

# **Diseño de Molde de 4 Cavidades para la Producción de Rejilla y Tapón de 50mm de PVC Reutilizando Placas Normalizadas Existentes**

C.Burbano, E. Martinez

Área de Materiales y Procesos de Transformación / Facultad de ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción.

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Km. 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil - Ecuador

[cburbano@espol.edu.ec](mailto:cburbano@espol.edu.ec), [emartinez@espol.edu.ec](mailto:emartinez@espol.edu.ec)

## **Resumen**

*Este trabajo desarrolla la iniciativa de diseñar un molde de inyección intercambiable de cuatro cavidades para la producción de rejillas y tapones de 50mm de PVC reutilizando placas normalizadas existentes en una empresa de producción de accesorios de tuberías.*

*Por tanto se analizan los parámetros referentes al diseño de moldes de inyección, se realizarán los cálculos necesarios para determinar las características necesarias de una máquina inyectora. Para el desarrollo se utilizará un esquema para la construcción metódica y planificada de moldes de inyección de plásticos, además se determinará la validez de los elementos a utilizar mediante el uso de software de diseño.*

*Como resultado de lo descrito anteriormente se obtiene un molde de inyección que cumple con las características técnicas para la pieza inyectada dadas por la empresa, se presentarán memorias técnicas, planos correspondientes, el cronograma de trabajo y la tabla de costos del proyecto.*

**Palabras Claves:** diseño, accesorio, molde, inyección, PVC.

## **Abstrac**

*This work develops the initiative to design an injection mold interchangeability of four chambers for the production of grids and caps, 50mm PVC plates reusing existing standards in production company pipe fittings. Therefore analyzed the parameters for the injection mold design are made the necessary calculations to determine the necessary characteristics of an injecting machine. Be used for developing a framework for orderly and planned construction of plastic injection molds, as well as assessing the validity of the elements to be used by using design software.*

*As a result of the above situation gives an injection mold that meets the specifications for the molded part by the Company, shall be submitted technical reports, maps, the work schedule and a table of project costs.*

**Key Words:** design, accessory, mold, injection, PVC.

## 1. Introducción

En la industria del procesamiento de plásticos se busca la implementación de mecanismos y procedimientos que hagan productos de mejor calidad, que reduzcan sus costos de producción e impongan una tendencia al ahorro de recursos.

Este trabajo desarrolla la iniciativa de mejorar un molde existente de una cavidad del que se producen rejillas y tapones de 50mm de PVC, el cual por el tiempo de uso del molde, las dimensiones de los productos ya no cumplen con las que exige la norma.

Este antecedente nos lleva a la necesidad de realizar el diseño de un nuevo molde de inyección de accesorio de PVC de 4 cavidades para rejilla y tapón de 50mm intercambiable, teniendo como finalidad el aumento de su producción existente.

Contando con el apoyo de la empresa, esta facilita sus maquinas, recursos y un molde normalizado no terminado que inicialmente se utilizaría para otro producto. Por tanto se realiza primeramente los cálculos para determinar si la máquina inyectora dada es óptima para el proceso de inyección correspondiente, así como también la duración de su ciclo de inyección.

En base a consideraciones teóricas para el diseño de moldes de inyección, se realiza el diseño y el desarrollo de las partes constituyentes del molde hasta llegar a su forma definitiva. Luego se realiza el análisis por medio de elementos finitos mediante software de diseño para determinar el aprovechamiento de los elementos.

Ya desarrollado se procede a su construcción, se realizan pruebas y los ajustes correspondientes. Puesto el molde en producción este cumple con los objetivos previstos, se obtiene un incremento en la producción de rejilla y tapón de 50mm por ciclo, el producto cumple con la exigencia de la norma y se obtiene ahorro en costos de energía y de equipo.

## 2. Fundamentos Teóricos:

En el diseño de moldes de inyección es necesario familiarizarse con estos mecanismos y su proceso, por tanto revisaremos en qué consiste el proceso de inyección y las partes principales de un molde de inyección.

### 2.1 El Proceso de Inyección.

Se fundamenta en fundir un material plástico y hacerlo fluir hacia un molde, a través de una boquilla en la máquina de inyección, en donde llena una cavidad que le da una forma determinada.

La inyección es un proceso secuencial que está conformado por un conjunto de etapas que se denomina *ciclo de inyección*.

Entre las etapas se tiene:

- Cierre:** Tiempo en el que se cierra el molde.
- Inyección:** Tiempo en que el material es inyectado dentro del molde llenando las cavidades.

- Mantenimiento:** Tiempo en el cual se aplica una presión manteniéndola para contrarrestar la reducción de volumen debido a la contracción del material.
- Plastificación:** Tiempo en el cual en el tornillo de la máquina inyectora el material se dosifica, se plastifica y homogeniza dejándola lista para la próxima inyección.
- Refrigeración:** Tiempo en el cual el molde se enfría hasta la temperatura que permita el desmolde.
- Apertura y Expulsión:** Tiempo en el cual el molde se abre y expulsa la pieza inyectada.

Este ciclo se lo representa en el siguiente grafico:

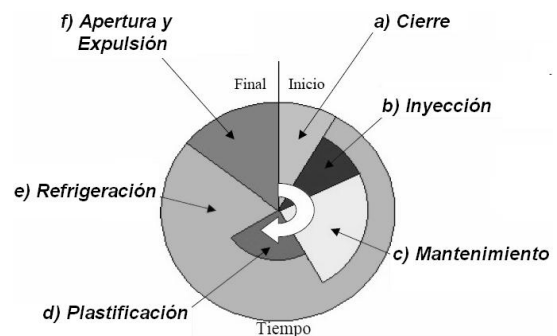


Figura 1. Etapas del ciclo de Inyección.

Para datos prácticos la duración del ciclo de inyección se toma como la suma del tiempo de cierre, el tiempo de apertura y expulsión mas el tiempo de enfriamiento, esto se debe a que prácticamente el molde siempre está siendo enfriado.

### 2.2 El Molde de Inyección.

Se define al molde como el conjunto de piezas acopladas provista de cavidades para alojar el material plástico o metálico fundido; por medio de una maquina inyectora para, darle forma determinada, enfriarlo y extraerlo una vez solidificado.

Entre las principales partes tenemos:

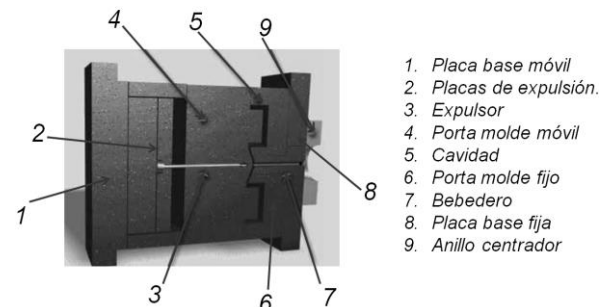


Figura 2. Partes del molde de inyección.

### 3. Proceso de Diseño.

En base a fundamentos de diseño de moldes de inyección de termoplásticos, seguiremos la siguiente metodología para la selección y dimensionamiento de los componentes y sistemas que constituyen un molde de inyección. Esta metodología es la siguiente:

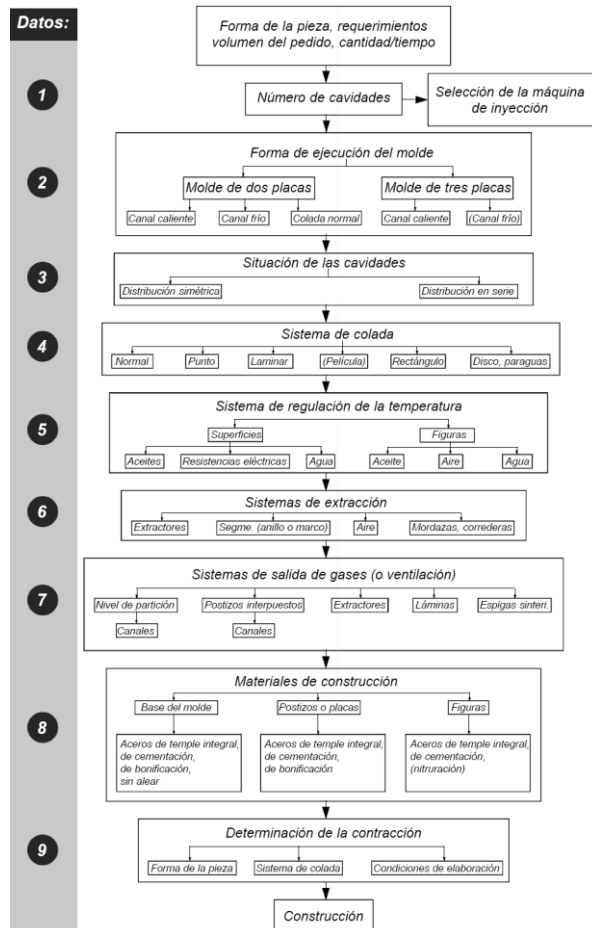


Figura 3. Esquema para la construcción metódica y planificada de moldes de inyección de plásticos.

A continuación se desarrolla cada uno de los ítems del 1 al 9.

**Datos:** en esta etapa se tiene todos los parámetros y requerimientos previos, para este trabajo se tiene la forma de la pieza a inyectar, el material de la pieza, un molde normalizado y la máquina inyectora.

**1. Número de cavidades:** Es el número de elementos a inyectar del que está provisto el molde. Para este trabajo el número de cavidades es de cuatro.

Con los datos previos se selecciona la máquina inyectora a utilizar. Las características a determinar son la fuerza de cierre y la capacidad de plastificación. La fuerza de cierre se la determina mediante la siguiente expresión:

$$F_c = S_p \times \left( \frac{R_f}{E_p} \right)_{P_{\text{especifica}}(\text{tabla})} \times \frac{F_f(\text{tabla})}{0.75} \quad (1)$$

Donde:

- Fc: fuerza de cierre (KN)
- Sp: superficie proyectada.(cm<sup>2</sup>)
- Rf: recorrido de flujo (mm)
- Ep: espesor medio de la pieza (mm).
- Ff: factor de fluidez.

La relación (Rf/Ep) nos determina una relación que nos ayuda para obtenemos de la tabla de presiones específicas internas [1], el valor correspondiente.

La capacidad de plastificación se la determina mediante la siguiente expresión:

$$C_p = \frac{P_{\text{inyectado}}}{f_{c(\text{tabla})} \times 0.8} \quad (2)$$

Donde:

- Cp: Capacidad de plastificación (g)
- Pinyec: Peso del inyectado, artículos y mazarota. (g)
- Fc: factor de conversión.

El valor  $f_c$  se lo determina mediante la tabla de factores de conversión de algunos polímeros. [2].

El resultado de los cálculos correspondientes lo vemos en la siguiente tabla:

Tabla 1. Cuadro comparativo de resultados.

	Unidad	Valor máquina	Cálculo	Evaluación
Fuerza de cierre	Ton	150	46	adecuado
Capacidad de inyección	g	454	154	adecuado

De los resultados del cuadro se concluye que las características de la máquina inyectora son suficientes para realizar el proceso.

**2. Forma de Ejecución del Molde:** La forma seleccionada del molde es de un molde de dos placas de canales fríos, por su fácil construcción y de pocos elementos maquinados, nos ahorra tiempo y recursos, además es el tipo de canales que deja menor desperdicio.

**3. Situación de las Cavidades:** Las cavidades se distribuyen de manera simétrica para distribuir uniformemente las presiones en el molde presentes en la inyección.

**4. Sistema de Colada:** El sistema utilizado es el Normal. Es el más difundido por su fácil elaboración, consiste en un canal en la parte lateral de la cavidad con una sección de estrangulamiento construido en un semimolde.

5. *Sistema de Regulación de Temperatura:* El enfriamiento se lo enfoca a la figura, por medio de canales en forma de anillo alrededor de la cavidad.

6. *Sistema de Extracción:* El sistema seleccionado es de columna o de vástago central, el cual tiene forma particular para obtener mayor área de contacto entre expulsor y pieza inyectada.

7. *Sistema de Salida de Gases:* La salida de gases se produce por medio de los acoples entre los postizos, debido a que el material a elaborar es denso, permite tener tolerancias donde el ajuste permite el escape de gases, evitando así el maquinado de canales adicionales.

8. *Materiales de Construcción:* Este trabajo parte inicialmente de un molde normalizado constituido por acero AISI P20 o equivalente W. Nr 1.2311, un acero bonificado para placas bases, placas porta moldes, anillo centrador. Además se selecciona el acero AISI 420 o equivalente W. Nr 1.2083, un acero inoxidable martensítico para placas cavidad, postizos, núcleos, cavidades, bebedero.

9. *Determinación de la Contracción:* La contracción es un fenómeno presente en los polímeros al enfriarse, la cantidad es independiente de cada material, para este caso el PVC tiene un factor de contracción de 0.8%, por tanto todas las dimensiones de la cavidad se incrementan a este factor por el cual se obtienen medidas mayores a las de la pieza inyectada. Se toma muy en cuenta el diámetro del espigo requerido por norma, entonces se realiza el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned} \text{Ø}_{\text{nominal Espigo}} &= 50\text{mm} \\ \text{Factor contracción (fc) PVC} &= 0.8\% \\ \text{Medida a emplear} &= \text{medida nominal} \times \text{fc} \quad (3) \\ \text{Ø Interno cavidad} &= 50 \times 1.008 = 50.4\text{mm} \end{aligned}$$

Por tanto la medida de la cavidad es de 50.4mm

Al desarrollar estos pasos, tenemos como resultado el diseño de forma, con sus sistemas y mecanismos dimensionados en base a los conocimientos sobre moldes de inyección y referencias, así como también en base a experiencias. En las siguientes figuras se muestra el molde desarrollado.

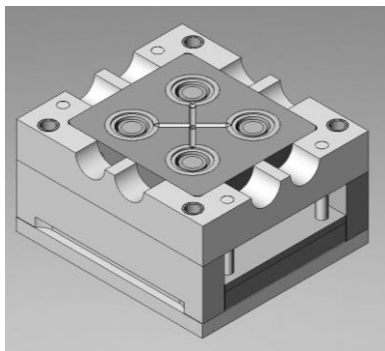


Figura 4. Semi-molde móvil.

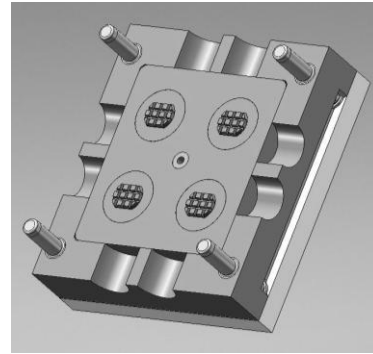


Figura 5. Semi-molde fijo.

### 3.1 Validación de Componentes.

Para la construcción y dimensionado de moldes de inyección y sus correspondientes piezas se utilizan cada vez con mayor frecuencia el método de elementos finitos (FEM). Con estos métodos se pueden reducir el tiempo de desarrollo y los costos, así como optimizar la funcionalidad de las piezas. Solo cuando se han determinado la pieza a inyectar y todas las exigencias que influyen en el diseño de un molde, se puede ejecutar la construcción definitiva de este.

En este trabajo se utiliza el software de diseño *SolidWorks* con el cual se analizan los elementos del molde determinando su validez para las condiciones de trabajo del molde. El análisis se realiza para las siguientes condiciones:

*Presión de inyección:* 500 bar, (7252 psi, 50 MPa)  
*Fuerza de cierre:* 100 ton, (100000 kgf=980 KN)

Como resultado del análisis se muestra en la siguiente tabla los valores obtenidos del factor de diseño.

Tabla 2. Distribución del factor de diseño en elementos del molde.

Elementos	Fija	Móvil
Placa Base	42	2
Placa Portamolde	23	9
Placa Porta Cavidades	52	28
Cavidad	22	11

Con los resultados del análisis de elementos finitos mediante el software *SolidWorks*, se concluye que el dimensionamiento de las partes es adecuado para las condiciones en las que se va a desempeñar el molde.

Por tanto se procede a su construcción, ajuste y puesta a prueba en máquina para la inyección del elemento.

### 4. Prueba de Evaluación y Ensayo.

Esta prueba consiste en un control dimensional por parte del departamento de evaluación y ensayo de la empresa, la cual certifica si las dimensiones del producto cumplen con la norma de producción, en este caso se hará referencia a la norma INEN 1374 (*Tubería de PVC rígido para usos sanitario*) [3].

<b>Evaluación y Ensayos</b>						
<b>Producto:</b> Tapon SAN 50mm						
<b>Fecha :</b> 2007-10-17						
<b>Objetivo:</b> Evaluación dimensional						
<b>Inspector:</b> Luis Guayasamin						
Características	Requisito según INEN 1374 e ISO 3633	Cavidad-1	Cavidad-2	Cavidad-3	Cavidad-4	Evaluación
Aspecto visual	Homogéneo	Liso	Liso	Liso	Liso	Cumple
Logotipo	Legible	Visible	Visible	Visible	Visible	Cumple
Øespigo	50,00mm 50,30mm	50,00	50,01	50,00	50,00	Cumple
Longitud-espigo	.....	29,85	29,98	30,00	28,82	Cumple
Ovalamiento	0,60mm	0,12	0,08	0,14	0,10	Cumple
Espesores	2,00mm .....	3,05 a 3,15	3,07 a 3,17	3,08 a 3,20	3,03 a 3,13	Cumple
Excentricidad	..... 12%	3,17%	3,15%	3,75%	3,19%	Cumple
Visera	.....	6,70mm	6,58mm	6,88mm	6,42mm	Aceptable
Peso del colado	kg	0,017				----
Peso del accesorio	kg	0,032	0,032	0,032	0,031	----
<b>Observaciones:</b>	Se miden 4 Tapones provenientes de 4 cavidades Tono de color aceptable El espigo exterior tiene forma cónica del filo hacia adentro; con una diferencia de 0,10mm El diámetro exterior al filo 50,04mm y en el fondo 49,96mm Tienen fechero y logotipo legible					
<b>Conclusion:</b>	Diámetro de espigo al mínimo (en el medio), aceptables					

**Figura 6.** Informe de Evaluación y Ensayo del Producto.

Como vemos en la figura 6 el producto cumple con las especificaciones de la Norma, por tanto las dimensiones del molde cumplen con el objetivo propuesto de obtener un producto bajo norma.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones.

Para el diseño de moldes es indispensable adaptarse al artículo que debe moldearse, al material y a la máquina elaboradora. Es importante tener datos adecuados acerca del material plástico con el que se va inyectar, ya que algunos de los parámetros importantes, como densidad, contracción, espesores de pared, temperaturas de moldeo y desmolde, ángulo de desmolde, dependen de las características que éste tenga.

No existe mucha información bajo norma acerca del diseño de moldes, algunas de las referencias son empíricas o están basadas en métodos de prueba y fallo, lo cual hace necesario el uso de la tecnología mediante software de diseños adecuados para optimizar tiempo y dinero al momento de desarrollarlos e implantarlos.

El diseño de moldes de inyección puede ser realizado tomando en cuenta criterios en base a la experiencia, la comprensión y aplicación del conocimiento teórico de una referencia adecuada. No obstante se debe decidir de entre la mayoría de parámetros para aplicar un método ingenieril basado en la formación profesional recibida en la ESPOL.

## 6. Referencias Bibliográficas.

- [1] ASCAMM “Relación Entre la Presión Interior del molde – Rc (recorrido de flujo / espesor)”. Curso Diseño de Moldes de Inyección de Termoplásticos (Asociación Catalana de Moldes y Matrices).
- [2] ASCAMM “Factor de Fluidez o Viscosidad de Algunos Materiales”. Curso Diseño de Moldes de Inyección de Termoplásticos (Asociación Catalana de Moldes y Matrices).
- [3] INEN. “Tubería de PVC Rígido para Usos Sanitarios”. INEN 1374. Instituto Ecuatoriano de Normalización.1994.
- [4] WALTER MINK, Inyección de Plásticos, Gustavo Gili S.A, Barcelona 1977.
- [5] MENGES-MOHREN, Moldes para la inyección de plásticos. Gustavo Gili S.A. Barcelona, 1980. Segunda edición.
- [6] DISEÑO DE MOLDES DE INYECCION, Universidad de Antioquia. [http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes\\_inyeccion/mapa.html#](http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/mapa.html#)