamento De Fabricación

Una vez diseñados y obtenidos los planos del molde o herramienta a fabricar, se pasa al taller o departamento de fabricación, donde el personal encargado tiene las siguientes funciones:

2.3.1 Análisis y estudio de los planos.

2.3.2 Solicitud de los materiales según calidades exigidas. (Ver Sección No.6).

2.3.3 Organizar y distribuir la fabricación de las piezas componentes del molde, a los diferentes centros de mecanizado y tratamiento. (Ver Fig.No. 6).

2.3.4. Estar en capacidad de hacer cambios o elegir otros procesos de fabricación que impliquen economía y ahorro de tiempo en la fabricación, sin necesidad de cambiar la esencia del proyecto.

2.3.5. Verificar dimensiones y calidades obtenidas de la fabricación para luego hacer el montaje y ajuste final.



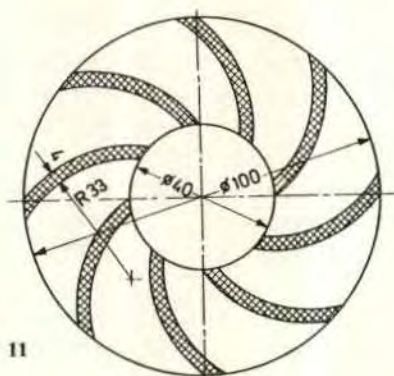


Abb. 1.8/16

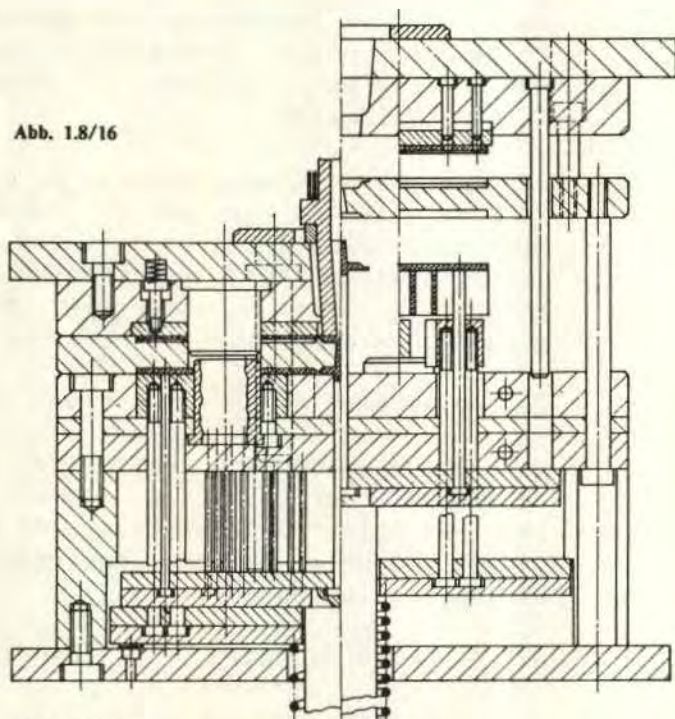


Abb. 1.8/17

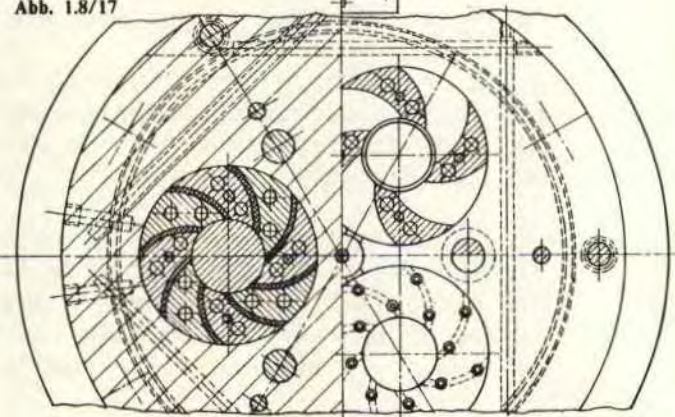


Abb. 1.8/18

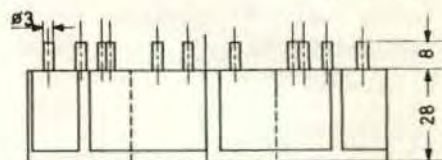


Abb. 1.8/19

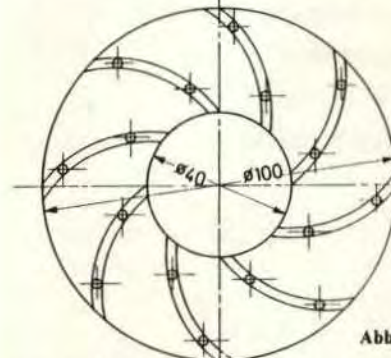


Abb. 1.8/20



Abb. 1.8/21

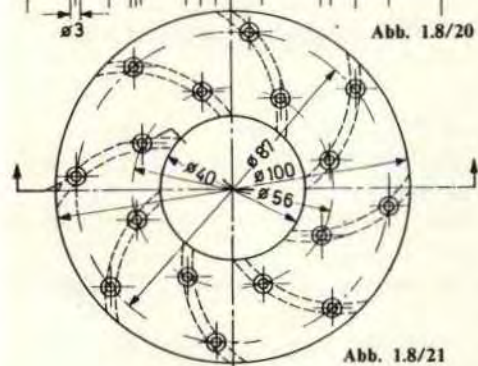
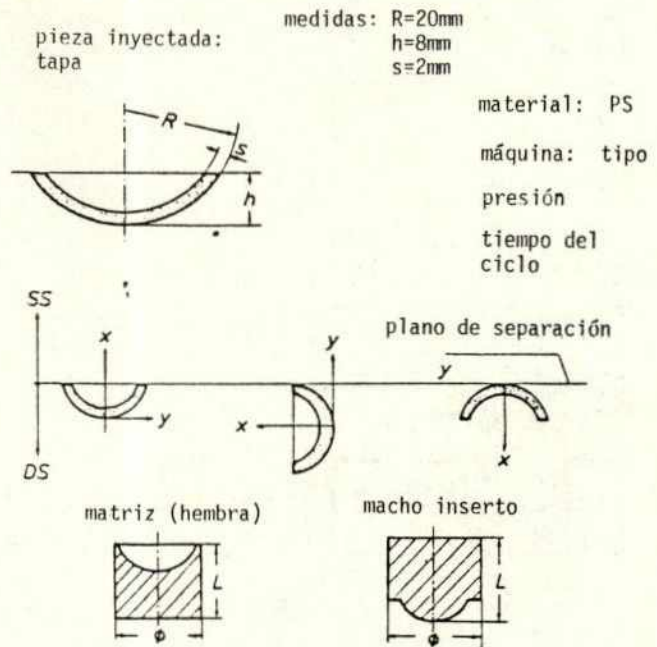


Fig. 3 Ubicación de las cavidades en el molde según la pieza.



# Definición y ubicación de los sistemas del molde siguiendo una metodología



número de cavidades  $n=f$   
(capacidad de plastificación,  
fuerza de cierre, peso de  
inyección, economía, plazo  
fijado)

elegido:  $n=4$

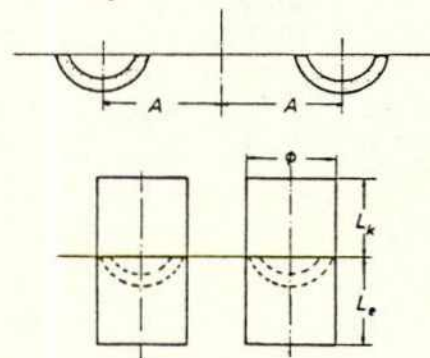


Fig. 4





tipo de bebedero: bebedero directo en punta de aguja

secciones de canal elegida

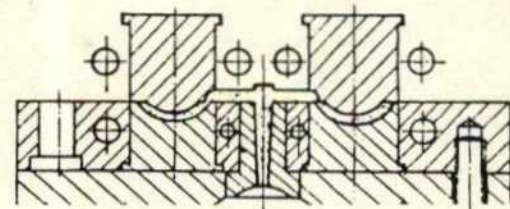
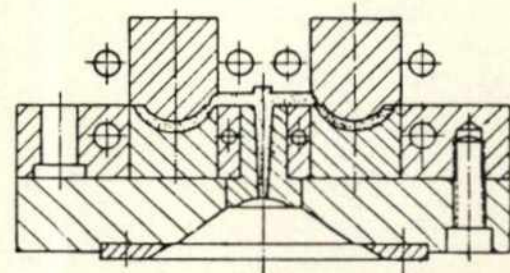
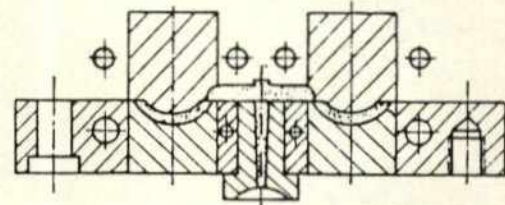
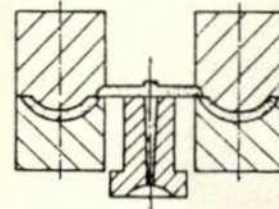
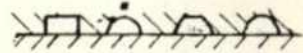


Fig. 4 continuación



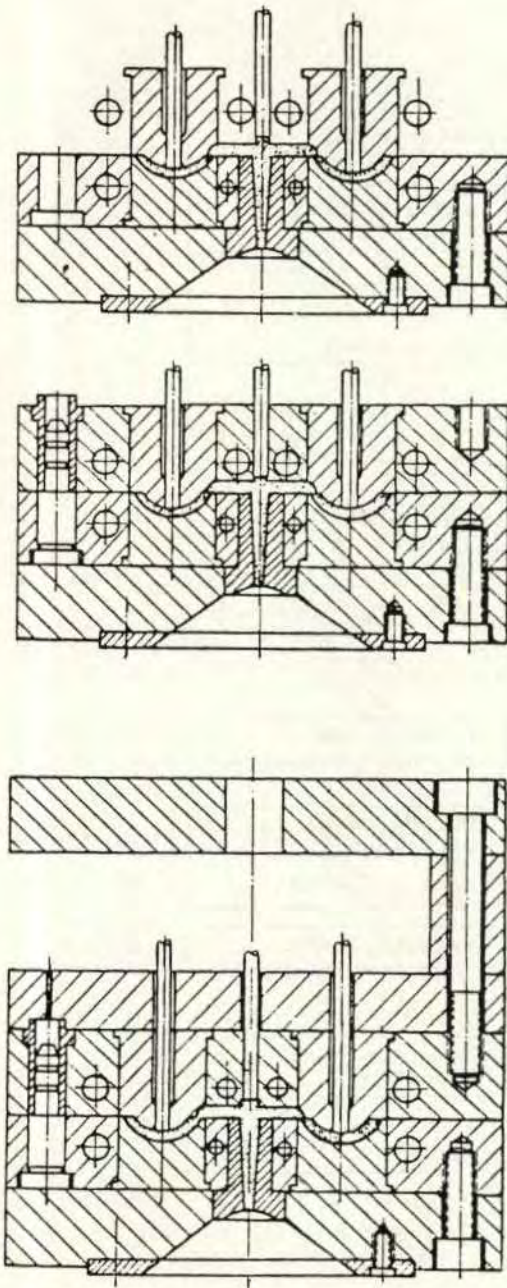
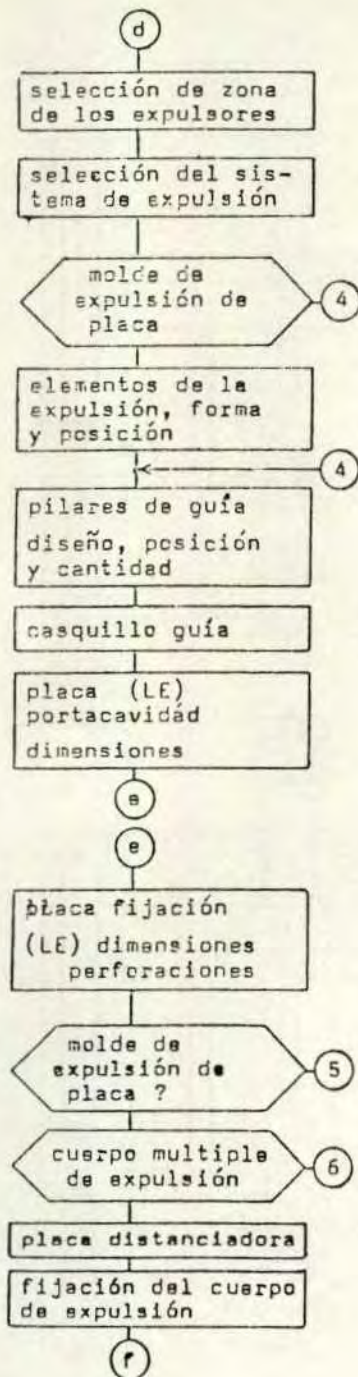


Fig. 4 continuación



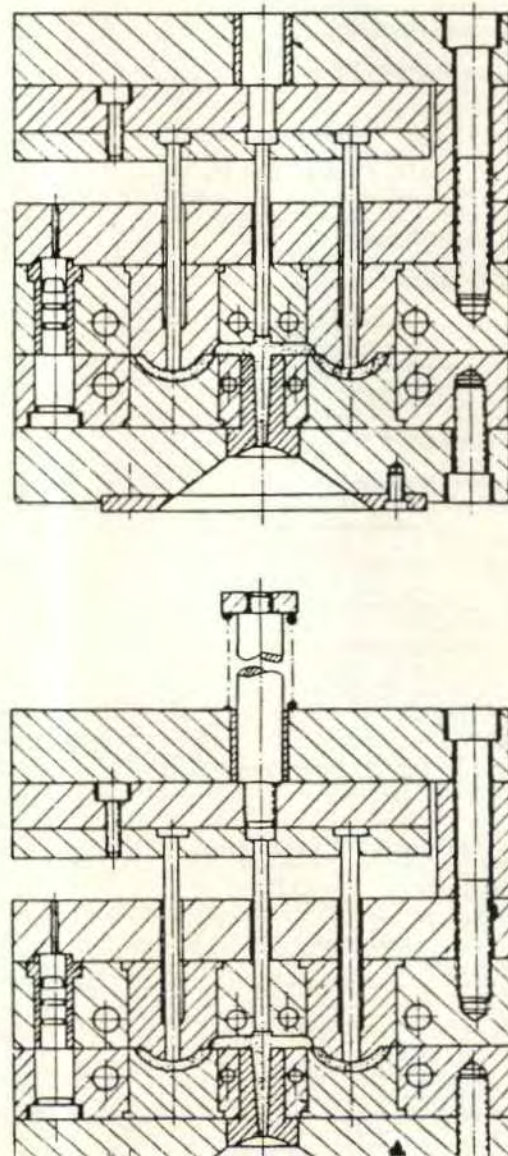
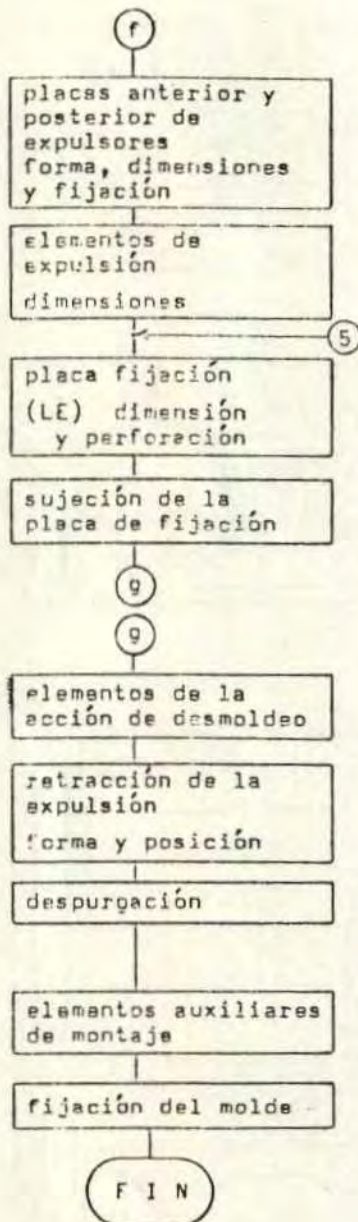


Fig. 4 continuación



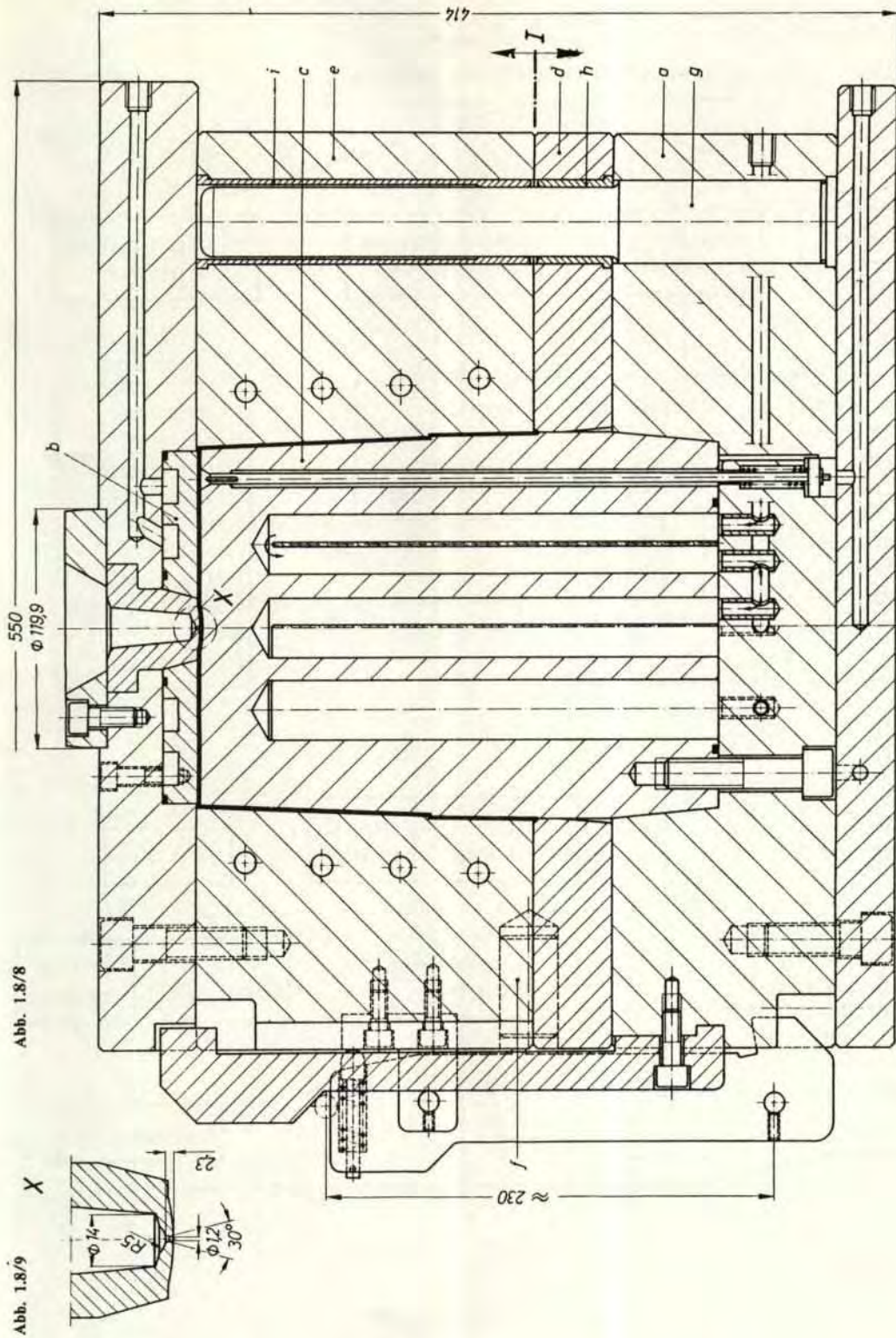


Fig. 5 Ubicación de los esfuerzos en un molde



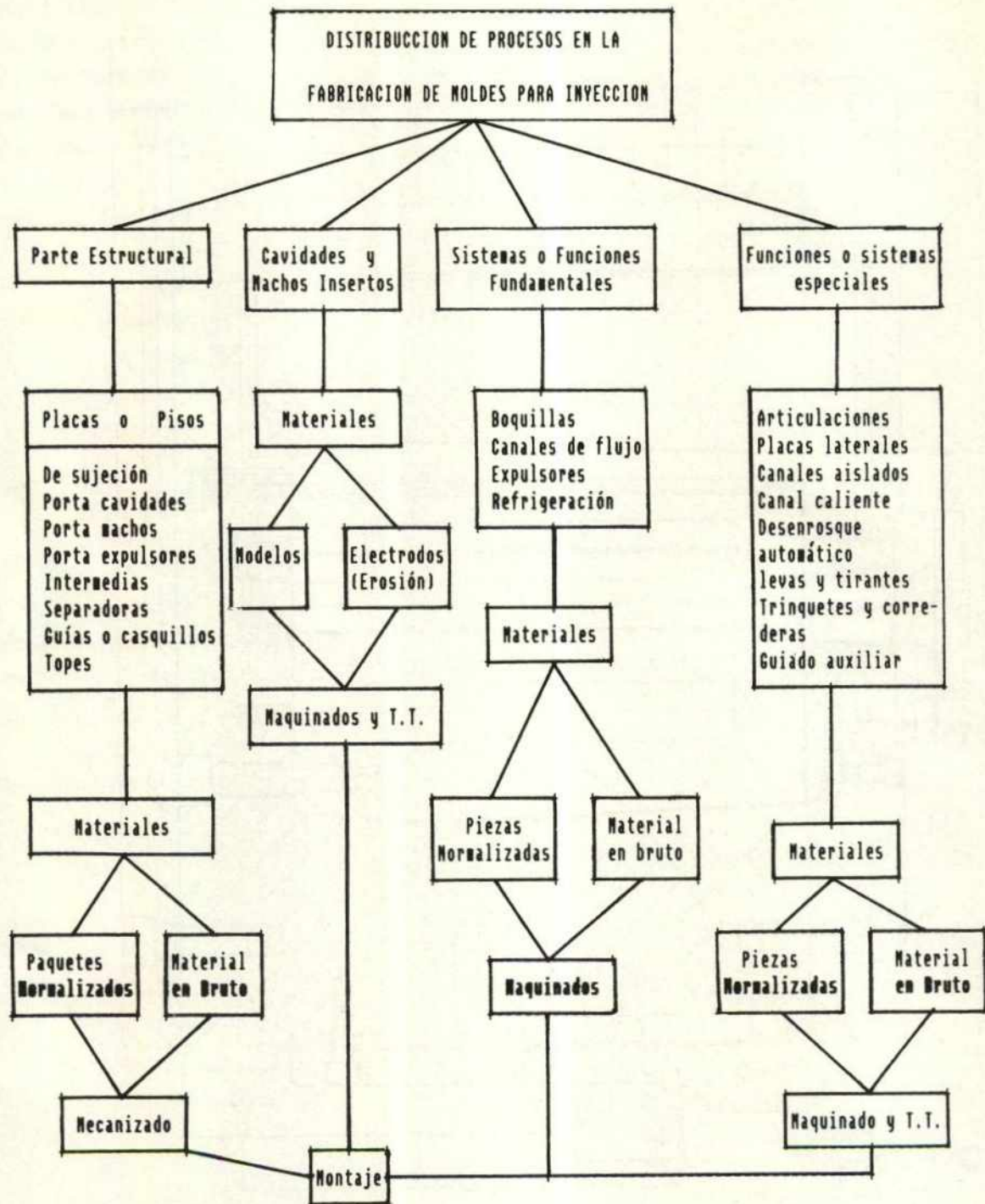
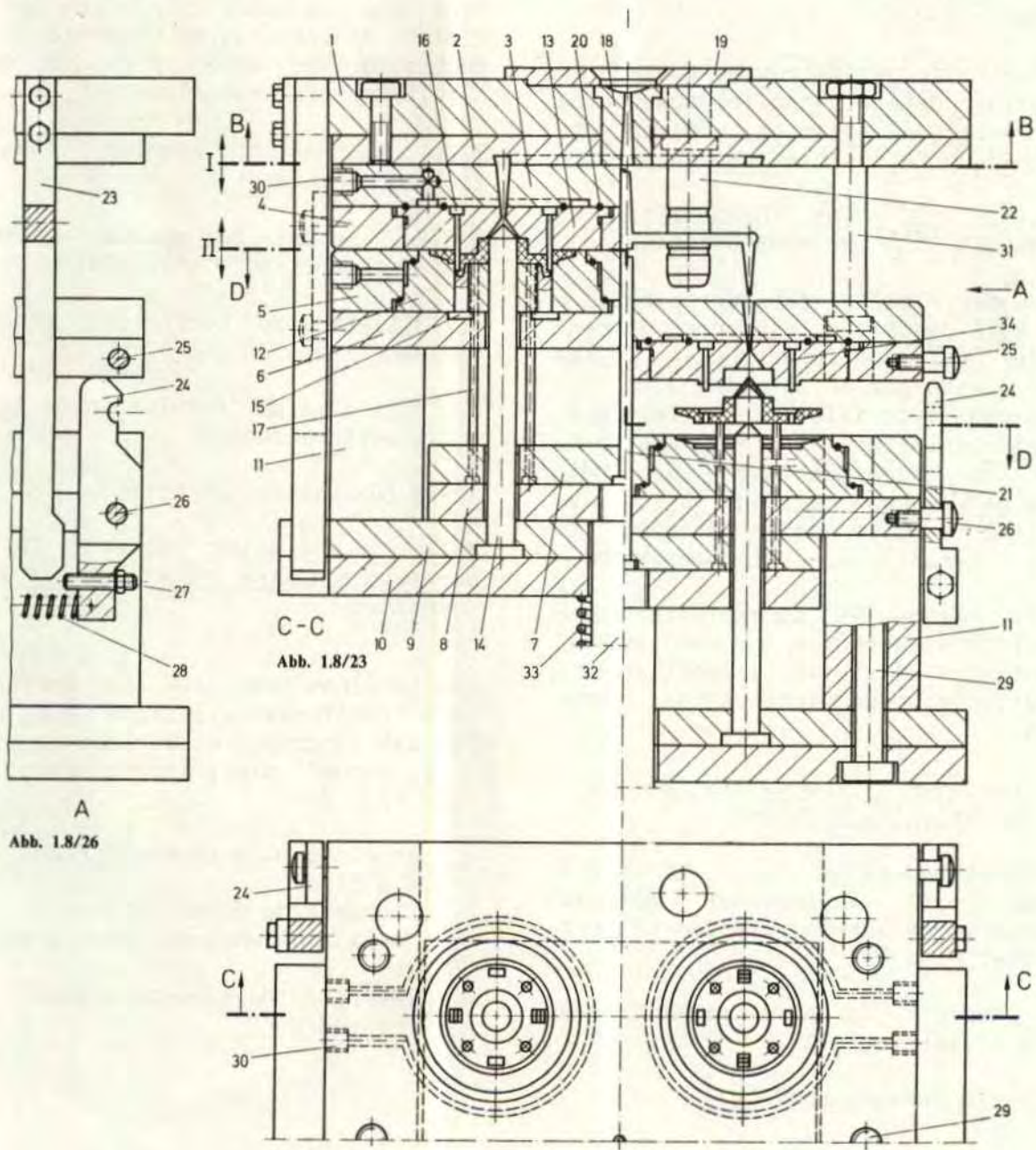
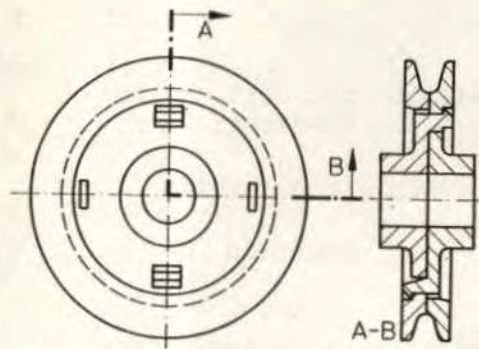


Fig. 6 DISTRIBUCCION DE LA FABRICACION



Fig. 7 Funciones de un molde





## 2.4. Departamento De Moldeo

En este Departamento se obtienen los productos finales y sus funciones son:

2.4.1 Inspección y montaje del molde.

2.4.2 Regulación y disposición de la máquina.

2.4.3 Sacar muestra para controlar medidas, acabados superficiales, contracción y en general la calidad de la pieza obtenida.

2.4.4 Controlar parámetros de trabajo en la máquina, determinando el número de ciclos máximos alcanzables, y hacer observaciones para posibles reformas.

## 3. ANALISIS DE LAS HERRAMIENTAS O MOLDES PARA LA TRANSFORMACION

Se puede decir que en las herramientas o moldes está depositado el mayor porcentaje del éxito en la producción de las piezas, puesto que en un molde bien diseñado, con materiales bien seleccionados que cumpla con las condiciones previstas de funcionamiento, no sólo redunda en la buena calidad de las piezas, sino también, en la economía de proceso y durabilidad de la herramienta.

Por estas razones es conveniente estudiar algunos aspectos concernientes a las funciones, sistemas, clasificación y características que tienen estas herramientas.

### 3.1. Funciones Importantes De Las Herramientas o Moldes

En términos generales toda herramienta diseñada para transformar materias plásticas tiene las siguientes funciones: (Ver Fig. No. 7).

3.1.1 Recibir la masa plastificada, guiarla o distribuirla.

3.1.2 Darle forma geométrica.

3.1.3 Atemperar o refrigerar la masa para polimerizarla.

3.1.4 Transformar la masa plastificada en una pieza sólida.

3.1.5 Extraer, expulsar o dar salida a la pieza.

### 3.2 Sistemas Que Componen Una Herramienta Para Moldear

Para que un molde cumpla con las comodidades mencionadas en el punto 3.1, es necesario que esté previsto de los siguientes sistemas: (Ver fig. No. 6)

3.2.1 Sistema de llenado (boquillas, canales, bebederos).

3.2.2 Sistema de guiado y centrado (guías casquillos y anillos).

3.2.3 Sistema de conformado (machos y cavidades).

3.2.4 Sistema de refrigeración (conductos y perforaciones).

3.2.5 Evacuación del aire.

### 3.3. Clasificación General De Las Herramientas Para Transformar Plásticos o Resinas.

En términos generales, las herramientas para transformar plásticos que cumplan con las funciones enumeradas en el punto 3.1, pueden clasificarse como sigue: (Ver Fig. 8).

- a. Inyección de termoplásticos y duroplásticos
- b. Prensado de duroplásticos
- c. Soplado de envases en termoplásticos
- d. Extrusión de termoplásticos
- e. Espumados.



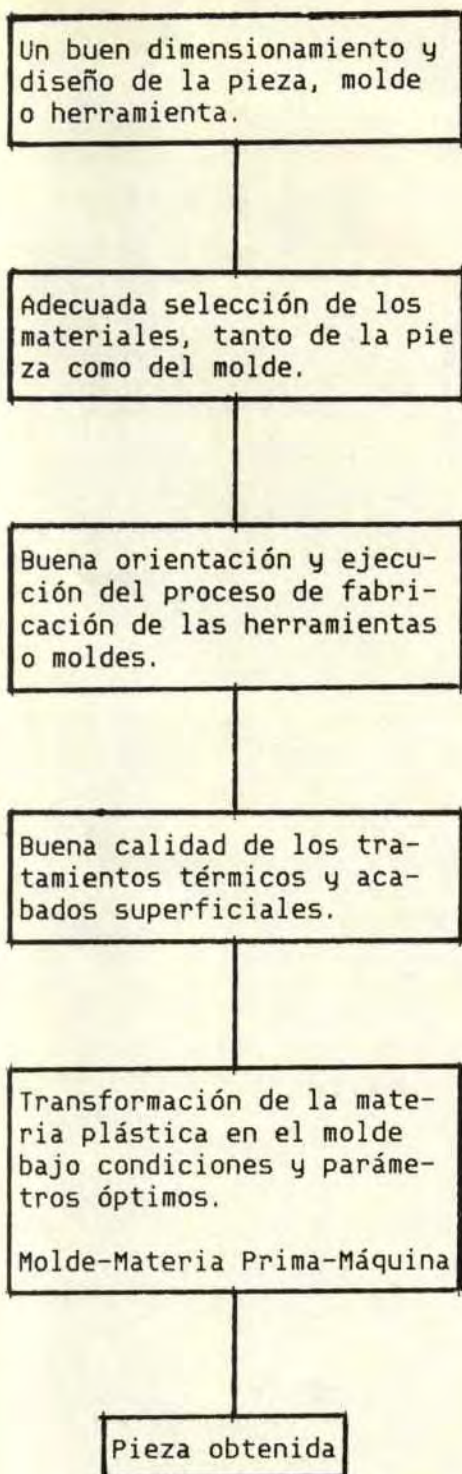


Fig. 8 Diagrama de flujo para el proceso de transformación de piezas

Aunque los principios de transformación difieren entre sí, todos ellos convergen a un objetivo común, como es el de obtener piezas terminadas, con una geometría y propiedades definidas, por "las etapas en el desarrollo del proyecto" vistos en el punto 2.

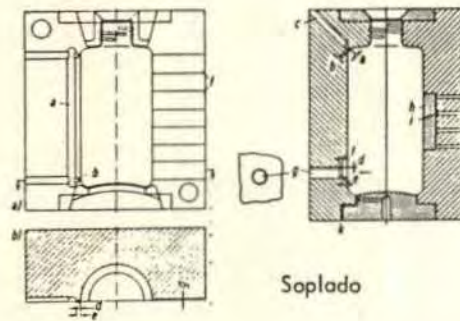
El éxito o fracaso del proyecto emprendido para el desarrollo de estos productos, se fundamentan principalmente en los cinco factores que se muestran en el esquema de la fig. 8.

#### 4. PROCESOS UTILIZADOS EN LA FABRICACION DE LAS CAVIDADES MACHOS Y MOLDES

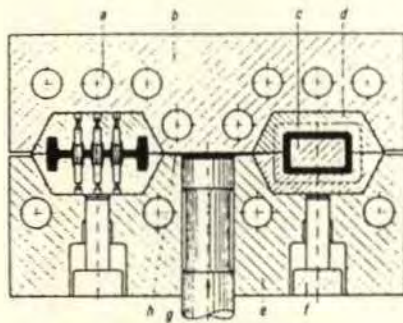
Una vez definidas las fases de los puntos 2 y 3, se debe proceder a identificar y seleccionar, el proceso o procedimiento de fabricación más conveniente en función de los siguientes puntos:

- a. Dotación del centro de fabricación, es decir: equipo y maquinaria disponible.
- b. Disponibilidad de piezas o partes normalizadas. (Ver Figs. 10 y 11)
- c. Tipo de herramienta o molde a fabricar. Cavidades, boquillas de extrusión, moldes de soplado, etc. (Ver Fig. 9).
- d. Vida útil esperada del molde o herramienta.
  - Moldes o cavidades para investigación o ensayo.
  - Moldes para series cortas o de promoción.
  - Series largas - moldes para alta producción.
- e. Tratamientos térmicos y superficiales requeridos.
  - Temple total o superficial de piezas
  - Tratamientos superficiales, nitruración, implantación iónica.
  - Fotograbado
  - Acabado superficial, pulimento de las cavidades.

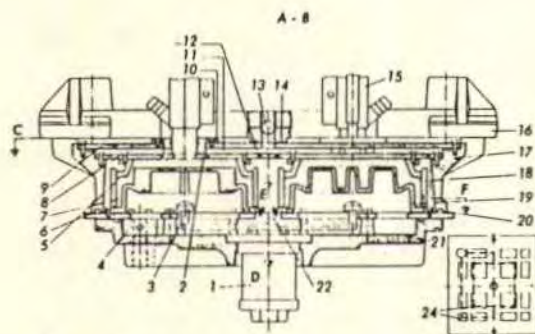
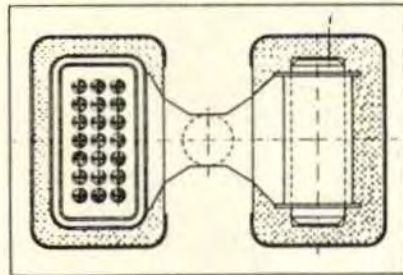




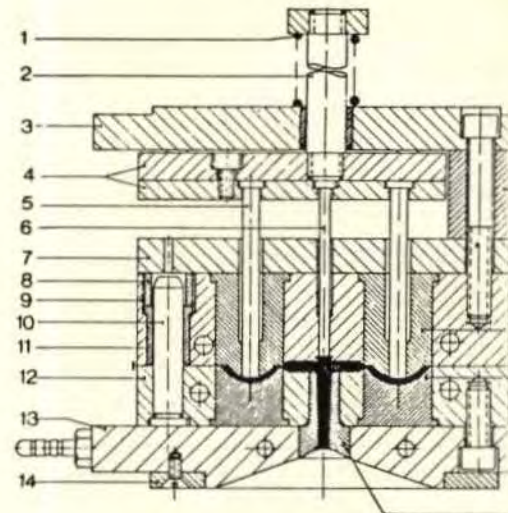
Soplado



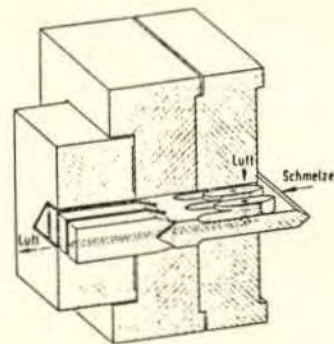
Prensado por interferencia



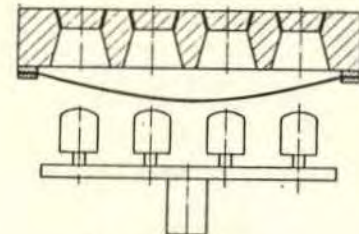
Espumados



Inyección



Extrusión



Termoconformado

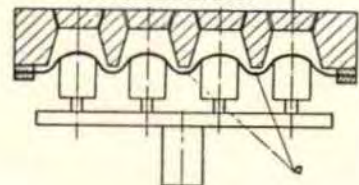


Fig. 9 Diferentes tipos de herramientas



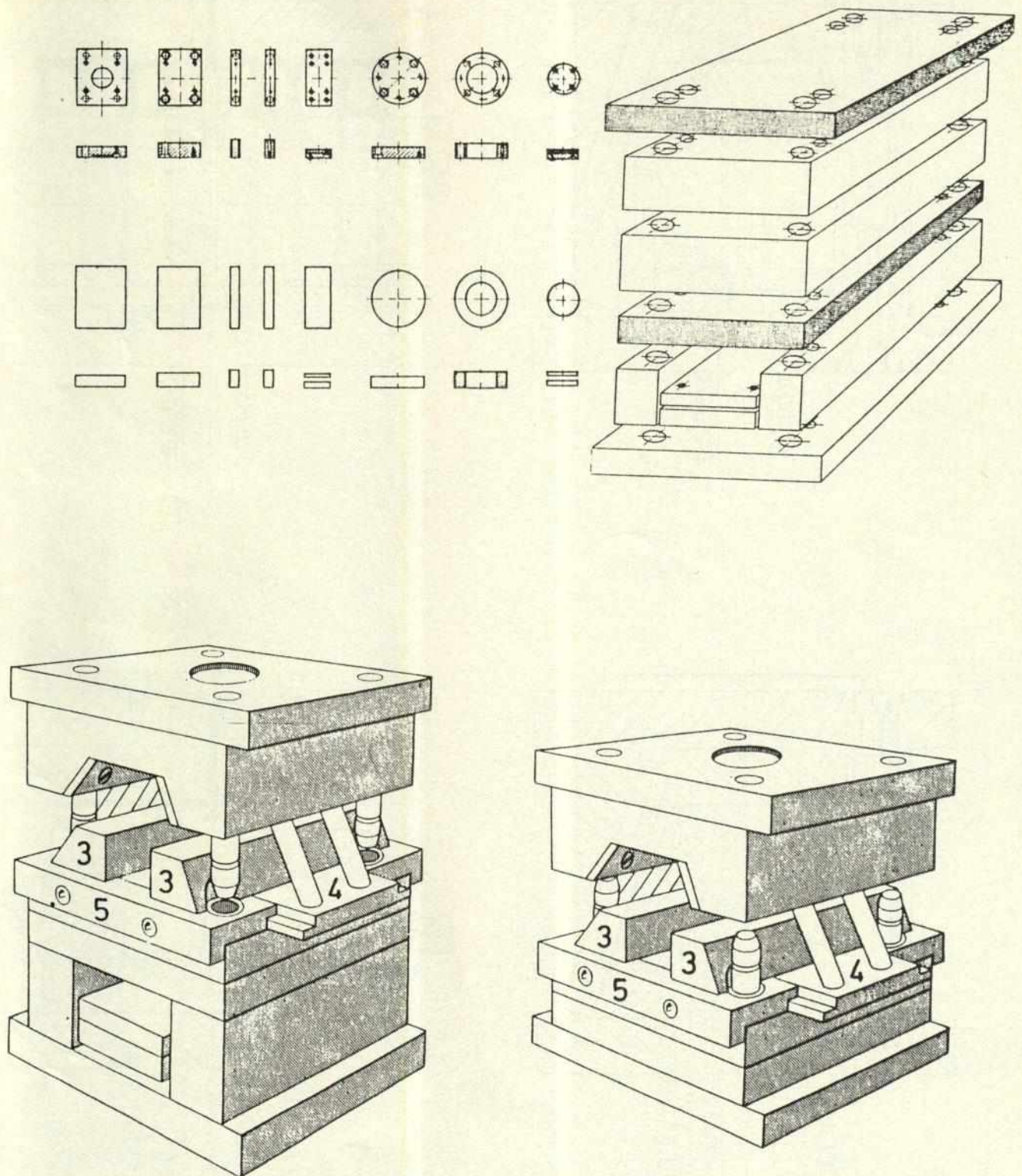


Fig. 10 Partes normalizadas de moldes



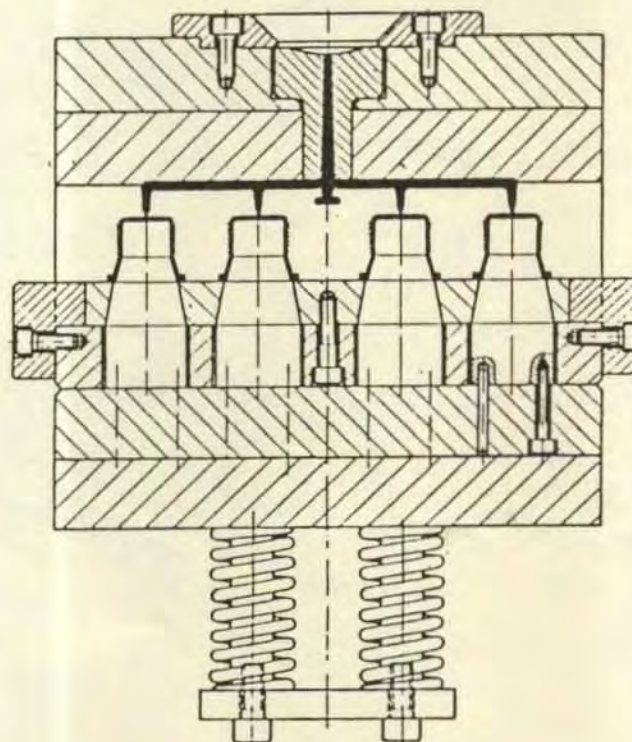
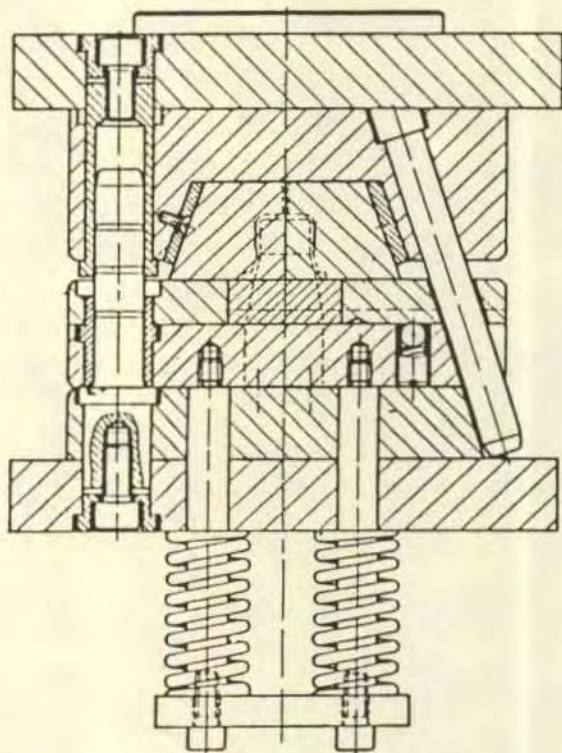
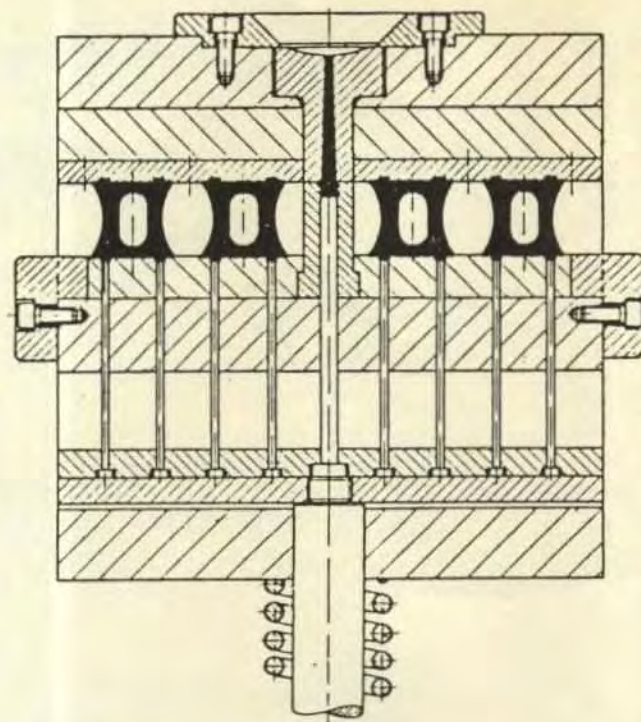
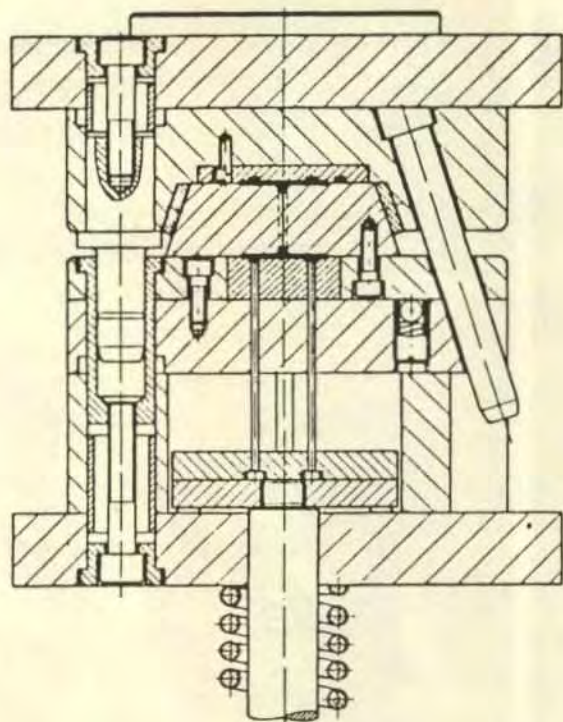


Fig. 11 Partes normalizadas de moldes



#### 4.1. Clasificación De Los Procesos

Los procesos de mayor utilización en la obtención de moldes o cavidades son los siguientes:

- a. Mecanizados con desprendimiento de viruta mediante máquinas convencionales universales, automáticas, de control numérico, etc. utilizadas en los premaquinados y terminados.
- b. Moldes obtenidos por fundición, empleados para moldes de gran tamaño, principalmente de soplado.

Para moldes fundidos se debe contar con los siguientes valores de contracción, cuando se fabrican los modelos: (Ver Tabla 2).

|                            |          |
|----------------------------|----------|
| Aluminio de alta pureza... | 1,5 - 2% |
| Aleaciones de aluminio...  | 0,9-1,5% |
| Cobre al berilio.....      | 1,5%     |
| Fundición gris laminar.... | 0,7-1,3% |
| Fundición gris nodular.... | 0,5 - 1% |
| Fundición de Acero.....    | 1,5 - 2% |
| Zinc.....                  | 0,7-1,2% |

Tabla No. 2 Valores de contracción para fundiciones.

- c. Cavidades obtenidas por galvanotecnia o depósitos electrolíticos. (Ver Fig No. 12).

Como su nombre lo indica es utilizado en la fabricación de cavidades como lo muestra la Fig.13., Los depósitos electrolíticos son a base de níquel o aleación de níquel-cobalto.

- d. Cavidades por clavado en frío

Este proceso es utilizado desde hace mucho tiempo en los países industrializados, especialmente para fabricación de cavidades para moldes, matrices, estampas, etc.

En nuestro medio tiene relativamente poco uso por falta de equipos apro-

piados, debido a que este proceso requiere máquinas hidráulicas de gran potencia y con especificaciones especiales como se muestra en la fig. 14.

El proceso consiste en producir cavidades, matrices o estampas, mediante la penetración de un macho con geometría definida, sobre el material que se requiere como matriz o cavidad sin que haya desprendimiento de viruta, solamente fluye el material conformado en frío. (Fig.15).

El macho o herramienta usada en el clavado, debe ser fabricado en acero de herramientas, bajo las mejores condiciones de mecanizado, tratamiento térmico y acabado superficial, para garantizar la vida útil de la herramienta y un perfecto acabado superficial en la matriz. La tabla No. 3, muestra los materiales que podrían ser utilizados en la fabricación de los machos para clavar en frío.

Las matrices fabricadas en acero, deben provenir de un proceso siderúrgico con el mínimo de segregaciones y defectos internos, debe poseer una fluidez en frío y preferiblemente bajo porcentaje de carbono como el acero AISI P4 para los moldes de transformar plásticos. ( Ver tabla No.3).

En La fabricación de matrices o estampas para el forjado o conformado en frío ( Ver Fig.16 ), pueden ser usados aceros de herramientas, sometidos a un tratamiento térmico de recristalización antes del clavado en frío.

(Para mayor información consultar el documento "Procesos de clavado en en frío", en el Centro de Documentación ASTIN).

- e. Cavidades obtenidas por procesos de electroerosión

Este proceso bastante difundido en la actualidad, permite también la fabricación de cavidades, matrices o estampas,



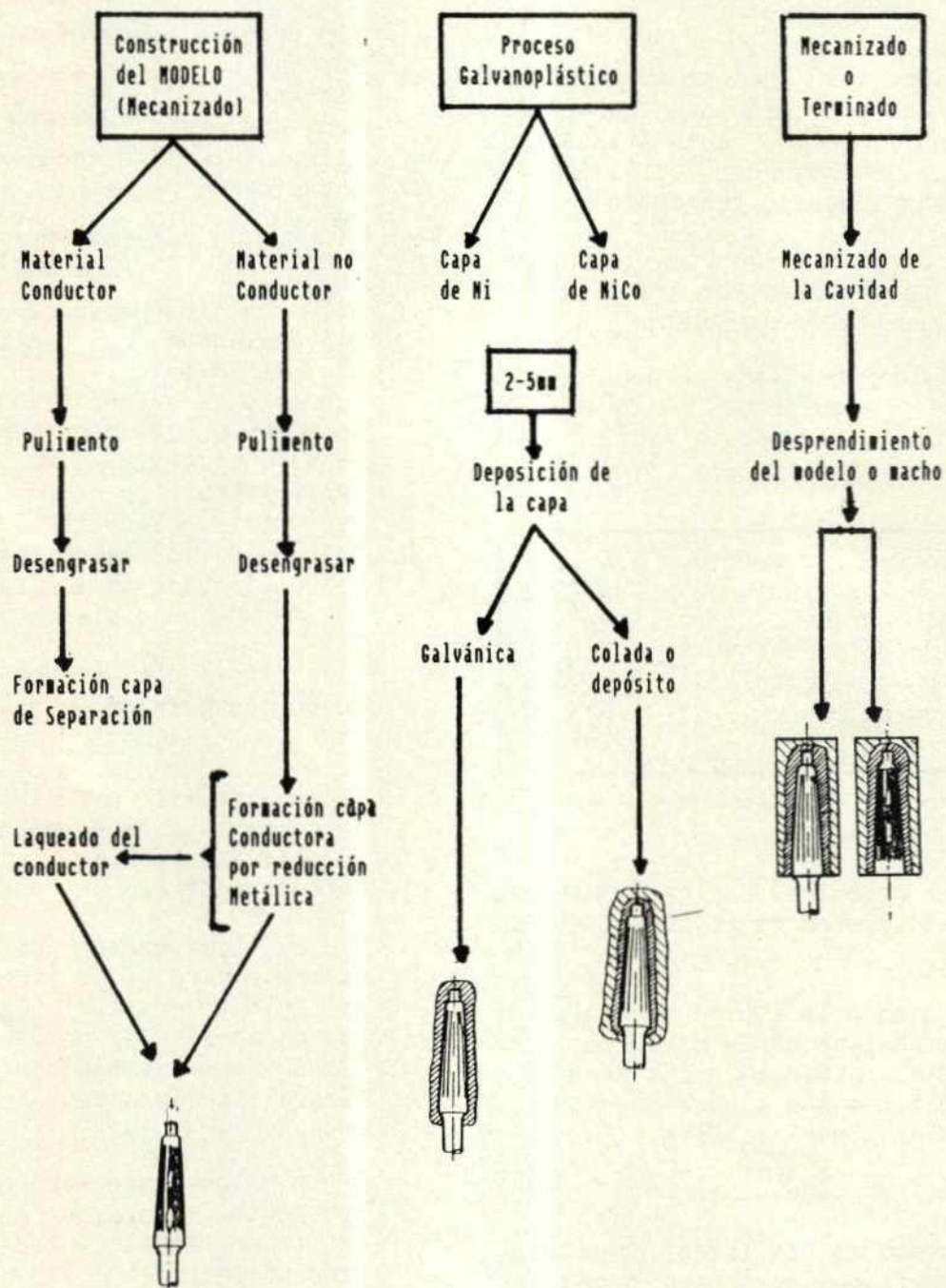


Fig. 12 Proceso Galvánico para construir Cavidades



mediante descargas eléctricas. ( Ver Fig. 17).

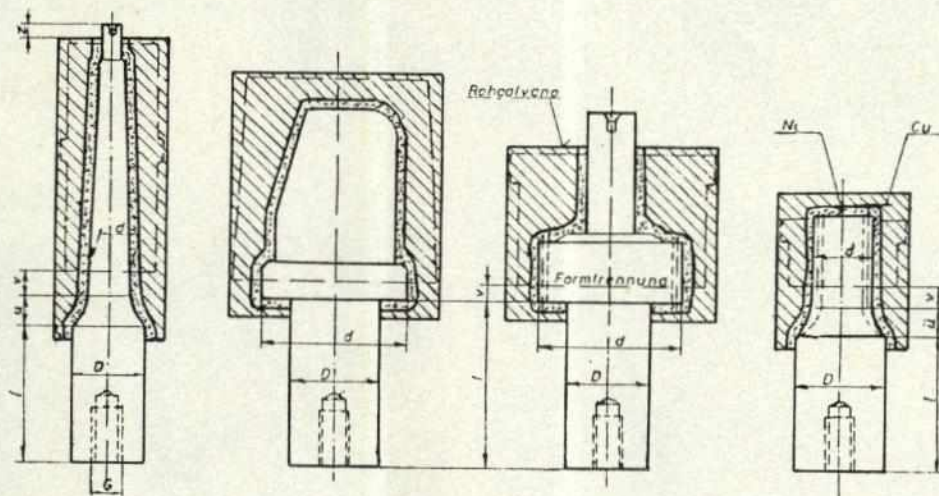
f. Cavidades obtenidas por procesos de pulverización metálica

Aunque es poco conocido este proceso, es muy útil para la obtención de cavidades o moldes utilizados en series cortas; consiste en pulverizar metal sobre un modelo como se muestra en la fig. No.17 y 18, posteriormente completar la matriz con materiales de relleno que pueden ser resinas u otros materiales aptos para ser coladas, como se puede observar en las ilustraciones de la fig. 17 y 18.

g. Utilización de resinas en la fabricación de cavidades o moldes para plásticos

Algunas resinas epóxicas de gran resistencia a la compresión, pueden ser utilizadas para fabricar moldes, cuando las series son cortas o su formas y tamaños no permiten la aplicación de los métodos anteriores.

El procedimiento para fabricar las cavidades es muy simple, puesto que solamente requiere fabricar el modelo como lo muestra el catalogo : Tooling Resins: Araldite Epoxy Resins, publicado por la CIBA-GEIGY. (Este material puede consultarse en el Centro de Documentación del C.D.T. ASTIN.)



v= Prolongación mín 5mm

d= Diámetro Nominal

D= Diámetro del mango

u= Transición entre el modelo y el mango

z= Prolongación de la espiga mín 8 mm

l= Largo del mango mín 40mm max 80mm

g= Perforación de la rosca M5 x 15 profundidad.

Fig. 13 Cavidades fabricadas por galvanotecnia



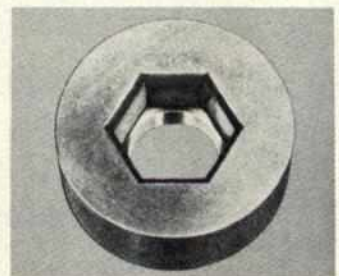
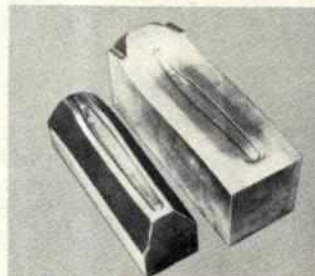
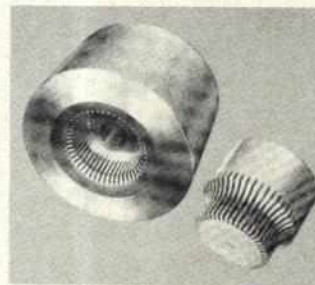
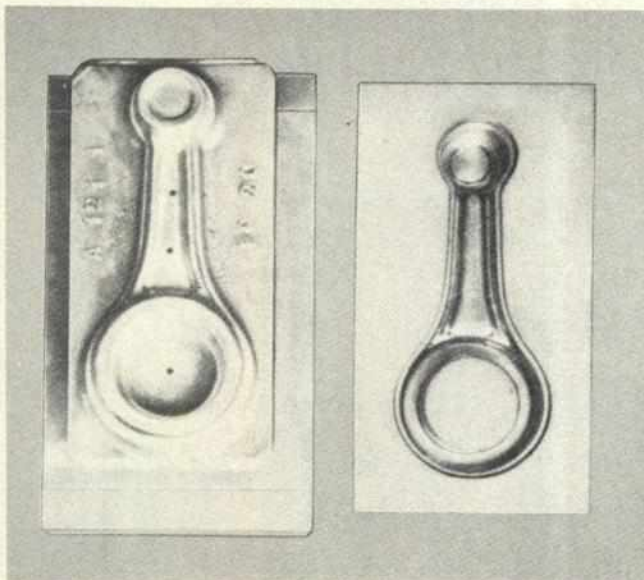
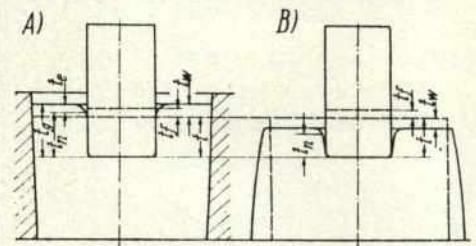
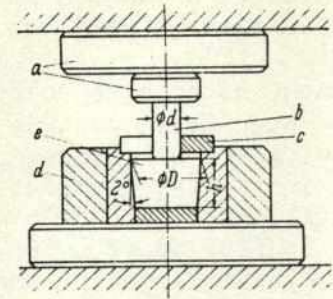
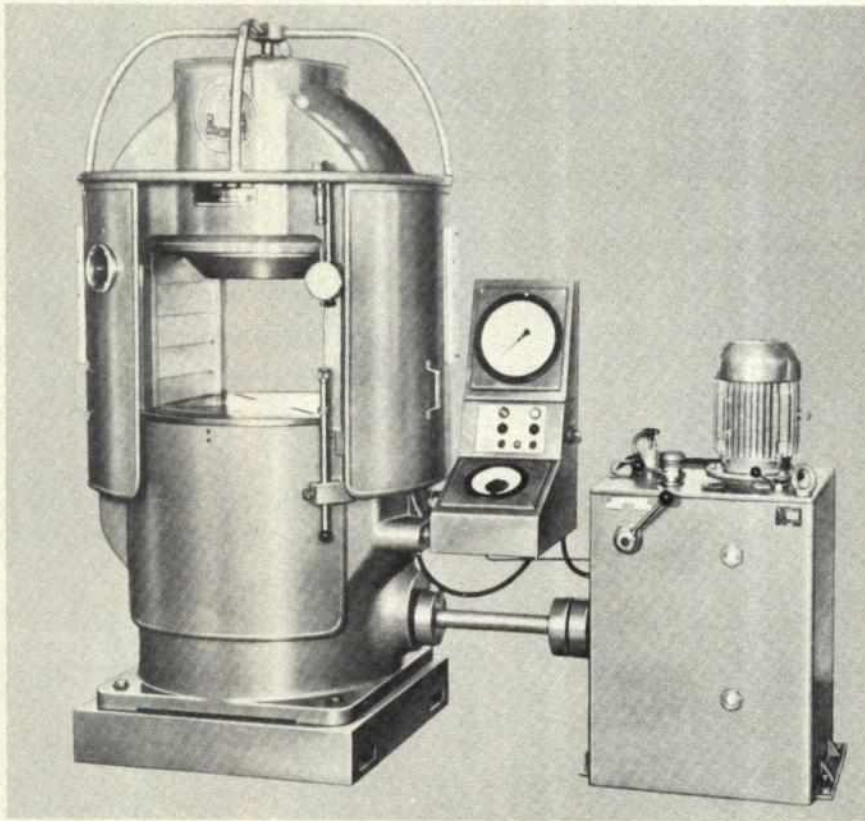
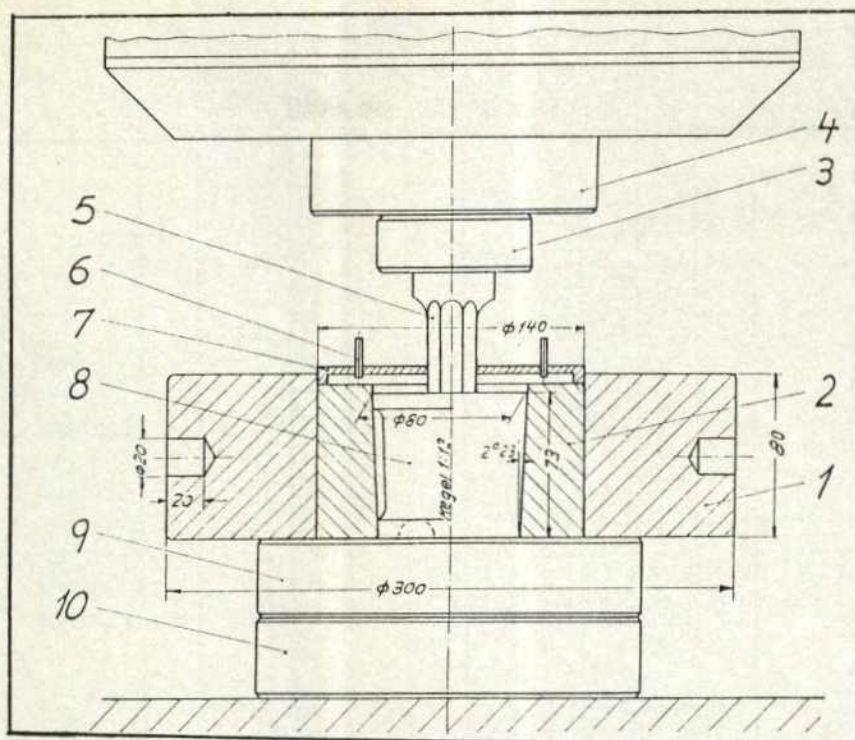


Fig. 14 Cavidades por clavado en frio





| Can | Designación           | Norma    | Material    | No. | Kg/cant | Propiedades    |
|-----|-----------------------|----------|-------------|-----|---------|----------------|
| 1   | Plato de presión      |          | 56NiCrMoV7  | 10  |         | Verg. 120Kp/mm |
| 1   | Plato de presión      |          | X45NiCrMo4  | 9   |         | Verg. 180Kp/mm |
| 1   | Matriz                |          |             | 8   |         |                |
| 1   | Aro de centrado .     |          | St 50       | 7   |         |                |
| 2   | Espiga de fijación    | DIN 1481 |             | 6   |         |                |
| 1   | Estampa de clavado    |          | X165CrMoV12 | 5   |         | 60-62 HRC      |
| 1   | Plato de presión      |          | 56NiCrMoV7  | 4   |         | Verg. 120Kp/mm |
| 1   | Tope de la estampa    |          | X45NiCrMo4  | 3   |         | Verg. 180Kp/mm |
| 1   | Anillo retención int. |          | X45NiCrMo4  | 2   |         | Verg. 180Kp/mm |
| 1   | Anillo retención ext. |          | 56NiCrMoV7  | 1   |         | Verg. 120Kp/mm |

Fig. 15 Dispositivo para clavado en frío



| No.            | Segun DIN 17006  | No.nach<br>DIN 17007 | COMPOSICION (%) |      |      |     |     |      |      |     | Dur HB <sup>2</sup><br>Kp/mm | AISI                 | APLICACIONES                                                                                                                                                                               |                                                                                                                   |
|----------------|------------------|----------------------|-----------------|------|------|-----|-----|------|------|-----|------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                |                  |                      | C               | Si   | Mn   | Cr  | Mo  | Ni   | V    | W   |                              |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| Ac.Cementación |                  |                      |                 |      |      |     |     |      |      |     |                              |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 1              | C 10 WS.....     | 1.1805               | 0.10            | 0.3  | 0.4  | -   | -   | -    | -    | -   | 110                          | P4<br><br><br><br>P2 | Moldes para iny. de zinc a presión }<br>Moldes de Inyección                                                                                                                                |                                                                                                                   |
| 2              | X 6 CrMo 4.....  | 1.2341               | 0.06            | 0.10 | 0.12 | 0.4 | 0.5 | -    | -    | -   | 110                          |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 3              | X 8 CrMoV 5..... | 1.2342               | 0.08            | 0.2  | 0.3  | 5.0 | 0.7 | -    | 0.3  | -   | 140                          |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 4              | 21 MnCr 5.....   | 1.2162               | 0.21            | 0.3  | 1.2  | 1.0 | -   | -    | -    | -   | 175                          |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 5              | 15 CrNi 6.....   | 1.2712               | 0.15            | 0.25 | 0.5  | 1.5 | -   | 1.5  | -    | -   | 190                          |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| Ac.Trab.Frio   |                  |                      |                 |      |      |     |     |      |      |     |                              |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 6              | C 100 W 1.....   | 1.1540               | 1.0             | 0.20 | 0.20 | -   | -   | -    | -    | -   | 190                          | W1                   | } Estampa de cabeza y matriz de la industria de tornillos.<br>Estampa de prensado.<br>Moldes de iny.resist.a la corrosión<br>Herramientas de prensado para adornos. Estampas para monedas. |                                                                                                                   |
| 7              | 95 V 4.....      | 1.2815               | 0.95            | 0.3  | 0.4  | -   | -   | -    | 0.4  | -   | 190                          | W2                   |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 8              | 90 Cr 3.....     | 1.2056               | 0.9             | 0.2  | 0.3  | 0.8 | -   | -    | -    | -   | 195                          |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 9              | X 40 Cr 13.....  | 1.2083               | 0.4             | 0.4  | 0.3  | 13  | -   | -    | -    | -   | 210                          | 420                  |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 10             | 55 NiCr 10....   | 1.2718               | 0.55            | 0.2  | 0.4  | 0.6 | -   | 2.75 | -    | -   | 215                          | GF5                  |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 11             | X 45 NiCrMo 4... | 1.2767               | 0.45            | 0.25 | 0.5  | 1.3 | 0.2 | 4.0  | -    | 0.5 | 240                          |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 12             | X 165 CrMoV 12.. | 1.2601               | 1.65            | 0.3  | 0.3  | 12  | 0.6 | -    | 0.10 | 0.5 | 240                          |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| Ac.Trab.Cal.   |                  |                      |                 |      |      |     |     |      |      |     |                              |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 13             | 45 CrMoV 67...   | 1.2323               | 0.45            | 0.25 | 0.7  | 1.5 | 0.7 | -    | 0.3  | -   | 175                          |                      | H10<br>H11                                                                                                                                                                                 | Moldes de fundición a presión/Embutido } Estampas y matices de la ind.tornillos<br>Moldes de fundición a presión. |
| 14             | X 32 CrMoV 33... | 1.2365               | 0.32            | 0.3  | 0.3  | 2.8 | 2.8 | -    | 0.5  | -   | 165                          |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 15             | X 38 CrMoV 51... | 1.2343               | 0.38            | 1    | 0.4  | 5.3 | 1.5 | -    | 0.4  | -   | 210                          |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 16             | 45 CrMoV 58...   | 1.2603               | 0.45            | 0.6  | 0.4  | 2.0 | 0.5 | -    | 0.8  | 0.5 | 220                          |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 17             | X 30 WCrV 53.... | 1.2567               | 0.3             | 0.2  | 0.3  | 2.5 | -   | -    | 0.6  | 4.5 | 220                          |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 18             | 55 NiCrMoV 6..   | 1.2713               | 0.55            | 0.2  | 0.6  | 0.7 | 0.2 | 1.7  | 0.1  | -   | 220                          | GF2                  | GF3                                                                                                                                                                                        | Embutido a martillo.                                                                                              |
| 19             | 56 NiCrMoV 7..   | 1.2714               | 0.56            | 0.3  | 0.7  | 1.1 | 0.5 | 1.7  | 0.1  | -   | 220                          |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| Ac. Rápidos    |                  |                      |                 |      |      |     |     |      |      |     |                              |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| 20             | S 3-2-2.....     | 1.3333               | 0.95            | 0.25 | 0.3  | 4.5 | 2.5 | -    | 2.8  | 3.0 | 240                          |                      |                                                                                                                                                                                            | Moldes para adornos de cristal.<br>Estampa para tornillos de cabeza estriada (Phillis).                           |
| 21             | S 2-9-1.....     | 1.3346               | 0.8             | 0.25 | 0.3  | 4.0 | 9   | -    | 1.2  | 2.0 | 240                          |                      |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |

Tabla No. 3 Aceros utilizados en matrices para clavado en frío

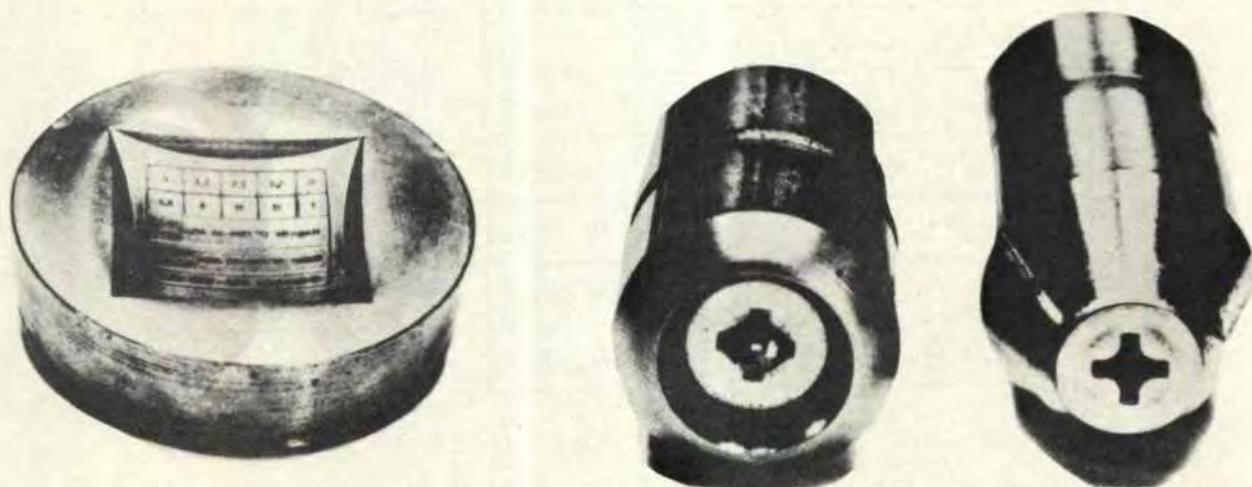
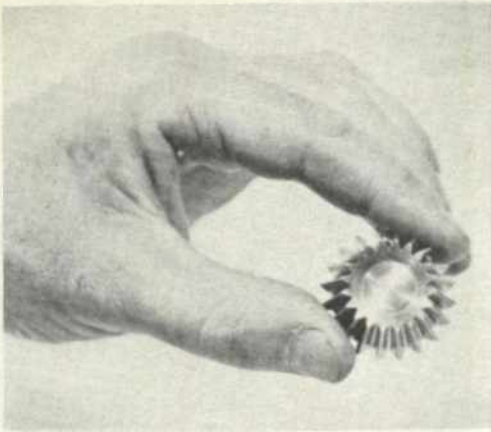
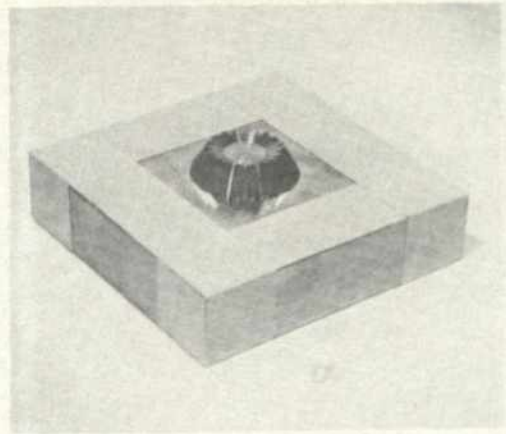


Fig. 16 Fabricación de matrices





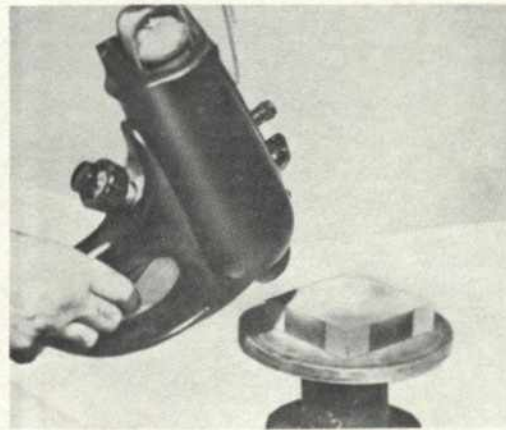
1



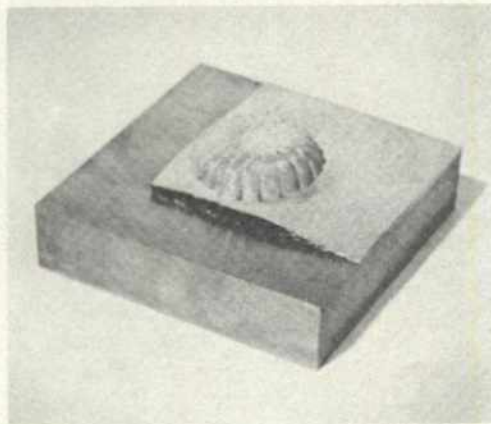
2



3



4



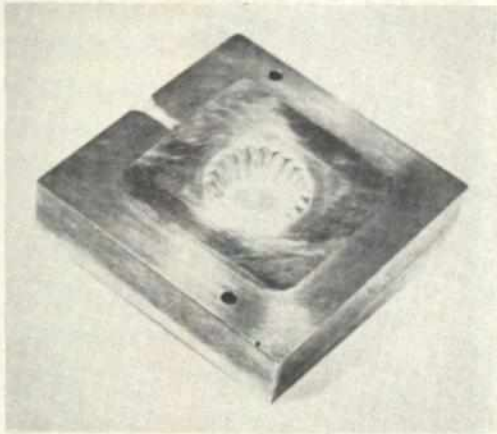
5



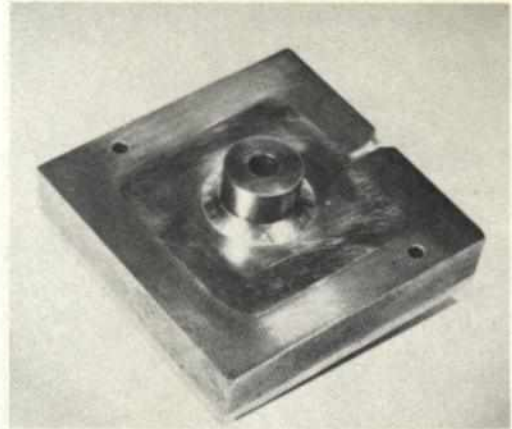
6

Fig. 17 Cavidades obtenidas por procesos de pulverización metálica

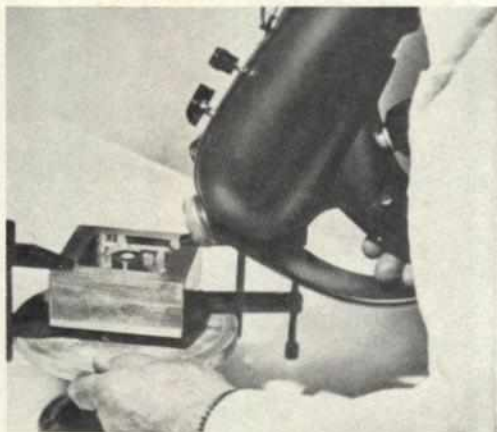




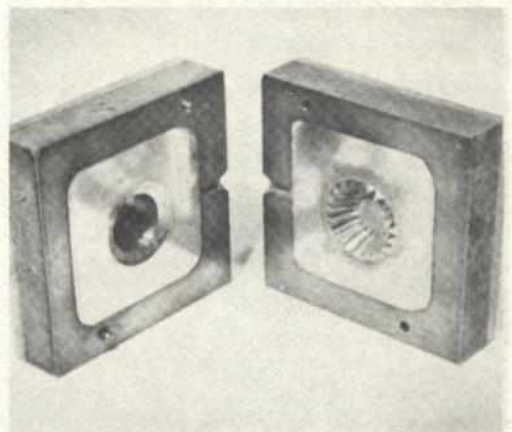
7



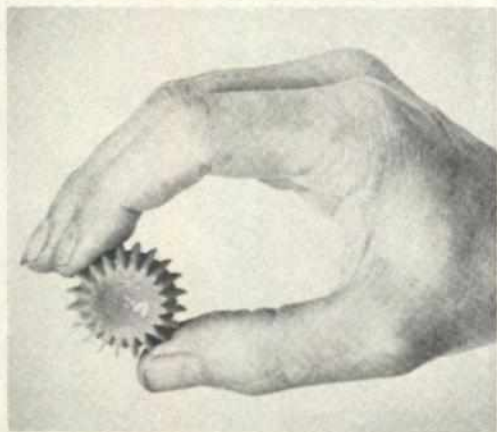
8



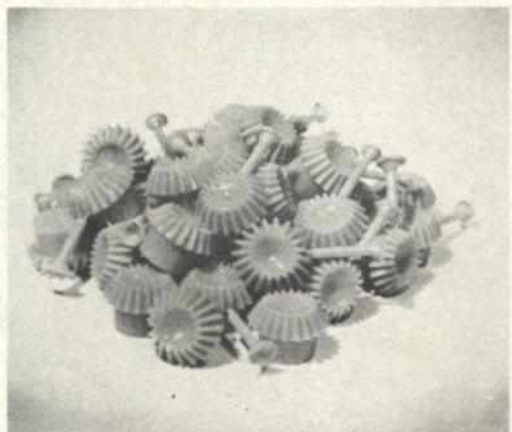
9



10



11



12

Fig. 18 Cavidades obtenidas por procesos de pulverización metálica



## 5 ANALISIS DE LOS COSTOS DE FABRICACION EN LA PRODUCCION DE MOLDES O HERRAMIENTAS PARA TRANSFORMAR PLASTICOS

### 5.1 Introducción

Por experiencia se ha podido comprobar que en la fabricación de las herramientas para transformar plásticos, el costo de los materiales utilizados en el molde, representan normalmente un 5% y hasta un 15% del costo total de la fabricación. Es indudable que los costos se pueden reducir, dependiendo del proceso utilizado en la fabricación, según lo tratado en la Sección 4; si bien mecanizar aceros bonificados con durezas Brinell por encima de 200 HB representa un costo elevadísimo, esto tendrá su compensación en el costo total del molde o cavidad, haciendo una comparación de los costos del material y fabricación, contra procesos utilizados en la construcción de cavidades para

moldes; se puede observar esta gran diferencia en la Fig. 19 y 20.

De todas maneras no se debe olvidar que los materiales más la fabricación, representan una parte de los costos totales del molde, ya que el productor de las piezas plásticas, es quien reconoce el verdadero valor de "SELECCIONAR ADECUADAMENTE LOS MATERIALES DE FABRICACION", esta decisión influye favorable o desfavorablemente en el futuro rendimiento del molde.

### 5.2 Distribución De Los Costos Totales De Un Molde o Herramienta

La distribución de los costos se puede observar esquemáticamente en la Fig. 20 (Según apreciación de Uddeholm Tooling). Visto en otra forma, se puede decir que en la construcción de herramientas se pueden distribuir los costos como los muestra la Fig. 21.

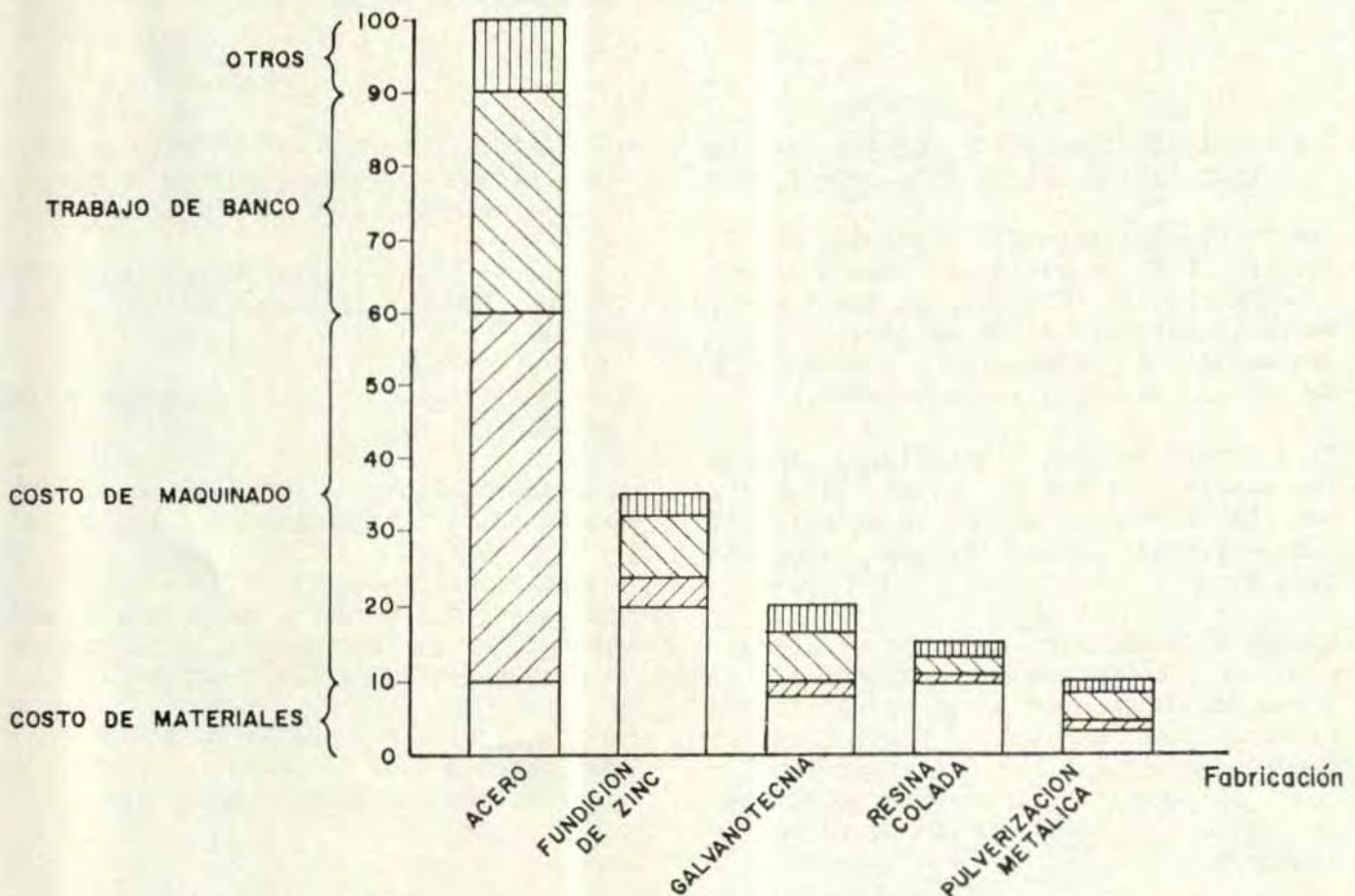


Fig. 19 Comparación de costos en la fabricación de cavidades para moldes





Fig. 20 El ICEBERG de los costos según UDDEHOLM TOOLING

### 5.3. Distribución De Los Costos En La Fabricación Del Molde o Herramienta

Dentro de los costos tratados en la Sección 5.2, la parte correspondiente a la construcción (Fig.21), es sin lugar a dudas la más difícil de analizar, especialmente lo concerniente a mecanizado de partes, reformas e imprevistos.

El análisis de costos detallados en la fabricación del molde, puede llegar a ser tan complejo, que en la práctica es poco utilizado por el tiempo requerido para ello.

Cuando es necesario hacer una desagregación de las partes que componen la fabricación de un molde, con el objeto de calcular los costos, se puede optar en términos generales por una distribución como lo muestra el esquema de la Fig. 22, para la construcción de moldes de inyección.

A continuación se muestran algunas consideraciones que deben tenerse en cuenta para la determinación de dichos costos:

- Amplio y suficiente conocimiento del diseño, funcionalidad del molde y sus partes.
- Identificación y cálculo de los materiales, (Ver Tabla 4.)
- Desagregación de procesos que intervienen en la fabricación (Ver Tabla 5.)
- Determinación aproximada de los tiempos previstos (para el pre-cálculo) empleados en la fabricación, derivados de la desagregación de los procesos.
- Precálculo del valor de la fabricación obtenido de los puntos b y c, se ilustra con un ejemplo en la Tabla 5.



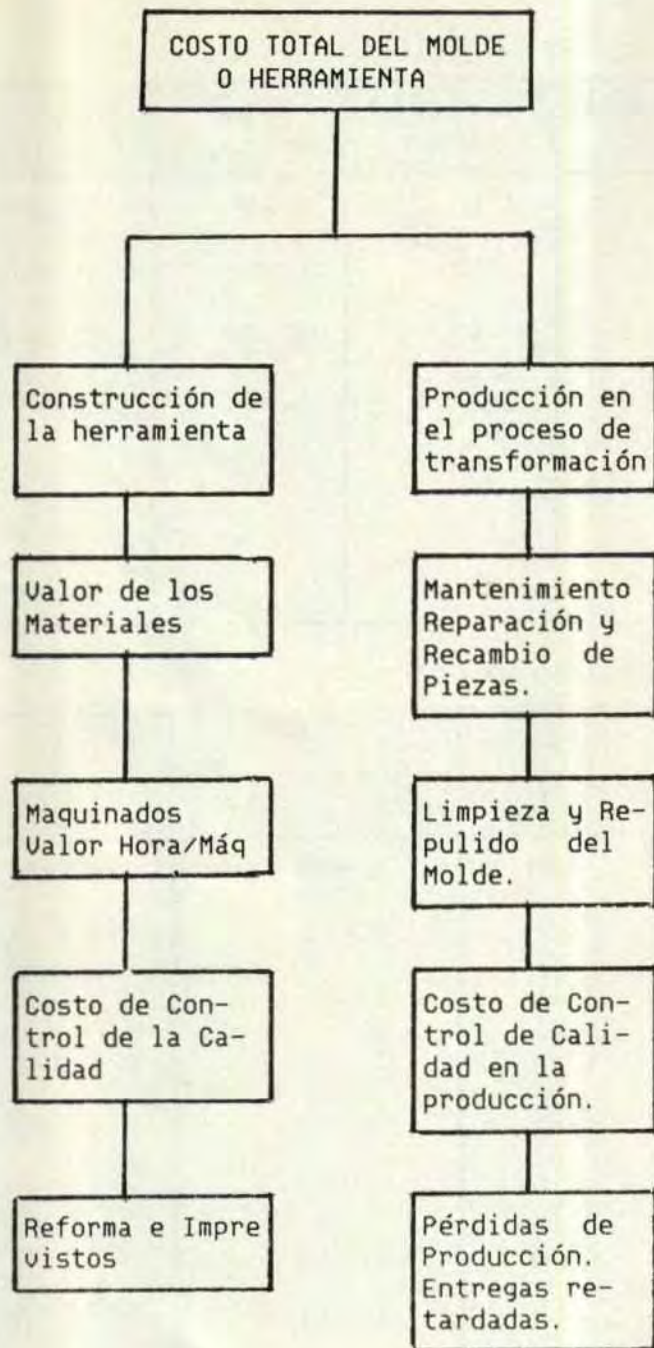


Figura 21. Distribución del costo total de las herramientas o moldes.

#### 5.4 Costo Del Control De Calidad

El control de la calidad en la fabricación de moldes, tiene tanta importancia en la construcción de la herramienta como en las piezas plásticas producidas.

Un molde con problemas de calidad en sus partes o conjunto, influye negativamente en el rendimiento de éste, puesto que la producción se verá afectada por mantenimiento y recambio de piezas prematuro, pérdidas de producción, etc., por consiguiente, es imposible desligar los costos causados por el control de la calidad, (C.C.) de los costos totales del molde ( Ver Fig. 21 ).

Por la importancia que tiene el C.C. en la fabricación y producción, se puede hacer una distribución esquemática de los costos de C.C. mostrados en la Fig. 23.

En cualquier sistema económico, el objetivo es minimizar el costo total de fabricación; por esta razón la mejor forma de analizar estos efectos, es integrándolos en una gráfica que muestre su comportamiento, en función del número de piezas defectuosas que podrían producirse.

En él se puede observar los siguientes detalles:

##### a. Costos de prevención

Si se quiere disminuir el % de defectuosos, es preciso invertir en la prevención de los defectos mediante un mayor control en la línea de producción, arreglo de equipos, etc., lo cual implica un aumento en los costos de prevención. Sin embargo, se puede observar en la gráfica una zona, en la cual no se justifica incrementar los costos de prevención, puesto que el % de defectuosos es tan bajo, que continuar previniendo defectos implicaría un aumento innecesario de los costos totales.

f. Post-cálculo obtenido de los tiempos directos (reales) de fabricación, cuyos valores darán el costo efectivo de fabricación.



TABLA No. 4

CALCULO DE LOS MATERIALES

| No. | Descripción de los Materiales     | Unidad de Medida | Cantidad | Valor Unitario | Total Parcial |
|-----|-----------------------------------|------------------|----------|----------------|---------------|
| 1   | AC. 1045 $\varnothing$ 20x300x420 | Kg.              | 16.3     | 850            | 13.855        |
| 2   | AC P20 $\varnothing$ 20x          | Kg.              | 10.      | 3.800          | 38.000        |
| 3   | AC 8620 $\varnothing$ 40x380      | Kg.              | 12.      | 2.700          | 32.400        |
| 4   | AC Plata W1 $\varnothing$ 8       | Kg.              | 2.6      | 1.900          | 4.940         |
| 5   | Tornillería                       | Unid.            | 45       | 150            | 6.750         |
| 6   | Otros materiales                  |                  |          |                | 2.600         |
|     | T O T A L                         |                  |          |                | 98.545        |

TABLA No. 5

DESAGREGACION DE PROCESOS

| No. | Descripción de los procesos |    | Horas o Kilos | Tarifa \$hora/máquina \$Valor/kilo | Total Parcial |
|-----|-----------------------------|----|---------------|------------------------------------|---------------|
| 1   | Corte del Material          | Ma | 5 h           | 3.000                              | 15.000        |
| 2   | Limadora                    | Ma | 28 h          | 4.625                              | 129.500       |
| 3   | Fresado corriente           | Fc | 58 h          | 6.625                              | 384.250       |
| 4   | Fresado especial            | Fe | 15 h          | 8.625                              | 129.375       |
| 5   | Torneado corriente          | Tc | 38 h          | 5.750                              | 218.500       |
| 6   | Torneado Especial           | Te | 8 h           | 7.125                              | 57.000        |
| 7   | Rectificado Plano           | Rp | 12 h          | 8.375                              | 100.500       |
| 8   | Rectificado cilíndrico      | Rc | 6 h           | 8.625                              | 51.750        |
| 9   | Electroerosión              | Ee | 4 h           | 11.375                             | 45.500        |
| 10  | Tratamiento Térmico         | Tt | 30 K          | 4.750                              | 142.500       |
| 11  | Ajuste montaje de Precisión | Ap | 40            | 4.625                              | 185.000       |
| 12  | Trabajo en Banco            | B  | 28            | 3.500                              | 98.000        |
| 13  | Soldadura especial          | S  | 1             | 7.500                              | 7.500         |
|     | T O T A L E S               |    | 243 H         |                                    | 1.564.375     |



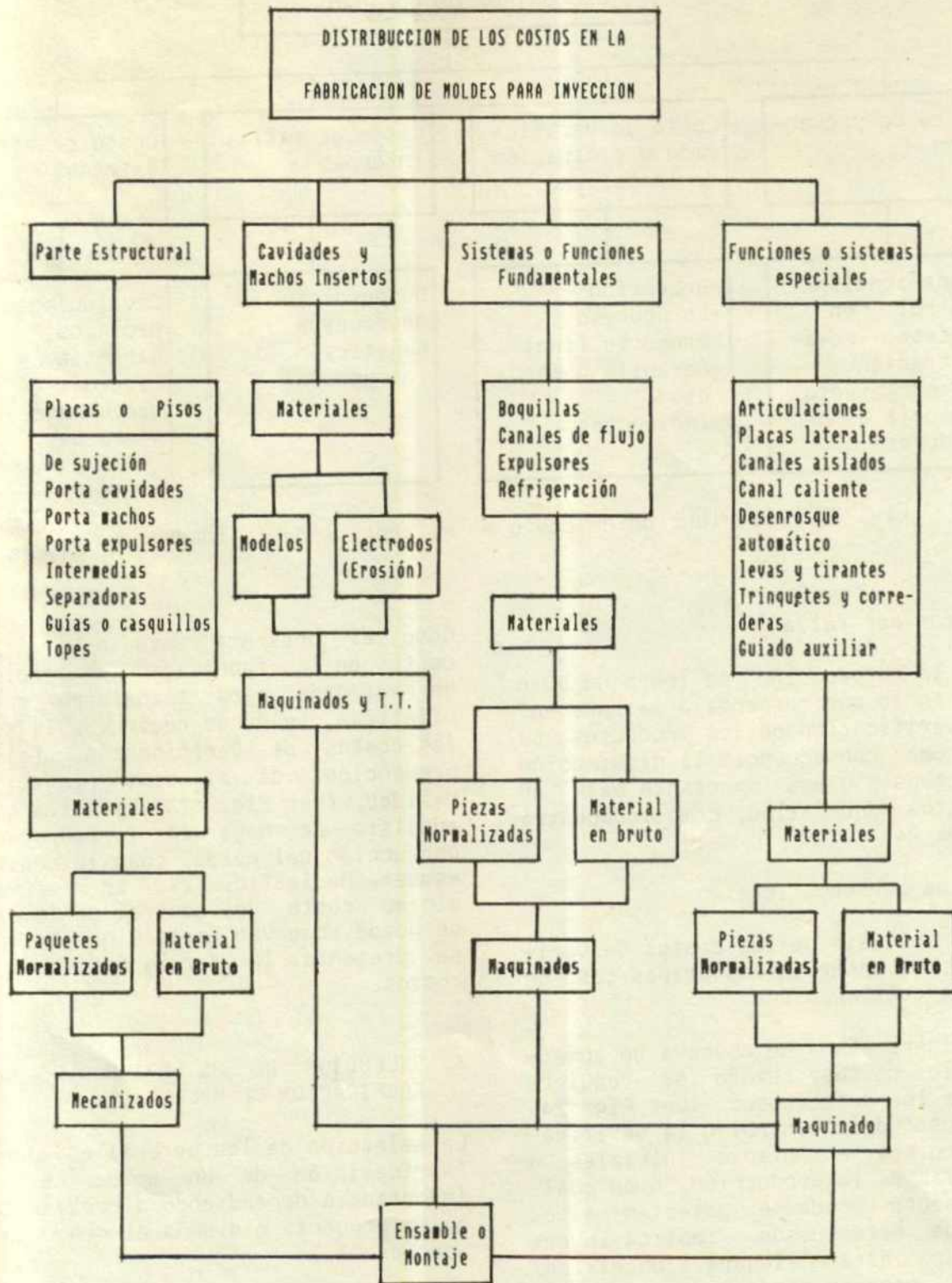


Fig. 22 Distribución de costos en el control de la calidad





Fig. 23 Distribución de costo en el control de calidad

#### b. Costos por fallas

Si en la producción se logra un buen control en lo que respecta a la prevención y verificación de los productos, se logra como consecuencia la disminución de defectuosos y una importante baja en los costos por fallas, como lo muestra la figura 24.

#### c. Costos por verificación

Para el análisis de los costos de verificación, se observan dos etapas como se explica a continuación:

En la primera etapa se observa un aumento de los costos, cuando se requiere disminuir los defectuosos. (Ver Fig. 24) Un aumento del control y la verificación, bien sea en etapas iniciales o intermedias de la producción, o en cualquier momento donde se detecten altos índices de defectuosos, implica inversión; pero ésta llegará a un máximo, cuando el proceso esté bajo control y el porcentaje de defectuosos empiece a disminuir y por consiguiente, bajen los costos de verificación.

Como el presente estudio, analiza los costos en la fabricación de moldes o herramientas para transformar materias plásticas, se puede decir que la suma de los costos de verificación, fallas y prevención, da el costo total de la calidad, (Ver Fig. 23) bien sea que su análisis se haga en la fabricación o producción del molde, como lo muestra el esquema de la fig. 21. En resumen el mínimo costo del control de la calidad se puede observar en la Fig. 24, donde se presenta la mezcla óptima de estos costos.

#### 6. SELECCION DE LOS MATERIALES PARA LA FABRICACION DE MOLDES

La selección de los materiales para la fabricación de un molde, es de gran importancia dependiendo directamente de quien proyecta o diseña el producto. (Ver sección 2).

El proyectista desea que tanto la geometría, calidad y acabados finales de las piezas plásticas, estén dentro de



los límites acordados con los departamentos de ventas y calidad; por lo tanto aunque la responsabilidad mayor esté en el departamento de diseño, es importante conocer las inquietudes del proyectista en lo que respecta a geometría, tolerancias, tipo de plástico a utilizar, cantidades a fabricar, etc.

Como se expuso anteriormente, es importante compartir esta responsabilidad no sólo con el proyectista, sino también con el fabricante (Ver Sección 2.3),

puesto que en esta sección se manejan los procesos de transformación de los materiales del molde, y existen parámetros como "MAQUINABILIDAD, TRATAMIENTO TERMICO Y PULIMENTABILIDAD", que no sólo tienen que ver con la economía de fabricación, sino también con los acabados finales de las piezas. Por lo tanto, una concertación para la selección de los materiales de fabricación, es conveniente teniendo en cuenta funciones y limitantes de cada departamento.

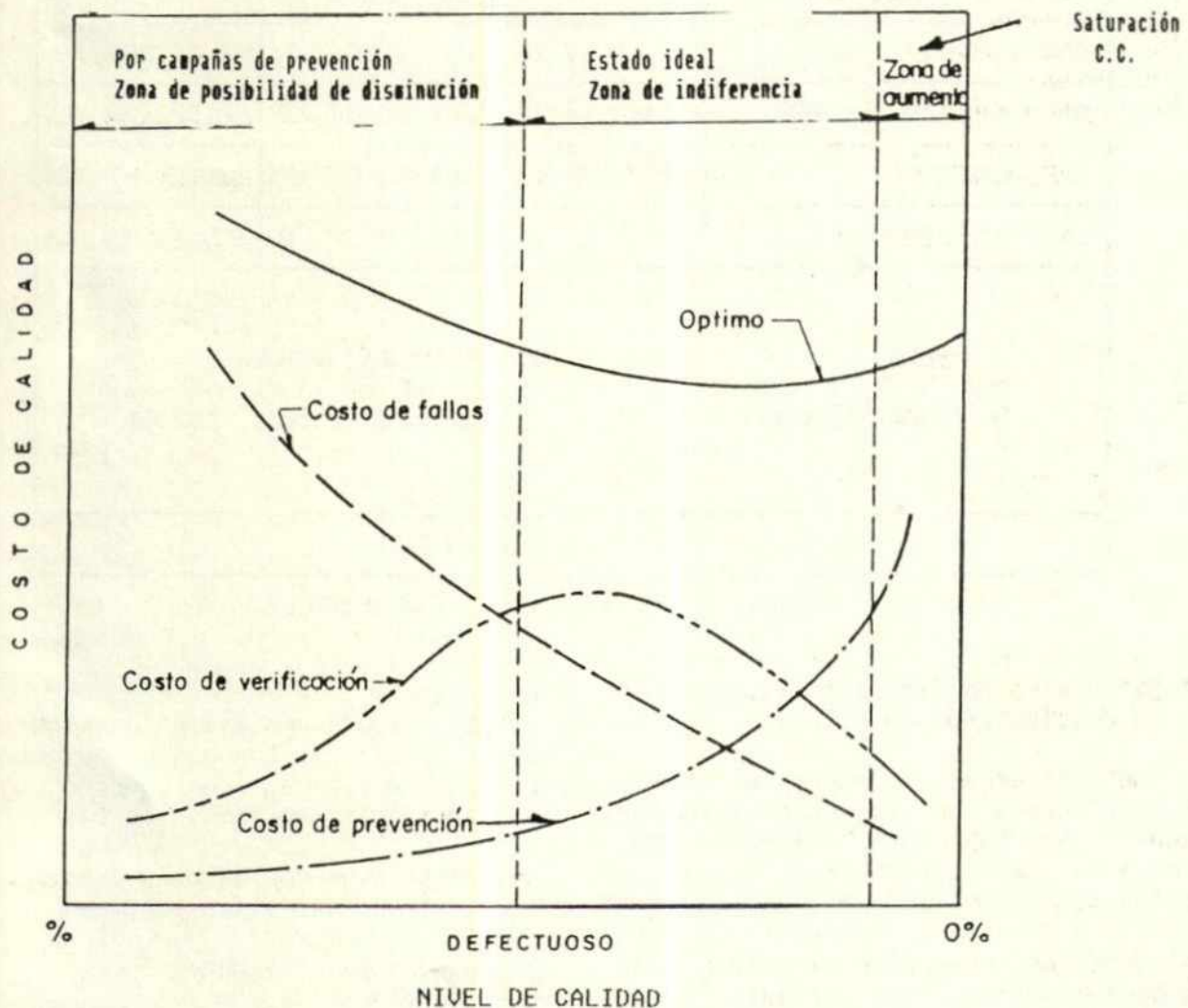


Fig. 24



| COMPOSICION EN %                                                                                                                   | Be 0,45-0,75<br>Co 2,35-2,70<br>Cu Rest | Be 1,90-2,75<br>Co 0,35-0,65<br>Cu Rest | Be 2,50-2,75<br>Co 0,35-0,65<br>Cu Rest |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Kg/m <sup>3</sup> DENSIDAD                                                                                                         | 8026                                    | 8090                                    | 8090                                    |
| CONDUCTIVIDAD TERMICA W/mK                                                                                                         | 0,21-0,23                               | 0,10-0,12                               | 0,09-0,11                               |
| MODULO DE ELASTICIDAD N/mm <sup>2</sup>                                                                                            | 120000                                  | 127000                                  | 130000                                  |
| ESTADO DEL MATERIAL                                                                                                                | I II III IV                             | I II III IV                             | I II III IV                             |
| RESISTENCIA A TRACCION N/mm <sup>2</sup>                                                                                           | 350 460 330 670                         | 520 840 420 1120                        | 650 870 650 1150                        |
| LIMITE ELASTICO 0,2% N/mm <sup>2</sup>                                                                                             | 140 260 110 530                         | 280 730 170 1050                        | 350 770 240 1000                        |
| DILATACION % SOBRE 50 mm ML                                                                                                        | 20 12 25 6                              | 15 2 35 1                               | 10 2 10 1                               |
| FUERZA ROCKWELL BC                                                                                                                 | B52 B70 B40 B96                         | B81 C30 B63 C43                         | B88 C31 B85 C46                         |
| DUREZA BRINELL Ø10 mm ESFERA                                                                                                       | 850 1100 720 2060                       | 1420 2860 990 4080                      | 1680 2940 1540 4420                     |
| DUREZA VICKERS                                                                                                                     | 980 1250 840 2230                       | 1540 3040 1110 4280                     | 1830 3120 1670 4650                     |
| CONDUCTIVIDAD ELECTRICA n/mm <sup>2</sup>                                                                                          | 18 24 11,5 25,5                         | 8,5 10 8,5 10                           | 8,5 9,1 5,5 8,6                         |
| <div>I FUNDIDO</div> <div>II FUNDIDO Y TEMPLADO</div> <div>III FUNDIDO Y RECOCIDO</div> <div>IV FUNDIDO-RECORRIDO Y TEMPLADO</div> |                                         |                                         |                                         |
| PROPIEDADES ANALIZADAS A 20°C                                                                                                      |                                         |                                         |                                         |

TABLA No. 6 DATOS TECNICOS DEL COBRE AL BERILIO

### 6.1 Materiales No Ferrosos Utilizados En La Construcción De Moldes

Ya que los aceros no cubren el 100% de las necesidades en la fabricación de moldes, es importante conocer otros materiales de construcción, con sus propiedades y limitaciones.

Las ventajas generalmente vienen dadas por la economía en mecanizados, buenas propiedades de transferencia de calor, resistencia mecánica, dureza aceptable,

resistencia a la corrosión y choques térmicos; como desventaja en nuestro medio, se puede nombrar los costos de material, dificultad en su consecución y que no son aplicables en todos los casos.

Los materiales no ferrosos usados en la construcción de moldes son:

- Aleaciones de cobre
- Aleaciones de zinc
- Aleaciones de aluminio
- Aleaciones de estaño - bismuto
- Resinas fundidas.



### a. Aleaciones de cobre

La utilización del cobre como material de fabricación en moldes, se fundamenta en las grandes propiedades de conducción del calor, ductibilidad e insensibilidad a los choques térmicos.

Dentro de las aleaciones más comunes aplicadas en la fabricación, se pueden contar las de cobre al berilio - CuBe- y cobre cobalto - CuCo.

Otras aleaciones pueden ser a base de Cr y Zn., pero la aleación más usual para moldes es Cu, Be, Co, cuyas propiedades y características se pueden ver en la tabla 6.

Las ventajas de las aleaciones Cu, Be, Co son :

- Buena resistencia mecánica hasta 1200 Nw/mm<sup>2</sup> (Ver tabla 6).
- Durezas logradas mediante tratamientos térmicos hasta  $\approx 46$  Rc y mediante cromado duro puede aumentar su dureza superficial a 60 Rc.
- Grandes propiedades para transferencia de calor; con esto se logra un mejor rendimiento del molde.
- Insensible a los choques térmicos.
- Permite soldadura bajo condiciones adecuadas de precalentamiento  $\approx 300$  grados C. y electrodos.
- Tienen también aplicación como electrodos para electroerosión.
- Pueden ser mecanizados fundidos y para procesos de clavado en frío, es posible hacerlo en caliente a temperaturas entre 600 - 800 grados C.
- Se pueden usar insertos o cavidades para moldes de inyección, soplado y extrusión. (Ver Fig. 25)

Las desventajas que pueden nombrarse son:

- Alto costo de los materiales.
- Difícil consecución en el comercio.
- En caso de alta dureza, se comprueba sensibilidad en las aristas vivas de los moldes. Por eso para ciertos casos las durezas recomendables están entre 35 -40 Rc.

### b. Aleaciones de zinc

Por baja resistencia mecánica, estas aleaciones tienen aplicación en moldes para investigación, para muestras, o series cortas.

Su aplicación se fundamenta en su bajo punto de fusión ( 390 grados C.) con temperaturas de colada entre 410 y 450 grados C., lo cual permite una fácil y económica fabricación de los moldes fundidos. (Ver tabla No. 7).

Tienen buena conductividad térmica, y pueden fabricarse cavidades por el proceso de clavado en frío con precalentamientos entre 200 y 250 grados C.

Las propiedades mecánicas y características de estas aleaciones se pueden ver en la Tabla 8.

### c. Aleaciones de aluminio

La utilización de las aleaciones de aluminio para la fabricación de moldes tiene importancia en la construcción de moldes para:

- Soplado de envases en general.
- Soplado de envases o recipientes en P.V.C.
- Construir empaques de icopor (Poliestireno expandido).
- Para inyectar suelas y zapatos deportivos.
- Para conformar piezas en caucho como la empaquetadura usada en la industria automotriz.
- Moldes de gran tamaño susceptibles de ser fundidos.
- Unidades de calibración en la obtención de perfiles rígidos por extrusión.

La composición química más utilizada en la construcción de moldes es:

Zn  $\approx$  5.5%, Mg  $\approx$  2.5%, Cu  $\approx$  1.5%, Cr  $\approx$  0.3% y el resto Al.



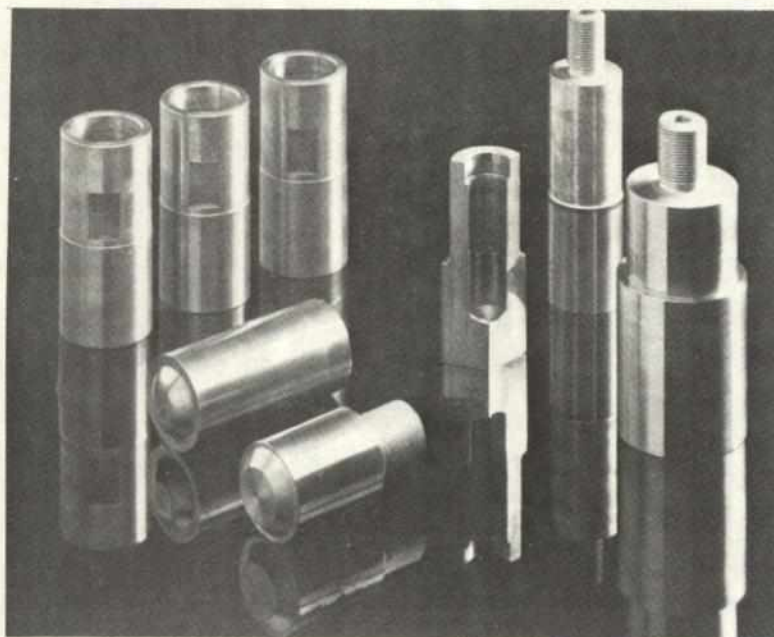
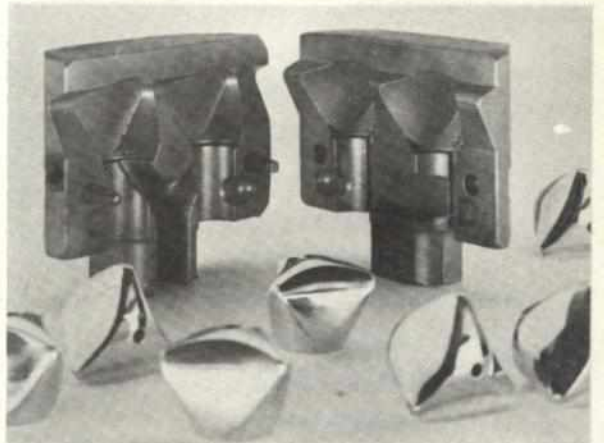
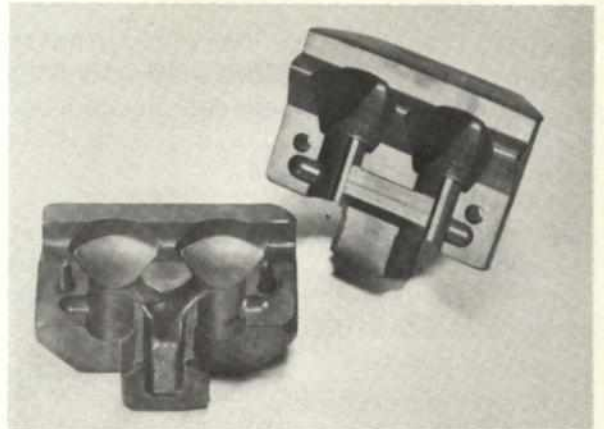
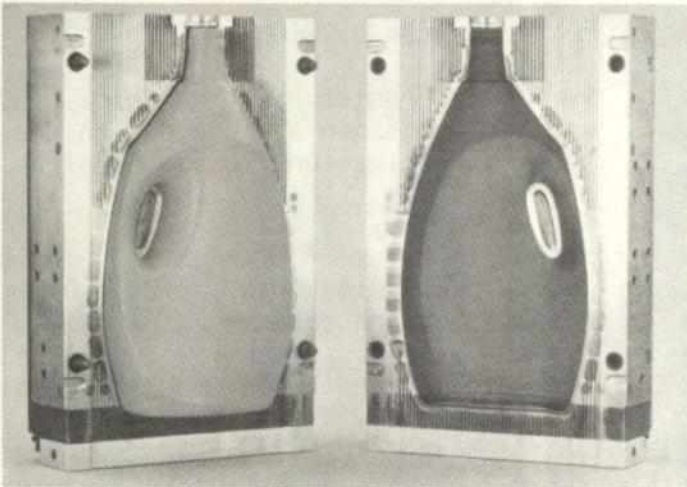


Fig. 25 Materiales no ferrosos en la construcción de moldes



ALEACIONES DE ZINC COMERCIALES EN COLOMBIA  
INFORMACION TECNICA

TABLA No. 7

| Propiedades físicas y mecánicas                    |          | Z-400<br>(ZAMAK 3)                                                                         | Z-410<br>(ZAMAK 5)                                               | Z-430<br>(ZAMAK 2)                                           | Z-610                                                 |
|----------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Composición                                        | Zn       | 96 %                                                                                       | 95 %                                                             | 93 %                                                         | 93 %                                                  |
|                                                    | Al       | 4 %                                                                                        | 4 %                                                              | 4 %                                                          | 6 %                                                   |
|                                                    | Cu       |                                                                                            | 1 %                                                              | 3 %                                                          | 1 %                                                   |
|                                                    | Otros    | Mg                                                                                         | Mg                                                               | Mg                                                           |                                                       |
| Normas correspondientes                            | SAE      | SAE 903                                                                                    | SAE 925                                                          |                                                              |                                                       |
|                                                    | DIN-1743 | GDZnA14                                                                                    | GDZnA1Cu1                                                        | GZnA14Cu3                                                    | GKZnA16Cu1                                            |
| Intervalo de fusión °C                             |          | 380-387                                                                                    | 380-387                                                          | 380-390                                                      | 377-379                                               |
| Temp. de fundición °C                              |          | 395-420                                                                                    | 395-420                                                          | 400-425                                                      | 400-450                                               |
| Densidad g/cm <sup>3</sup>                         |          | 6.6                                                                                        | 6.7                                                              | 6.8                                                          | 6.5                                                   |
| Conduct. elect. relativ.                           |          | 27                                                                                         | 26                                                               | 26                                                           | 26                                                    |
| Coef. de exp. lineal<br>cm/cm/°C x 10 <sup>6</sup> |          | 27                                                                                         | 27                                                               | 27                                                           | 27                                                    |
| Dureza Brinell                                     |          | 70-90                                                                                      | 80-100                                                           | 90-100                                                       | 80-100                                                |
| Resist. a la tracción<br>Kg / mm <sup>2</sup>      |          | 25-30                                                                                      | 27-32                                                            | 28-32                                                        | 20-28                                                 |
| Alargamiento (20%) %                               |          | 3-6                                                                                        | 2-6                                                              | 2-4                                                          | 1-4                                                   |
| Tipo de fundición y otras propiedades mecánicas.   |          | Fundición a inyección. Conserva bien las medidas. Poco resistente al desgaste y percusión. | Fundición a inyección. No muy resistente al desgaste y percusión | Fundición a inyección. Mas resistente que el Z-410           | Fundición a coquilla o arena.                         |
| Resistencia a la corrosión.                        |          | Resistente al agua de conducto y atmósfera normal.                                         | Resistente al agua fría y atmósfera normal.                      | Resistente al agua fría de conducto y atmósfera              | Resistente al agua fría de conducto y atmósfera       |
| Características para el moldeo.                    |          | Buena fluidez especialmente para inyección.                                                | Fácil de vaciar, tanto a inyección como en coquilla y arena.     | Fácil de vaciar, tanto a inyección como en coquilla y arena. | Fácil de vaciar en coquilla y eventualmente en arena. |
| Ejemplo de sus aplicaciones.                       |          | Piezas para autos<br>máquinas oficinas<br>cerraduras juguete                               | Piezas para autos<br>máquinas oficinas<br>cerraduras juguete     | Piezas para autos<br>máquinas oficinas<br>cerraduras juguete | Piezas de cierto tamaño y artículo de adorno-fantasi  |
| Disminución al modelo.                             |          | 1.2                                                                                        | 1.1                                                              | 1.1                                                          | 1.1                                                   |



Tabla No. 8

| DATOS TECNICOS DE LAS ALEACIONES DE ZINC |                               |                       |                   |                                          |                                             |                           |                                     |                                               |                                                 |
|------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Nombre de la Aleación                    | Densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) | Punto de fusión (°C.) | Concentración (%) | Dilatación Térmica (10 <sup>-6</sup> /K) | Resistencia a tracción (N/mm <sup>2</sup> ) | Dilatación(%) Sobre 50 mm | Dureza Brinell (N/mm <sup>2</sup> ) | Resistencia a compresión (N/mm <sup>2</sup> ) | Resistencia a cizalla-dura (N/mm <sup>2</sup> ) |
| Zamak                                    | 6700                          | 390                   | 1,1               | 27                                       | 220-240                                     | 1-2                       | 1000                                | 600-700                                       | 300                                             |
| Kirkcaldie A                             | 6700                          | 380                   | 0,7-1,2           | 27                                       | 226                                         | 3                         | 1000                                | 420-527                                       | 246                                             |
| Kayen                                    | 6700                          | 380                   | 1,1               | 28                                       | 236                                         | 1,25                      | 1090                                | 793                                           | -                                               |
| Kayen 2                                  | 6600                          | 358                   | 1,1               | -                                        | 149                                         | sehr niedrig              | 1450-1500                           | 685                                           | -                                               |

Sus propiedades pueden estar entre:

Resistencia a la tracción  $S_u \approx 520 \text{ Nw/mm}^2$

Límite elástico 0.2%  $S_y \approx 450 \text{ Nw/mm}^2$

Dilatación  $\delta \approx 9\%$

Durezas alcanzadas hasta HB  $\approx 145$  Brinell.

Ventajas de las aleaciones de Al en la producción de moldes

- Buena conductividad térmica; 4 veces la del acero.
- Baja densidad y por consiguiente menos peso para un mismo volumen, comparada con el acero es aproximadamente la tercera parte.
- Aunque el costo del material es mayor que el del acero, este factor tiene su compensación en los tiempos de fabricación por su buena maquinabilidad.
- Resistentes a la corrosión, especialmente para moldes que transforman P.V.C.
- Excelentes propiedades para obtener acabados superficiales con brillo al espejo.
- Se puede lograr durezas superficiales entre 60 a 70 Rc, mediante el anodizado y cromado duro, pero a costa de una disminución de la conductividad térmica.

Desventajas de las aleaciones de aluminio

- Precio relativamente alto (compensado con el mecanizado).
- Relativamente difícil su consecución en nuestro medio.
- Limitados sus valores de resistencia y dureza, por lo tanto limitada su aplicación.

#### d. Aleaciones de estaño bismuto (SnBi)

En la Sección 4 numeral "f", se trataron los procesos de fabricación para moldes y cavidades por medio de la pulverización metálica - Proceso MCD - utilizando aleaciones SnBi, algunas con cadmio, antimonio y plomo.

Estas aleaciones se caracterizan por su bajo punto de fusión  $\approx 170$  grados C.), de manera que la masa líquida en un recipiente pueda ser pulverizada a través de una pistola introduciendo aire a presión (Ver Fig. 18)

Estos materiales se aplican en la construcción de moldes para :

- Piezas de poliuretano blando y rígido.
- Inyección para series cortas o muestras.



- Soplado y termoconformado
- Inyección de parafina
- Inyección de precisión de piezas de un mismo tipo, usando las mismas piezas como modelo.

Las ventajas que pueden registrarse son:

- Rápida y fácil fabricación de los moldes
- Buena precisión de la geometría de las piezas.
- Por su bajo punto de fusión puede ser fácilmente fundido, utilizando modelos metálicos u otros materiales de fácil mecanizado, inclusive piezas originales.

Como desventajas se pueden nombrar:

- Alto costo del equipo y el material para ejecutar el proceso.
- Baja resistencia mecánica de las superficies de moldeo, y por tanto aplicación limitada a series cortas o muestras rápidas.

Las propiedades y características se pueden observar en la Tabla 9

#### e. Resinas fundidas

Existen muchas calidades de resinas en el mercado, pero las más utilizadas para

la fabricación no sólo de herramientas para transformar plástico, sino también para troqueles de conformado y embutido, son las conocidas "Resinas Epóxicas", cuyas propiedades mecánicas y características, se pueden observar en el catálogo Tooling Resins: Araldite Epoxy Resins, publicado por CIBA-GEIGY.

Las ventajas o desventajas que pueden anotarse son muy parecidas a las estudiadas en las aleaciones Sn - Bi, pero se diferencia del procedimiento usado en la fabricación de la cavidad o molde, este se realiza mediante colada como se muestra en el catálogo Tooling Resins, anteriormente descrito.

#### 6.2 Los Aceros En La Fabricación De Moldes

Cuando se trata de fabricar moldes de alta producción, que reúna buenas propiedades mecánicas de resistencia y desgaste, acompañado de excelentes propiedades para el pulimento al espejo, es indudable que se deba pensar en los aceros; puesto que existe una gran variedad, se puede hacer una simplificada clasificación de los aceros, antes de ubicar las calidades más utilizadas en la fabricación de moldes (Ver tablas Nos. 10 y 11

DATOS TECNICOS DE LAS ALEACIONES SnBi

| Nombre de la Aleación | Densidad (kg/m <sup>3</sup> ) | Punto de Fusión (°C) | Calor Específico (kJ/kg) | Dilatación Térmica (10 <sup>-6</sup> /K) | Conductividad Térmica (W/mK) | Dureza Brinell (N/mm <sup>2</sup> ) | Resistencia a fisuras (N/mm <sup>2</sup> ) | Dilatación lineal en carga (‰) | Resistencia max. de carga (N/mm <sup>2</sup> ) | Análisis Químico % Bi %Sn |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------|
| Cerrotru              | 8640                          | 138                  | 1,88                     | 15                                       | 21                           | 220                                 | 56                                         | 200                            | 3,5                                            | 58 42                     |
| Cerrocass             | 8160                          | 138-170              | 1,97                     | 15                                       | 38                           | 220                                 | 56                                         | 200                            | 3,5                                            | 40 60                     |

Tabla No. 9



Tabla No. 10 Aceros para herramientas - equivalencias

|                                   | D I W  |                 | AISI    | ATLAS         | VEW/BOEHLER       | THYSSEN         | ROCHLING  | ASSAB/UHB        | S.K.F. |
|-----------------------------------|--------|-----------------|---------|---------------|-------------------|-----------------|-----------|------------------|--------|
|                                   | Número | Símbolo         |         |               |                   |                 |           |                  |        |
| PARA<br>TRABAJO<br>EN FRIO        | 1.2510 | 100 Mn Cr W 4   | O1      | Keewatin      | K460/Amutit S     | Thyrodur 2510   | RUS-3     | DF - 2/Arne      | -      |
|                                   | 1.2842 | 90 Mn Cr V 8    | O2      | -             | K720              | " 2842          | RCC ESP   | -                | 2842   |
|                                   | 1.2363 | X100 Cr Mo V5-1 | A2      | Cromoloy      | K305              | " 2363          | RKCM      | XW10/Rigor S1    | 2363   |
|                                   | 1.2379 | X155Cr VMo 12-1 | D2      | FMS           | K105              | " 2379          | RCC Supra | XW41/Sverker 21  | 2379   |
|                                   | 1.2080 | X210 Cr 12      | D3      | Cromo Special | K100              | " 2080          | RCC-0     | XW1/Sverker 1    | 2080   |
|                                   | 1.2436 | X210 CrW12      | -       | NM            | K107              | " 2436          | RCC-Extra | XW5/Sverker 3    | 2436   |
|                                   | -      | -               | D4      | NM            | Special KV-4      | -               | -         | -                | -      |
|                                   | 1.2235 | 80 Cr V2        | -       | -             | B 400             | " 2235          | -         | Serator Red-D    | -      |
|                                   | 1.2550 | 60 W CrV7       | -       | -             | K 455             | " 2550          | -         | -                | -      |
|                                   | 1.2542 | 45 WCr V7       | S1      | Falcon 6      | K 450             | " 2542          | RTWK      | M4/Regin 3       | -      |
|                                   | -      | -               | S7      | -             | -                 | -               | -         | S7               | -      |
|                                   | 1.1545 | C105 W1         | W1      | -             | K990              | " 1545          | RT 10     | - /20            | ~100E  |
|                                   | 1.2833 | 100 V1          | W2      | ASA 10        | -                 | " 2833          | -         | -                | -      |
|                                   | 1.2210 | 115 Cr V 3      | L2      | -             | K510              | " 2210          | -         | -                | -      |
|                                   | 1.2067 | 100 Cr 6        | L3      | -             | K200              | " 2067          | -         | -                | 2067   |
|                                   | 1.2713 | 55NiCrMoV6      | L6      | -             | - /W501           | -               | -         | -                | 2713   |
|                                   | 1.2721 | 50NiCr13        | -       | -             | K605              | " 2721          | -         | M14 /Grane       | -      |
|                                   | 1.2718 | 55NiCr10        | -       | -             | -                 | " 2718          | -         | -                | -      |
| PARA<br>TRABAJO<br>EN<br>CALIENTE | 1.2567 | X30WCrV5-3      | -       | -             | W 105             | Thyrotherm 2567 | -         | -                | -      |
|                                   | 1.2365 | X32CrMoV3-3     | H10     | -             | W320              | " 2365          | RPG-3     | -                | 2365   |
|                                   | 1.2343 | X38CrMoV5-1     | H11     | -             | W300              | " 2343          | RDC-2     | QRO 80           | 2343   |
|                                   | 1.2606 | X37CrMoW5-1     | H12     | Crodi         | - /W304           | " 2606          | RDC-1     | -                | -      |
|                                   | 1.2344 | X40 CrMoV5-1    | H13     | Crovan        | W302              | " 2344          | RDC-2V    | 8407/Orvar 2M    | 2344   |
| MOLDES<br>PARA<br>PLASTICOS       | -      | -               | -       | -             | W321              | -               | -         | -                | -      |
|                                   | 1.2341 | X6CrMo 4        | P4      | -             | - /M150           | Thyroplast 2341 | -         | 8416 /Premu-Esu  | -      |
|                                   | 1.2735 | 15 Ni Cr 14     | P6      | -             | M120              | " 2735          | -         | -                | -      |
|                                   | 1.2162 | 21 MnCr 5       | -       | -             | M100              | " 2162          | -         | - /Prexi         | 2162   |
|                                   | 1.2311 | 40CrMnMo7       | P20     | Mold Special  | M210/Plastic K456 | " 2311          | Moulrex-A | 718 /Impax       | 2311   |
|                                   | 1.2083 | X40Cr 13        | 420 Mod | 420 PQ        | M310              | " 2083          | -         | Stavax           | 2083   |
|                                   | 1.2312 | 40CrMnMo S8-6   | P20 - S | -             | M200              | " 2312          | BP - 42   | -                | -      |
|                                   | 1.3343 | S-6-5-2         | M2      | -             | S600              | Thyrapid 3343   | -         | HSP 41/Castor 32 | 3343   |



### 6.3 Criterios De Selección de Aceros Para Moldes

Existen variedad de criterios para seleccionar aceros utilizados en la fabricación de moldes, pero sin lugar a dudas las consideraciones más importantes y que a su vez se pueden calificar como etapas de la selección son:

6.3.1 Materia prima de la pieza que va a procesarse, PVC, P.A. Espumados, resinas fenólica, etc.

6.3.2 Análisis de los esfuerzos que soportarán el molde y sus partes.

6.3.3 Tipo de molde o herramienta a fabricar: Inyección, soplado, extrusión, prensado, etc.

6.3.4 Tamaño del molde.

6.3.5 Diseño de la herramienta o molde.

Según los sistemas componentes estudiados en la sección 3.2.

6.3.6 Análisis del sistema de refrigeración.

6.3.7 Disponibilidad comercial de partes normalizadas o material en bruto.

### 6.4 Propiedades y Características a Considerar en la Aleación De Los Aceros Para Moldes

Dentro de los criterios para la selección de aceros, es necesario conocer las propiedades y características que estos materiales deben reunir en los procesos productivos, esto se logra mediante el análisis de esfuerzos y exigencias, a que deben estar sometidos los moldes y sus partes, para lo cual es de vital importancia un perfecto conocimiento de su diseño y funcionalidad, normalmente los materiales utilizados en la construcción de moldes deben cumplir con las siguientes características:

a. Resistencia al desgaste

b. Resistencia a la compresión

c. Resistencia a la corrosión

d. Pulimentabilidad

e. Aceptable conductividad térmica.

la combinación de estas propiedades darían al molde las mejores condiciones de trabajo y durabilidad, aunque en ciertos casos especiales, donde se requiere una mayor resistencia a la corrosión por ataque químico, como la transformación de plásticos a base de PVC (Cloruro de Polivinilo), se genera muy fácilmente HCL en la zona de trabajo.

Puede suceder también la descomposición química, cuando la temperatura del proceso sobrepasa los valores admisibles de plastificación y se quema el material, formando ácidos orgánicos e inorgánicos, que atacan químicamente las superficies del molde y lo deterioran.

Otros tipos de plásticos requieren un acabado superficial extra pulido (Pulido al espejo); por consiguiente las propiedades pueden ser una combinación de todas o parte de ellas. (Ver Tabla 13 y 14).

a. Resistencia al desgaste

La resistencia al desgaste requerida dependerá del tipo de plásticos o resina a procesar, agentes de relleno y aditivos, como también de la cantidad de piezas plásticas previstas en la producción.

Esta resistencia podrá ser mejorada utilizando aceros pretemplados, bien sea bonificados, cementados o temple total, se les practica un proceso extra de revestimiento superficial, a base de nitruros de titanio NTi (Deposición Física o Química en fase de Vapor PVD o CVD) o el proceso de difusión como es la nitruración (TENIFER).



Tabla No. 11

## ACEROS INOXIDABLES

|               | D I N  |                | AISI  | ATLAS | VEW/BOEHLER | THYSSEN      | ROCHLING  | ASSAB/UHB | SIDELPA | SKF |
|---------------|--------|----------------|-------|-------|-------------|--------------|-----------|-----------|---------|-----|
|               | Número | Símbolo        |       |       |             |              |           |           |         |     |
| AUSTENITICOS  | 1.4305 | X12CrNi 18-8   | 303   | -     | A506        | Remanit 4305 | Anoxin 1A | 973       | -       | -   |
|               | 1.4301 | X5CrNi 18-9    | 304   | 304   | A500        | " 4301       | Anoxin 2P | 911       | 304     | -   |
|               | 1.4306 | X2CrNi 18-9    | 304 L | -     | A604        | " 4306       | -         | -         | -       | -   |
|               | 1.4841 | X15CrNi 25-20  | 310   | -     | H525        | Thermax 4841 | NH-22     | 914       | -       | -   |
|               | 1.4436 | X5CrNiMo 18-12 | 316   | 316   | A100        | Remanit 4436 | -         | 926       | -       | -   |
|               | 1.4435 | X2CrNiMo 18-12 | 316 L | -     | A200        | " 4435       | -         | -         | -       | -   |
| MARTENSITICOS | 1.4006 | X10 Cr 13      | 410   | -     | N100        | " 4006       | -         | -         | 410     | -   |
|               | 1.4021 | X20Cr13        | 420   | -     | N320        | " 4021       | -         | 906       | 420     | -   |
|               | 1.4016 | X8 Cr 17       | 430   | 430   | ~N335       | " 4016       | -         | -         | -       | -   |

Tabla No. 12

ACEROS PARA MAQUINARIA  
EQUIVALENCIAS

|                                         |        |              |        |          |              |               |          |         |      |        |
|-----------------------------------------|--------|--------------|--------|----------|--------------|---------------|----------|---------|------|--------|
| AL CARBONO<br>PARA<br>CEMENTACION       | 1.1121 | CK 10        | 1010   | Machin10 | -            | Tew CK 10     | -        | -       | 1010 | -      |
|                                         | -      | RST 44-2     | 1016   | -        | -            | -             | -        | -       | 1016 | -      |
|                                         | 1.0402 | CK - 22      | 1020   | Machin20 | -            | -             | -        | -       | 1020 | 026R   |
| AL CARBONO PARA<br>TEMPLE Y<br>REVENIDO | 1.1186 | CK - 40      | 1040   | " 40     | - /EMH       | -             | -        | -       | 1040 | -      |
|                                         | 1.1191 | CK - 45      | 1045   | " 45     | ~V945        | Tew CK 45     | -        | 760     | 1045 | 047A   |
|                                         | 1.1209 | CK - 45      | 1055   | -        | -            | -             | -        | -       | 1055 | -      |
| ALTA<br>MAQUINABILIDAD                  | 1.0721 | 10S-20       | 1108   | -        | -            | -             | -        | -       | 1108 | -      |
|                                         | -      | -            | -      | -        | -            | -             | -        | -       | 1114 | -      |
|                                         | -      | -            | 1119   | 1119     | -            | -             | -        | -       | -    | -      |
| AL CARBONO ALTO<br>MANGANESO            | 1.1113 | 20Mn5        | 1518BP | -        | -            | Tew 20 Mn5    | -        | 750 B P | -    | 280/75 |
|                                         | 1.1167 | 36 Mn5       | 1541   | -        | -            | -             | -        | -       | 1541 | 36Mn   |
| ALEADOS<br>PARA<br>CEMENTACION          | -      | 15 CrNi 6    | 3215   | -        | -            | -             | -        | 7210    | -    | -      |
|                                         | 1.5713 | 13NiCr6      | 3115   | -        | -            | -             | RAE-1    | -       | -    | -      |
|                                         | 1.5732 | 14NiCr 10    | 3415   | Super in | M120         | Tew 14NiCr10  | -        | -       | 3415 | -      |
|                                         | 1.5752 | -            | 3316   | -        | E 200        | " 14 NiCr14   | RAE-3    | -       | -    | 2440   |
|                                         | 1.6523 | 21 NiCrMo 2  | 8620   | Impacto  | E410/EM80    | " 21 NiCrMo2  | -        | ~7210   | 8620 | 152E   |
|                                         | -      | -            | 4320   | -        | - /EPB       | -             | -        | -       | 4320 | -      |
| ALEADOS                                 | 1.7220 | 34 CrMo4     | 4135   | -        | ~V330        | Tew 34CrMo4   | -        | Holdax  | -    | 323A   |
|                                         | 1.7225 | 42CrMo4      | 4140   | Alloy 41 | V 320        | " 42CrMo4     | Mo-40    | 709     | 4140 | 327A   |
|                                         | 1.6562 | 40NiCrMo 7-3 | 4337   | -        | -            | -             | Monix 15 | 705     | -    | 356A   |
|                                         | 1.6565 | 40NiCrMo6    | 4340   | Ultimo 4 | ~V155/VCH150 | Tew 31 CrMoV9 | -        | ~705    | 4340 | -      |
|                                         | 1.7131 | 16 MnCr5     | 5115   | -        | E410         | " 16MnCr5     | -        | -       | -    | 234K   |
|                                         | -      | 60 Cr 4      | 5160   | -        | -            | -             | -        | -       | 5160 | -      |
|                                         | 1.6511 | 36 CrNiMo 4  | 9840   | SPS-245  | V165/VCH 100 | Tew 36CrNiMo4 | -        | -       | 9840 | -      |



Estos procedimientos permiten primero trabajar las piezas hasta sus medidas finales, incluyendo la prueba de los moldes y luego sí ejecutar el proceso PVD o Tenifer especialmente. El proceso CVD es un proceso químico que se hace a temperaturas superiores a los 800 grados C; por tanto trae consigo posibles deformaciones en el acero, que no garantizan la conservación de las medidas, comparado con el Tenifer o el PVD. (Ver explicación del proceso en el documento: "Evolución de las herramientas de corte" del mismo autor).

Se debe agregar, que estos procesos protegen a su vez el material contra la corrosión, ahorrando la utilización de aceros inoxidable (Tipo AISI 420), que son muy costosos y de difícil mecanizado.

#### b. Resistencia a la compresión

Los esfuerzos de contacto, que sufren los moldes en las zonas de cierre, cavidades, placas de sello y deslizantes, son muy elevados, por consiguiente se debe recordar, que no solo es importante la resistencia al desgaste, sino también los esfuerzos de compresión o contacto, pues recalcan el material aun en estado templado, dependiendo principalmente de los siguientes factores:

- Fuerza de inyección, o compresión (según el molde)
- Fuerzas de cierre de la máquina.

Es importante conocer con anticipación en la fase de diseño de los moldes, las partes que están exclusivamente sujetas a fricción y las que están sujetas a esfuerzos combinados de fricción y compresión, con el objeto de hacer una selección apropiada del material.

#### c. Resistencia a la corrosión

No solamente las materias plásticas a base de PVC, en otros materiales descompuestos por quemado, son los causantes

de la corrosión, como se mencionó antes. También el atemperado del molde para el control térmico, la atmósfera de trabajo (humedad relativa del aire), la condensación y la oxidación de las cavidades, afectan los aceros cuando el molde está en producción. Para algunos casos especiales de alta corrosión, se debe seleccionar aceros inoxidables AISI 420 o bien nitrurar o revestir las piezas sujetas al ataque corrosivo.

#### d. Acabados superficiales

El pulido según el grado requerido, puede producir hasta un 20 % del costo de un molde, en vista de que el procedimiento es largo y costoso, se debe disponer de un buen equipo de pulimento, utilizando las técnicas apropiadas. Se deben observar sin embargo características del acero seleccionado y tratado, como son:

- Limpieza del acero y su homogeneidad, o sea: desgasificación, distribución y tamaño de las inclusiones no metálicas existentes desde el proceso siderúrgico.
- Estado del acero, se debe saber que un acero en estado recocido tiene estructura basta y de grano grueso, pero en estado templado, su grano es más fino y ofrece mejores posibilidades de obtener un buen acabado superficial.
- Composición química, se sabe que los elementos de aleación, como el Cr, son importantes para lograr un buen acabado superficial, teniendo en cuenta además el proceso metalúrgico de desgasificación utilizado.

(Ver Artículo Acabado Superficial publicado en la revista Informador Técnico No. 42 de 1990 Pag. 22)

#### e. Conductividad térmica

El rendimiento del proceso de transformación y, a su vez, su economía dependen de la velocidad con que se realicen los



ciclos. Esta velocidad depende de la capacidad de termotransferencia del molde, es decir, desde la masa caliente del plástico hasta las partes del molde, donde se realiza el atemperado (conductos).

En términos generales, los aceros altamente aleados son malos conductores del calor; pero diseñando un buen sistema de refrigeración con dimensionamiento adecuado de los conductos, manejando los parámetros de caudal y temperaturas del medio refrigerante según las condiciones de trabajo establecidas, se puede lograr una buena eficiencia del sistema.

Un factor determinante para elegir el acero apropiado es, en especial para moldes de inyección, el tamaño del molde y la cantidad de mecanizados por ejecutar. Los fabricantes de aceros se han preocupado por ofrecer aceros en diferentes estados de entrega proporcionando con esto varias alternativas, que se muestran a continuación:

a. Aceros en estado recocido para temple y cementación.

Se utilizan para moldes pequeños y medianos, que por su diseño requieren de mucho mecanizado y un tratamiento térmico posterior, para aumentar sus propiedades de resistencia, lográndose temple profundo o superficial, según el tipo de tratamiento que se practique. En las tablas 13 y 14 se da orientación al respecto.

b. Aceros pretemplados (bonificados)

Son especialmente usados en moldes de gran tamaño, para los cuales no hay hornos con el necesario volumen, o también para herramientas o moldes de mediana o baja exigencia a desgaste y compresión. La resistencia al desgaste se podrá mejorar mediante tratamientos superficiales estudiados en secciones anteriores. En las tablas 13 y 14 se recomiendan los aceros más apropiados para estas aplicaciones.

Una vez definidos los aspectos considerados en esta sección, a manera de

resumen se pueden enumerar los pasos que se deben seguir para seleccionar adecuadamente los aceros para moldes:

#### 6.5 Pasos Para La Selección De Los Aceros En La Fabricación De Moldes

- Estudio de la materia prima a inyectar, propiedades físicas, composición química.
- Proceso utilizado: soplado, inyección, extrusión, etc.
- Análisis del diseño del molde, número de cavidades, sistema de inyección, desmoldeo, refrigeración, etc.
- Selección de los materiales componentes del molde, según:
  - a. Estados de suministro, recocido, pretemplado, premaquinado, etc.
  - b. Maquinabilidad.
  - c. Resistencia mecánica, desgaste, corrosión, etc.
  - d. Estabilidad dimensional en el tratamiento térmico.
  - e. Penetración del temple.
  - f. Acabado superficial requerido.
  - g. Marcas y dimensiones comerciales.

#### 7. MANEJO DE LOS ACEROS

Los aspectos correspondientes al mecanizado y tratamiento térmico de estos aceros, se analizan muy ampliamente en el documento "Criterios de Selección de Aceros para Herramientas, Mecanizado y Tratamientos térmicos", de este mismo autor, el cual está a disposición en el Centro de Documentación ASTIN.

Por otra parte, las casas distribuidoras de los aceros suministran las hojas técnicas de estos materiales, donde se encuentra información detallada al respecto.



## ACEROS PARA MOLDES

AISI

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

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P20   | Acero al Ni-Cr-Mo pretemplado, suministrado a 290-330 HB, con excelentes características de pulimentado y de fotograbado. Apropiado para una amplia gama de moldes por inyección, moldes de soplado y troqueles extrusores.                                    |
| L6    | Acero al Ni-Cr-Mo templado en profundidad, recomendado para moldes utilizados en moldeo por inyección/compresión que requieren buena resistencia al desgaste.                                                                                                  |
| 420   | Acero inoxidable para moldes con temple en profundidad y pulimentabilidad, resistencia a la corrosión y al desgaste excelentes.                                                                                                                                |
| H13   | Acero para moldes y troqueles (5% Cr) templado en profundidad, dotado de gran adaptabilidad y buena pulimentabilidad y resistencia al desgaste.                                                                                                                |
| A2    | Acero templado en profundidad, recomendado para series de producción prolongadas de piezas moldeadas complicadas y de reducidas proporciones, v g. piezas electrónicas.                                                                                        |
| M 3-2 | Acero rápido templado en profundidad producido mediante el proceso pulvi-metalúrgico recomendado para series de producción muy largas de piezas con configuraciones complicadas y/o plásticos abrasivos, moldeo por inyección de materiales termoendurecibles. |
| 1045  | Acero con un contenido medio de carbono y mayor resistencia a la tracción ( $\sim 650 \text{ N/mm}^2$ ).                                                                                                                                                       |

Tabla No. 13



## Análisis y acabados

## Composición química

| CALIDAD<br>A I S I | Análisis, % |         |         |      |      |     |     |            | Estado de entrega |    |    |    | Dureza sumi-<br>nistrada HB |
|--------------------|-------------|---------|---------|------|------|-----|-----|------------|-------------------|----|----|----|-----------------------------|
|                    | C           | Si      | Mn      | Cr   | Ni   | Mo  | V   | S          | HR                | PM | FM | MP |                             |
| P20                | 0,33        | 0,3     | 0,8     | 1,8  | 0,9  | 0,2 | -   | máx. 0,008 | X                 | X  | X  | X  | 290-330<br>230              |
| L6                 | 0,55        | 0,3     | 0,5     | 1,0  | 3,0  | -   | -   | -          | X                 | X  |    |    |                             |
| H13                | 0,37        | 1,0     | 0,4     | 5,3  | -    | 1,4 | 1,0 | -          | X                 | X  |    |    | 180                         |
| 420                | 0,38        | 0,8     | 0,5     | 13,6 | -    | -   | 0,3 | -          | X                 | X  | X  | X  | 215                         |
| A2                 | 1,0         | 0,2     | 0,6     | 5,3  | -    | 1,1 | 0,2 | -          | X                 | X  | X  |    | 215                         |
| M3:2               | 1,27        | 0,5     | 0,3     | 4,2  | W6,4 | 5,0 | 3,1 | -          | X                 | X  | X  |    | 260                         |
| 1045               | 0,4/0,5     | 0,2/0,3 | 0,6/0,8 | -    | -    | -   | -   | 0,04       | X                 |    | X  | X  | ~200                        |
|                    | 0,33        | 0,4     | 1,5     | 1,9  | -    | 0,2 | -   | 0,07       |                   | X  |    |    | 290-330                     |

HR= laminado en caliente  
PM= Premaquinados

FM= Maquinado fino  
MP= Placas maquinadas

ACEROS PARA MOLDES  
COMPARACION DE PROPIEDADES

| Propiedad               | P20    | L6 | H13 | 420 | A2 | M:3:2 | 1045   |
|-------------------------|--------|----|-----|-----|----|-------|--------|
| Dureza normal HRC (HB)  | (~300) | 54 | 52  | 52  | 60 | 62    | (~200) |
| Resist. al desgaste     | 2      | 6  | 7   | 7   | 9  | 10    | 1      |
| Tenacidad               | 9      | 6  | 6   | 4   | 3  | 4     | 9      |
| Resist. a la compresión | 4      | 7  | 7   | 7   | 9  | 10    | 2      |
| Resist. a la corrosión  | 2      | 2  | 3   | 7   | 3  | 3     | 1      |
| Mecanibilidad           | 5      | 6  | 7   | 7   | 8  | 5     | 8      |
| Pulimentabilidad        | 9      | 7  | 8   | 10  | 7  | 8     | 5      |
| Soldabilidad            | 4      | 3  | 4   | 4   | 2  | 2     | 5      |
| Capac. de nitruración   | 5      | 3  | 10  | 8   | 8  | 10    | 2      |
| Fotografabilidad        | 9      | 7  | 8   | 8*  | 5  | 5     | 2      |

\*Proceso especial requerido

La numeración indica aumento de propiedades en forma ascendente.



Tabla No. 14 Recomendaciones especiales de aceros para moldes

| Requisito o exigencia especial   | Ejemplo                                                                                                                                                                                                                                                | Grado de acero Dureza HRC (HB) recomendados | AISI               |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|
| Moldes de gran tamaño            | Componentes automovilísticos, incluyendo paneles, parachoques, tableros de instrumentos, etc.                                                                                                                                                          | (~300)                                      | P20                |
| Acabado superficial elevado      | Moldeo de piezas ópticas/médicas cubiertas transparentes/paneles                                                                                                                                                                                       | 50-56<br>48-52                              | 420<br>H13         |
| Configuraciones complejas        | 1. componentes domésticos/automovilísticos de gran tamaño.                                                                                                                                                                                             | (~300)                                      | P20                |
|                                  | 2. piezas pequeñas con bajas exigencias de desgaste.                                                                                                                                                                                                   | (~300)                                      | P20                |
|                                  | 3. piezas pequeñas con elevadas exigencias de desgaste, piezas moldeadas eléctricas/electron.                                                                                                                                                          | 60-62<br>50-56<br>60-62                     | A2<br>420<br>M 3:2 |
| Materiales de moldeo abrasivos   | Materiales de moldeo reforzados/rellenados.                                                                                                                                                                                                            | 60-62<br>50-56<br>60-62                     | A2<br>420<br>M 3:2 |
| Series de producción prolongadas | piezas termoplásticas, incluyendo cubiertos, contenedores y envases de un solo uso.                                                                                                                                                                    | 50-56<br>54-56<br>52-54                     | 420<br>L6<br>H13   |
| Resistencia a la corrosión       | 1. materiales corrosivos de moldeo incluyendo cloruro polivinílico<br>2. condiciones húmedas de producción/almacenaje del molde<br>3. resistencia general a la decoloración/oxidación<br>4. resistencia a la corrosión de los canales de refrigeración | 50-56                                       | 420                |
| Fotograbado                      | 1. acero pretemplado                                                                                                                                                                                                                                   | (~300)                                      | P20                |
|                                  | 2. acero templado de profundidad                                                                                                                                                                                                                       | 48-56<br>48-54<br>50-56                     | L6<br>H13<br>420   |



Tabla No. 14 continuación

SELECCION DE ACEROS

Recomendaciones generales de aceros para moldes

| Proceso                             | Material                                         | Dureza HRC (HB)<br>recomendados | AISI               |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Moldeo por inyección                | Termoplásticos<br>-Acero para moldes pretemplado | (~300)                          | P20                |
|                                     | -Acero para moldes templado en profundidad       | 45-56<br>45-54<br>50-56         | L6<br>H13<br>420   |
|                                     | Plásticos termoendurecibles                      | 54-56<br>58-60<br>60-62         | L6<br>A2<br>M 3:2  |
| Moldeo por compresión/transferencia | Plásticos termoendurecibles                      | 54-56<br>54-56<br>60-62         | L6<br>420<br>M 3:2 |
| Moldeo por soplado                  | General<br>Cloruro polivinílico                  | (~300)<br>45-50                 | P20<br>420         |
| Extrusión                           | General<br>Cloruro polivinílico                  | (~300)<br>45-50                 | P20<br>420         |



## BIBLIOGRAFIA

Gastrow, Hans.-- Der Spritzgiess-Werkzeugbau in 100 Beispielen.-- Muenchen: Carl Hanser Verlag, 1982.-- 250p.-- il.

Stoeckhert, Klaus.-- Werkzeugban fuer die Kunststoff-Verarbeitung. Muenchen: Carl Hanser Verlag, 1979.-- 503p.-- il.

CARL DUISBERG GESSELLSCHAFT e.v.-- Desarrollo en extrusión y soplado de termoplásticos.-- Koeln: Sueddeutsches Kunststoff-Zentrum Wuerzburg, 1979.-- p.v.-- il. (Seminario para expertos en procesos plásticos industriales).

Benavides C., Mariano A.-- Criterios de selección y tratamiento térmico de aceros para herramientas: Clasificación, composición y valores de mecanizado.-- Cali, 1985. 110p.-- il.

SENA. C.D.T. ASTIN.-- Seminario internacional sobre inyección de plásticos.-- Cali: SENA, 1988.-- p.v.-- il.

Uddeholm.-- Catálogo de aceros para herramientas.-- Estocolmo, s.f. p.v.-- il.

Menges, George.-- Anleitung fuer den Bau Van Spritzgress-Werkzeugen / George Menges und Paul Mohren.-- Muenchen: Carl Hanser Verlag, 1983.-- 417p.-- il.