

# **ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

**CARRERA DE INGENIERIA MECANICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MATRIZ DE INYECCION  
PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO  
MECANICO**

**MAURICIO JAVIER LOPEZ CHICAIZA  
CARLOS EDUARDO MORALES VENERAS**

**DIRECTOR: ING. JAIME VARGAS T.**

**QUITO, MAYO DEL 2007**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar a DIOS por darme la salud, vida y bendiciones recibidas.  
Rindo tributo a mis padres CLEMENTE y FABIOLA, quienes con su esfuerzo, sacrificio y constancia me apoyaron durante toda mi vida, ya que ellos me dieron la mejor herencia: La Educación.

A mis hermanos: Héctor, William y Jennifer, por estar siempre a mi lado.  
A mi querido hijo SEBASTIAN y mi amada esposa MARIANELA por su amor perseverante, ya que ellos han sido testigos de mis triunfos y fracasos.  
Mi eterna gratitud para el Ing. Jaime Vargas T. que más que un profesor ha sido un AMIGO INCONDICIONAL.

A todo el personal administrativo de mí querida carrera.  
A mis panas de juventud, GALARGA, DOG y compañeros de la oficina.  
Al personal del CICCEV, en especial a los Ings.: Toro, Moreno, Caiza y Portilla.

**MAURICIO**

En primer lugar a DIOS por darme sabiduría y fe.  
A mis padres Miguel Morales y Mercedes Veneras que siempre estuvieron conmigo y nunca me dieron la espalda.  
A mis hermanos que siempre confiaron en mí.  
Agradecimiento especial para Patricia, Mercedes y Fanny, ya que siempre me brindaron el apoyo necesario para estar en el lugar que me encuentro.  
Al Ing. Jaime Vargas T. por brindarme su confianza y apoyo durante mi etapa como estudiante.  
Un sincero agradecimiento a todo el personal de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional.  
Agradecimiento al mejor grupo de amigos GALARGA.

**CARLOS**

## **DEDICATORIA**

A DIOS por darme la fe y la fuerza para culminar mi carrera.

El presente proyecto va dedicado a la mayor bendición de mi vida, mí adorado hijo SEBASTIAN que con su ternura e inocencia me ha motivado a superar toda clase de circunstancias y así poder brindarle un porvenir prometedor.

A mis padres y hermanos por todo el amor, sacrificio e inefable apoyo recibido en el transcurso de mi vida.

A mi tía Mariana por brindarme todo su amor.

A mis queridos "Papás Suegros" Julio y Olga, a mi cuñada Maribel por haber depositado en mí su confianza y amor. A ellos mi eterna gratitud y lealtad.

A esa persona que apareció en un momento clave de mi vida, mi amada esposa MARIANELA, a ella mi eterno reconocimiento y amor.

**MAURICIO**

A DIOS por iluminarme en los momentos difíciles de mi vida.

A mis padres Miguel Morales y Mercedes Veneras.

A mis hermanos, pero en especial a Patricia.

A todos mis sobrinos, pero en especial a Carlos Miguel

**CARLOS**

## **DECLARACION**

Nosotros, MAURICIO JAVIER LOPEZ CHICAIZA y CARLOS EDUARDO MORALES VENERAS, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

MAURICIO JAVIER LOPEZ

CARLOS EDUARDO MORALES

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por MAURICIO JAVIER LOPEZ CHICAIZA y CARLOS EDUARDO MORALES VENERAS, bajo mi dirección y colaboración.

---

**Ing. Jaime Vargas T.**

**DIRECTOR**

## RESUMEN

El presente proyecto aborda el diseño y la construcción de una matriz de inyección de plástico para la fabricación de enchufes, se inicia con la justificación y determinación de objetivos.

El capítulo uno estudia brevemente los aspectos teóricos como: métodos de moldeo, tipos de matrices que existen, procesos y equipos para la fabricación de moldes. Cabe destacar que en este capítulo se pone énfasis en el moldeo por inyección.

En el capítulo dos se abarca las diferentes alternativas de diseño, se analizan las características de la matriz y sus limitaciones. Con el estudio de alternativas se busca optimizar los diversos sistemas que componen la matriz. El análisis y selección de alternativas se realiza con un método de toma de decisiones que se detalla claramente en este capítulo.

En el capítulo tres se desarrolla el diseño de la matriz, utilizando fórmulas establecidas por distintos autores. Se desarrollan tres aspectos fundamentales dentro del diseño de la matriz. El primer aspecto abarca las características de la máquina inyectora, El segundo aspecto es el diseño de los principales elementos mecánicos que tiene la matriz como: las guías, placas y pernos. El tercer aspecto básicamente consiste en la transferencia de calor que se presenta en la matriz, esto debido a que dependiendo de un buen sistema de enfriamiento, se logra obtener un producto final óptimo. Es preciso mencionar que en este capítulo para obtener datos que ayudan en el diseño, se utiliza el programa SOLIDWORKS.

El cuarto capítulo trata de la construcción, montaje y pruebas de campo realizadas a la matriz, lo interesante en esta parte del trabajo son los planos de taller que se presentan, estos planos ayudan a la construcción y montaje de la matriz.

En el quinto capítulo se aprecia el costo final de la matriz, el cual se desglosa de la siguiente manera: Costo de diseño, materia prima, elementos normalizados, de construcción, adicionales, y Costo total

En el sexto capítulo se resume y extrae las observaciones relevantes del desarrollo de diseño y construcción por medio de las conclusiones y recomendaciones.

## INTRODUCCION

En la actualidad la industria de inyección de plástico en el mundo es de suma importancia, ya que a partir de esta técnica se pueden obtener un sin número de objetos como por ejemplo: juguetes, accesorios para línea blanca, accesorios para automóviles, accesorios para la industria eléctrica, etc.

En el Ecuador esta industria está despuntando con fuerza, por lo que las industrias dedicadas a la inyección de plástico realizan grandes inversiones de capital con el fin de obtener matrices de alta calidad. En virtud de esta realidad, se hace imprescindible el diseño de matrices, que cumplan con los requerimientos óptimos de trabajo y a la vez que sean de bajo costo.

El presente proyecto de titulación enfoca el diseño y la construcción de una matriz para la producción de enchufes eléctricos, de alta calidad y costo competitivo.

La inyección de plástico en nuestro medio es empírica, por lo que es de gran importancia que tanto la Escuela Politécnica Nacional, como los estudiantes se preocupen de dar a este tema la importancia necesaria. Por tal razón tanto en el diseño como en la construcción de la matriz, se aplican los conocimientos recibidos durante la carrera.

# **CAPITULO I**

## **FUNDAMENTOS TEORICOS DEL PROCESO**

### **1.1 CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DE LOS PLASTICOS**

El campo de acción de la industria de inyección de plástico es muy grande, esto se debe a que este material posee características que lo hacen altamente utilizado. Las principales características son: excelentes acabados superficiales, alta relación resistencia-densidad, excelentes propiedades eléctricas y mecánicas, variedad de colores y bajos costos.

### **1.2 METODO DE MOLDEO**

El método de moldeo del plástico consiste básicamente en mantener la masa en estado plástico bajo presión mientras se endurece en una matriz (molde), obteniendo la forma de la matriz luego de la extracción. Las máquinas que realizan esta operación son las inyectoras de plástico, que por lo general son máquinas automáticas.

Un factor que hay que tener en cuenta al momento de realizar el moldeo de plástico es el enfriamiento de las matrices; ya que de este factor depende el buen acabado de las piezas y la alta o baja productividad. Los medios de enfriamiento que se utilizan en estos dispositivos son: agua o refrigerantes.

### **1.3 ESTUDIO BASICO DE LOS PLASTICOS**

Los plásticos se dividen en dos grupos: termoplástico y termoestables.

### **1.3.1 MATERIALES TERMOPLASTICOS**

Los materiales termoplásticos son polímeros lineales, los cuales se ablandan con el calor. Estos materiales se moldean fácilmente, conservando su forma al momento de enfriarse.

### **1.3.2 MATERIALES TERMOESTABLES**

Materiales que se endurecen o solidifican por medio de presión y calor. No obstante, su fragilidad es inversamente proporcional a la resistencia térmica.

Estos materiales no son reciclables, debido a que cambian sus propiedades durante el proceso de moldeo, por lo que resulta difícil volver a reutilizarlos.

## **1.4 METODOS DE MOLDEO DE PLASTICO**

Dependiendo del material con el cual se va a trabajar los métodos de moldeo de plástico se clasifican de la siguiente manera:

Para materiales termoestables:

- Moldeo por compresión
- Moldeo por transferencia

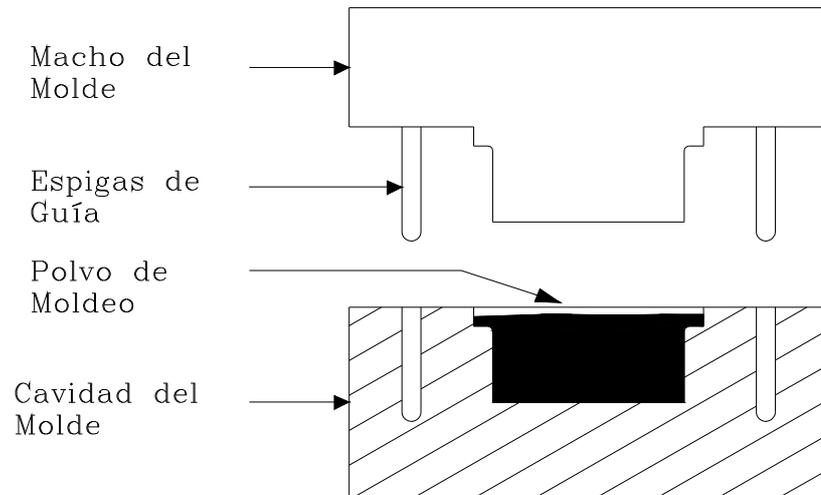
Para materiales termoplásticos:

- Moldeo por inyección
- Moldeo por extracción continua

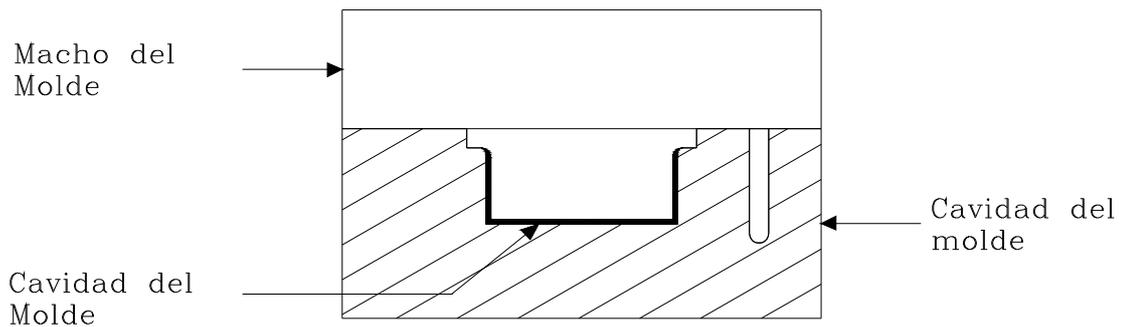
A continuación se explicará brevemente en que consiste cada uno de los sistemas.

### 1.4.1 MOLDEO POR COMPRESION

El moldeo por compresión consiste en colocar material (polvo de moldeo) en la cavidad de la matriz (Ver figura 1.1a). Al momento de cerrar la matriz, el material se plastifica por el calor y por la presión ejercida, es decir se comprime hasta adquirir la forma de la pieza y se mantiene de este modo hasta que se endurece. (Ver figura 1.1b)



a) Molde Abierto



b) Molde Cerrado

Figura 1.1: Moldeo por Compresión. a) Molde abierto; b) Molde cerrado

### 1.4.2 MOLDEO POR TRANSFERENCIA

A diferencia del moldeo por compresión, en este sistema de moldeo el material es previamente calentado hasta obtener la plasticidad deseada antes de entrar a la matriz con ayuda de una cámara de calefacción, una vez en estado plástico se lo obliga a entrar en la matriz por medio de un pistón de alta presión que se introduce en la cámara de carga con el fin de obtener el producto moldeado (Ver figura 1.2). Dicha presión se mantiene hasta que se forme la pieza y se endurezca el material.

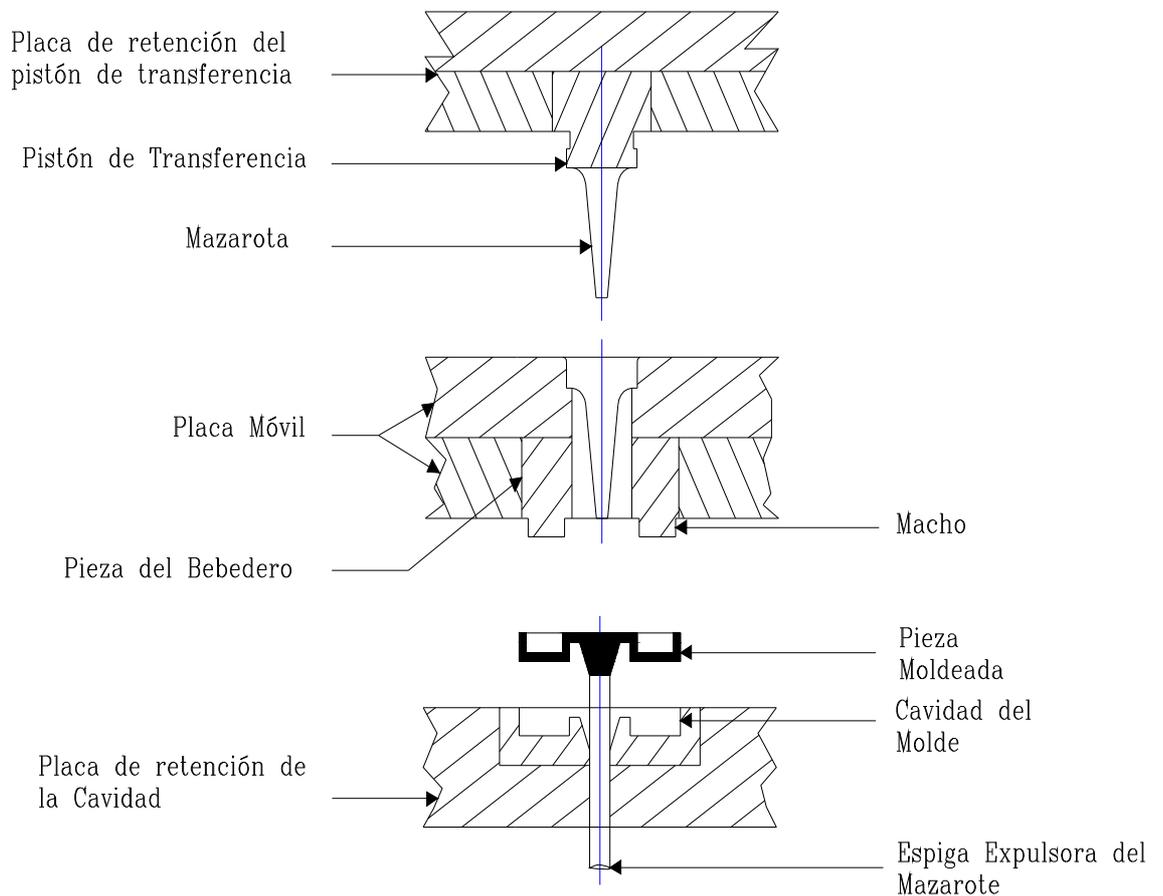
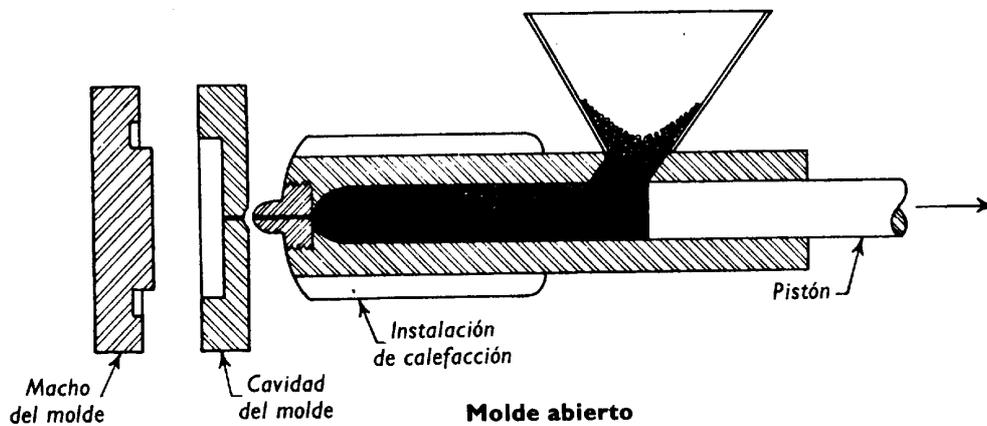


Figura 1.2: Moldeo por Transferencia: Matriz y sus diversos componentes.

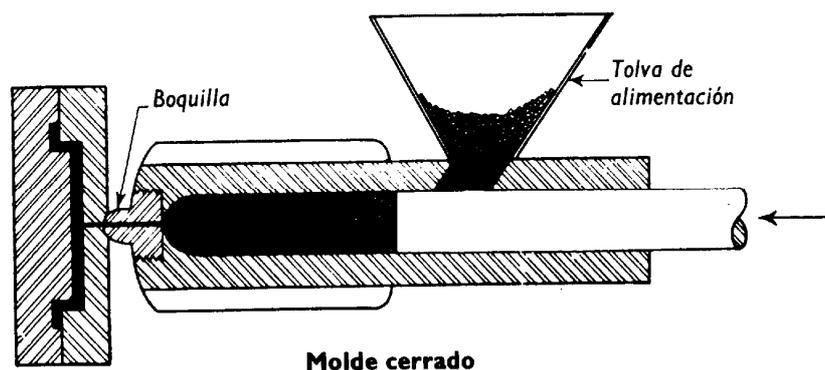
### 1.4.3 MOLDEO POR INYECCION

Este sistema de moldeo es semejante al moldeo por transferencia, con la excepción de que en este proceso se mantiene una cantidad de material en la cámara de calefacción (Ver figura 1.3a), de esta cantidad solo una parte es inyectada dentro del molde cerrado (Ver figura 1.3b).

Las máquinas utilizadas en este tipo de operación son automáticas. Cabe destacar que la temperatura a la cual debe estar el molde debe ser menor de la del material, esto con el fin de que el material inyectado se enfríe y endurezca.



a) Molde Abierto



b) Molde Cerrado

Figura 1.3: Moldeo por Inyección. a) Molde abierto; b) Molde cerrado

#### 1.4.4 MOLDEO POR EXTRACCION CONTINUA

Este sistema de moldeo consiste básicamente en obtener perfiles de sección regular continua. Para la obtención de este tipo de piezas se utiliza el mecanismo mostrado en la figura 1.4.

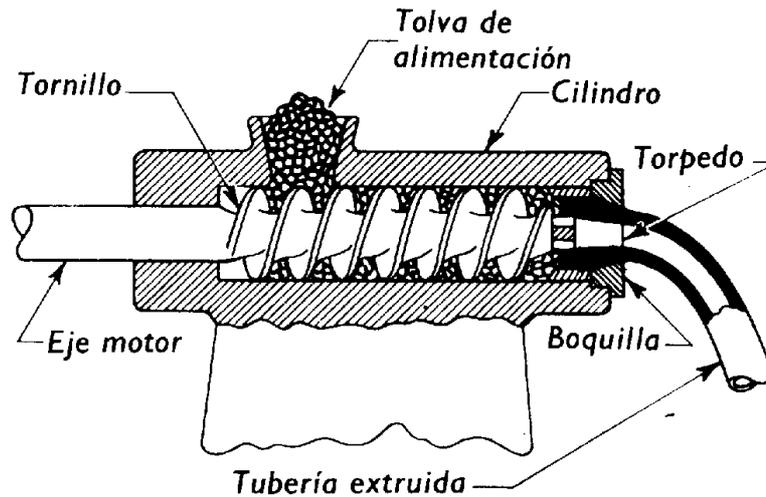


Figura 1.4: Extracción Continua

El material se coloca en una tolva, de ésta pasa a un cilindro de calefacción (con el fin de calentar al material) a través del cual se conduce con ayuda de un tornillo de alimentación. En el extremo opuesto del cilindro de calentamiento, se obliga al material (que se ha calentado y comprimido hasta formar una masa plástica) a pasar a través de una boquilla que da forma a la sección extraída.

La sección se conduce fuera de la boquilla con ayuda de una cinta transformadora en movimiento y la dimensión final de la pieza viene determinada por la velocidad de esta cinta que estira el perfil extraído hasta un área de sección reducida.

## 1.5 TIPOS DE MATRICES O MOLDES

Los tipos de matrices dependen básicamente de la materia prima y de los métodos de moldeo que existen, entre los principales se encuentran los siguientes:

- Matriz de Compresión
- Matriz de Transferencia
- Matriz de Inyección

A continuación se detallan brevemente cada una de las matrices o moldes.

### 1.5.1 MATRIZ POR COMPRESION

Este tipo de molde está compuesto básicamente por una cavidad en donde se coloca el material cuando la matriz esta abierta, y un macho o pistón el cual comprime al material cuando la matriz se cierra.

Por lo general estas matrices se utilizan para trabajar con materiales termoestables ya que al contrario de los materiales termoplásticos, los termoestables no necesitan de mucho tiempo para alcanzar el estado plástico.

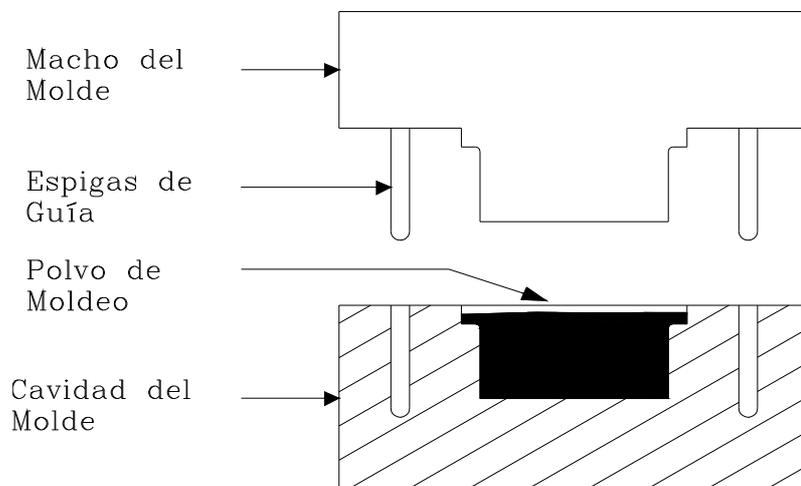


Figura 1.5: Matriz por compresión

### 1.5.2 MATRIZ DE TRANSFERENCIA

Este tipo de matriz consta de una cámara, la cual está abierta por sus dos extremos y a la vez es independiente de las cavidades y machos. La presión de cierre y la de transferencia se aplica mediante dos pistones independientes.

Este tipo de molde se utiliza para la fabricación de piezas que tienen orificios que se han de sujetar por ambos extremos (Ver Figura 1.6)

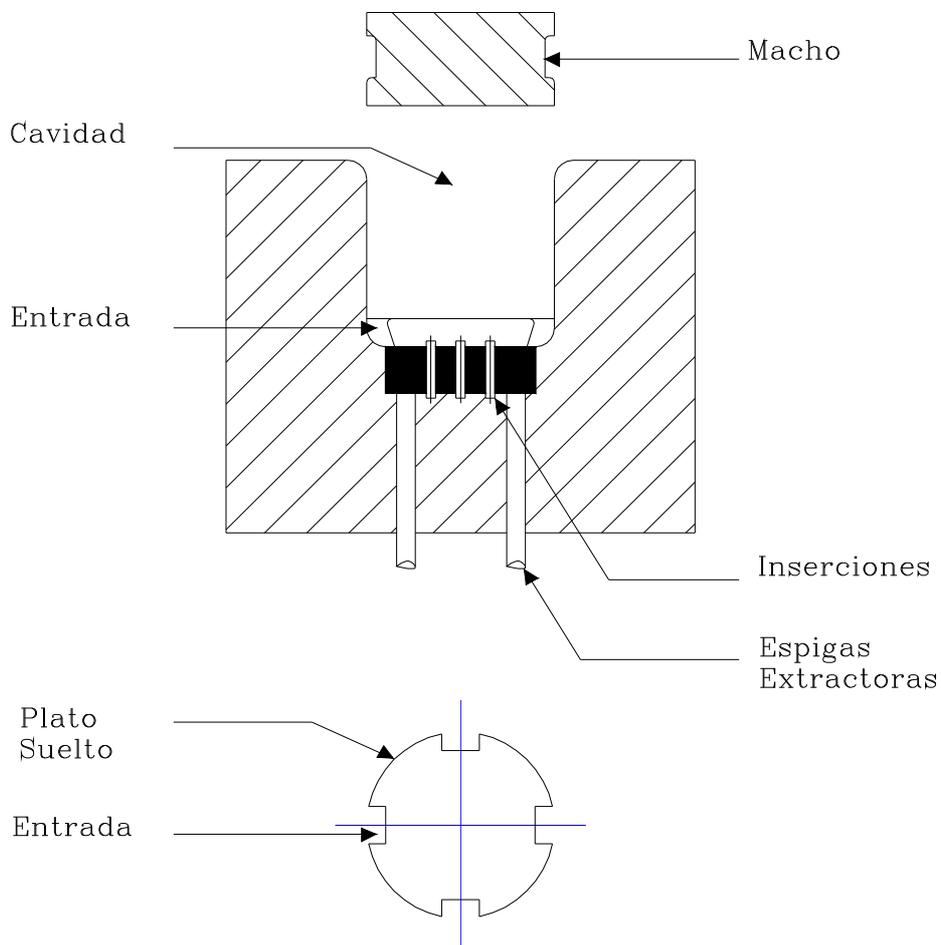


Figura 1.6: Matriz de Transferencia

En general las matrices de transferencia sólo se utilizan para trabajar con materiales termoestables.

### **1.5.3 MATRIZ DE INYECCION**

Los moldes de inyección son semejantes a los moldes de transferencia, con la diferencia de que estas matrices no tienen cámaras de carga. El material es plastificado por medio de máquinas de inyección, este material pasa a través de bebederos y canales de la matriz. La presión de cierre de la máquina de inyección mantiene cerrada la matriz mientras se inyecta el material sometido a una presión de diferente procedencia.

Este tipo de molde se utiliza para trabajar con materiales termoplásticos y termoestables. Al moldeo de inyección de materiales termoestables se lo denomina moldeo por chorro (jet holding).

## **1.6 PROCESOS, EQUIPOS Y METODOS PARA LA FABRICACION DE MOLDES**

La construcción de los moldes o matrices se realiza fundamentalmente por maquinado. Para determinadas piezas de forma complicada, en donde resulta difícil aplicar los procesos de maquinado, se utilizan procesos como la electroerosión y la erosión química.

### **1.6.1 PROCESO DE MAQUINADO**

Este proceso es uno de los más utilizados en nuestro medio, cerca de un 90 % de moldes se realizan por medio de maquinado.

El proceso es muy sencillo y consiste en trabajar un material en bruto hasta conseguir la matriz deseada por medio de arranque de viruta. Las máquinas usadas frecuentemente para realizar este tipo de trabajo son: sierras alternativas o de cinta, limadoras, tornos, máquinas de taladrar, taladradora de plantillas, máquinas rectificadoras, fresadoras, máquinas duplicadoras, pantógrafos.

Se debe tomar en cuenta que para obtener un producto final de excelentes características en lo que se refiere al acabado superficial, la cavidad de la matriz debe ser lo más lisa posible, por lo que se debe proceder a realizar un buen trabajo de pulido de la superficie.

### 1.6.2 ELECTROEROSION

El proceso de electroerosión es un proceso de conformado que se origina por el efecto de desgaste (Ver figura 1.7), el mismo que se produce por cargas eléctricas breves y consecutivas dentro de un líquido dieléctrico (agua, hidrocarburos de petróleo, gasolina, etc.).

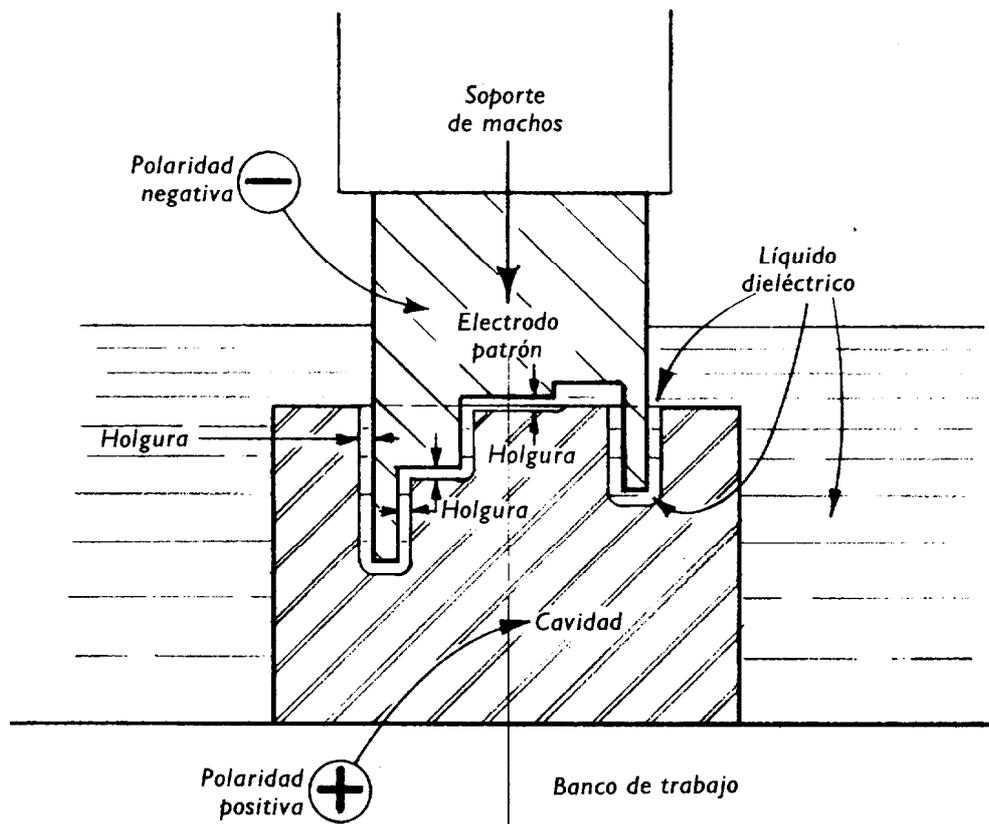


Figura 1.7: Principio de la electroerosión

Las descargas originan cráteres entre el electrodo y la pieza con una determinada holgura (la holgura que existente entre la pieza y el electrodo es pequeña y uniforme; esta depende directamente de la energía de la chispa) la cual permite realizar el desbastado y afinado. Las partículas separadas son retiradas con ayuda de líquido dieléctrico el cual debe circular continuamente.

La electroerosión es un proceso lento si se compara con los procesos de maquinado, pero es de gran ayuda en casos como ranuras estrechas y profundas, cabe destacar este es un proceso en cual se obtiene un acabado superficial de excelente calidad.

### **1.6.3 EROSION QUIMICA**

Este proceso se utiliza básicamente en la realización de letras, números, marcas, o emblemas en relieve a piezas sobre el metal de un molde.

Para realizar este tipo de trabajo se requiere de soluciones ácidas o alcalinas. El proceso es el siguiente: se aplica sobre el metal un recubrimiento de una laca o cera resistente a los ácidos, luego se aplica la solución durante un cierto tiempo para que ocurra el ataque, una vez transcurrido el tiempo se aplica una solución para desplazar el metal y dar lugar al detalle rebajado que se requiere, este detalle es de excelente acabado superficial.

## **1.7 MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACION DE MOLDES**

### **1.7.1 INTRODUCCION**

Los fabricantes de matrices deben poseer un conocimiento básico de los materiales que se utilizan para la fabricación de los mismos, a la vez deben preocuparse de estar al día de los nuevos métodos y materiales que aparecen en el mercado.

El material que generalmente se utiliza en la construcción de matrices es el acero.

El costo de un acero utilizado en un matriz es el factor menos importante, pero las horas de trabajo empleadas en la fabricación de las diferentes partes de la matriz representan una inversión muy importante, la misma que puede perderse si el diseño es malo o los materiales no son adecuados, por lo que es importante la correcta elección de los materiales empleados en la fabricación de un molde.

### **1.7.2 ACEROS UTILIZADOS EN LA FABRICACION DE MOLDES**

Los aceros que se utilizan en la construcción de moldes son:

- Acero de bajo contenido de carbono (menos del 0,20%)
- Acero de mediano contenido de carbono (0,20 a 0.60%)
- Acero de alto contenido de carbono (0,70% a 1,30%)

Los aceros suaves de bajo contenido de carbono, son los más utilizados ya que son fáciles de maquinar debido a la presencia de fósforo y azufre. Con frecuencia contienen inclusiones no metálicas, las cuales proporcionan el acabado en la matriz y la pieza.

Debido a que cada parte de una matriz va a estar sometida a diferentes condiciones al momento de realizar el moldeo, es necesario determinar el tipo de acero a emplearse en dichas partes.

Los aceros que se utilizan en la industria de construcción de moldes por lo general son:

### **1.7.2.1 Chapas de acero**

Estas chapas son de bajo contenido de carbono, de baja pureza en comparación al volumen, este acero puede cementarse y templarse, se utiliza básicamente en la fabricación de armazones de moldes. Cabe anotar que este tipo de material no debe utilizarse para cavidades y machos, ni siquiera en los moldes más baratos.

### **1.7.2.2 Acero de herramientas**

Este material fue el primero en utilizarse en la construcción de moldes, pero debido a la evolución de la industria del acero este ha sido desplazado por aleaciones especiales exclusivas para la construcción de moldes.

La ventaja de este material es la fácil maquinabilidad. Se usan con frecuencia para la fabricación de moldes de inyección, debido a que este acero no se deforma fácilmente como otros aceros bajo la acción de grandes presiones.

### **1.7.2.3 Aceros de Aleados**

Los aceros aleados son de gran utilidad en la fabricación de matrices, debido a las características que poseen. Estas características son únicas y dependen del elemento aleante.

**Tabla 1.1: Propiedades de los elementos de aceros aleados<sup>1</sup>**

<b>Elemento</b>	<b>Característica</b>
Silicio	Dureza
Manganeso	Desoxida durante el proceso de fabricación y aumenta la resistencia
Níquel	Tenacidad y resistencia
Cromo	Dureza
Vanadio	Depurador. También aumenta la dureza a la fatiga
Molibdeno	Amplia el margen de tratamiento térmico y rebaja el costo
Tungsteno	Dureza y resistencia al calor

#### **1.7.2.4 Aceros inoxidables**

Los aceros inoxidables utilizados en la construcción de moldes son los de tipo AISI de la serie 400. De ellos el que más se emplea es el tipo 420.

Contiene del 12 al 14% de cromo y puede ser tratado satisfactoriamente para lograr un temple o dureza en toda la masa de 45 a 50 Rockwell C.<sup>2</sup>

## **1.8 METODO DE MOLDEO POR INYECCION**

### **1.8.1 INTRODUCCION**

La inyección de plásticos, es el proceso de moldeo que mayor desarrollo ha experimentado dentro de la industria del tratamiento de plásticos. El desarrollo de este proceso fue influenciado por el avance tecnológico de las materias primas (materias termoplásticas) y fue acompañado por la exigencia de adaptar la técnica a la elaboración de nuevos plásticos que aparecen en el mercado

<sup>1</sup> DUBOIS-PRIBBLE. Ingeniería de Moldes para Plástico. Ed. URMO. Pag. 215

<sup>2</sup> DUBOIS-PRIBBLE. Ingeniería de Moldes para Plástico. Ed. URMO. Pag. 216

## 1.8.2 DESCRIPCION DEL PROCESO

El proceso de inyección empieza con el camino de la materia prima que se vierte en una tolva del dispositivo dosificador situado sobre la unidad inyectora de la máquina. Una parte de esta materia prima que se encuentra en el émbolo del dispositivo dosificador, es empujada hacia delante, una vez que el material pasa esta primera fase, es trasladada por medio de un émbolo de inyección hacia adelante hasta llegar al cilindro de plastificación. Las bandas calefactoras situadas en la superficie exterior del cilindro, llevan al material a una temperatura que produce la transformación de la masa de inyección prensada en una fusión termoplástica.

La pared interior del cilindro trasmite continuamente su propio calor al granulado, que empieza rápidamente a modificar su consistencia sólida de granos bajo la influencia de la temperatura. Cabe destacar que por las características del proceso (método de trabajo intermitente), se permite que el avance de material no sea permanente, sino que haya una cierta permanencia de la masa en el cilindro, sin embargo con cada avance la disgregación de material aumenta, llegando a la parte delantera del cilindro calefactor como fusión plástica homogénea y lista para la inyección. A través de una boquilla se presiona la masa caliente hacia el molde cerrado. La velocidad de inyección depende de las propiedades del plástico que se emplea en el proceso. La cantidad de material dosificado debe ser tal que su volumen baste para llenar los huecos del molde, la masa plástica se enfría al poco tiempo dentro del molde con ayuda de sistemas de enfriamiento dispuestos en ambas partes del molde.

Para la finalización del proceso, la materia prima ya con la forma deseada y solidificada, es extraída del molde. (Ver figura 1.8)

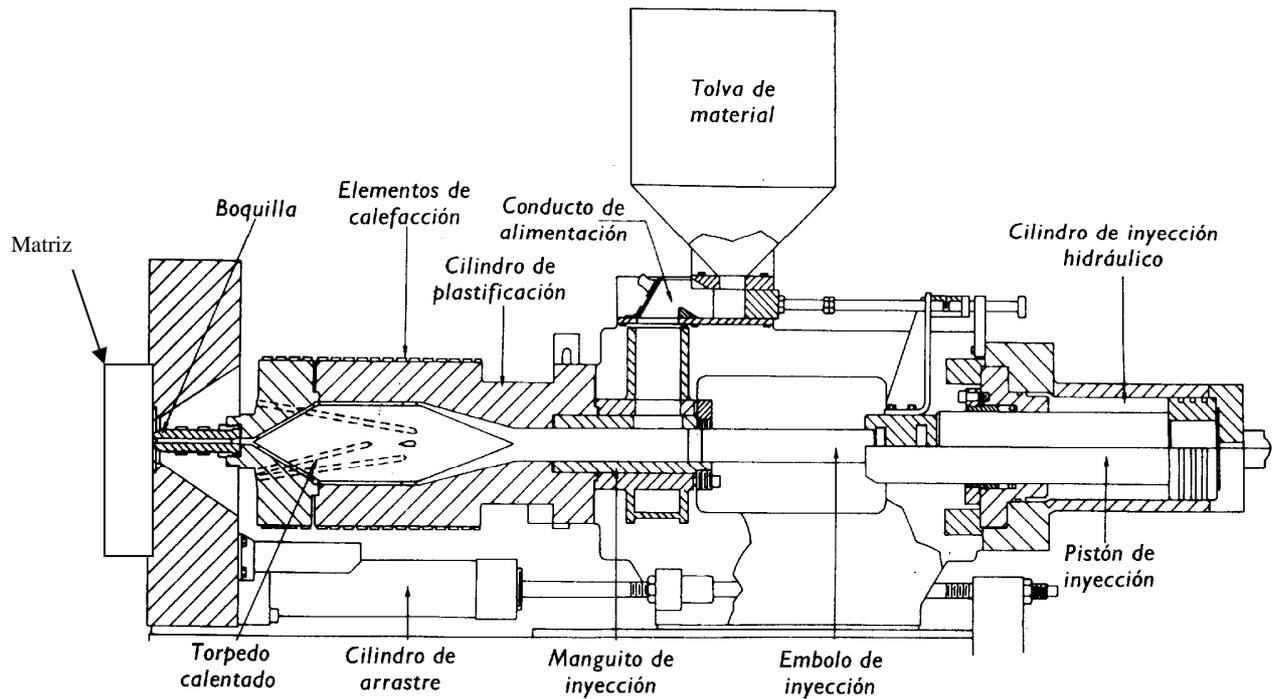


Figura 1.8: Proceso de Inyección

El proceso ofrece entre otras cosas:

- Máxima exactitud de forma y dimensiones de la pieza inyectada.
- Posibilidad de formación de orificios, refuerzos, ajustes y marcas así como inserción de elementos de otros materiales, con lo que la producción se hace completa.
- Superficie lisa y limpia de las piezas inyectadas.
- Buenas propiedades de resistencia a pesar de espesores de pared fina, con una configuración de las piezas adecuadas al proceso y al material.
- Rápida producción de gran cantidad de piezas en moldes duraderos con una o varias cavidades; esto permite plazos de entrega relativamente cortos y una capacidad de almacenaje reducida.

- Gran aprovechamiento del material empleado.

### **1.8.3 SISTEMAS QUE COMPONEN LOS MOLDES DE INYECCION**

Es necesario conocer los sistemas de mayor importancia en la fabricación de moldes de inyección. Los que se van a tratar en este trabajo son los siguientes: extractores, de alimentación, de entrada y de refrigeración.

#### **1.8.3.1 Sistema Extractor**

Este sistema se utiliza para expulsar las piezas de los moldes, en vista de que éstas se quedan adheridas en las paredes del molde debido a fuerzas adherentes, tensiones internas o por material resaltante.

Se debe tener muy en cuenta el tipo de material con el que se va a trabajar, ya que dependiendo de esto se escoge los diferentes tipos de sistemas extractores. Los sistemas extractores que se utilizan con mayor frecuencia son espiga o lámina extractora, placa extractora y expulsión por aire.

##### *1.8.3.1.1 Espiga o lámina extractora*

Dependiendo del trabajo que se vaya a realizar se utilizan espigas redondas o rectangulares. Para tener una vida útil lo mas larga posible, las espigas deben situarse en una zona amplia. Este sistema de extracción es utilizado con materiales de moldeo rígidos (Ver figura 1.9).

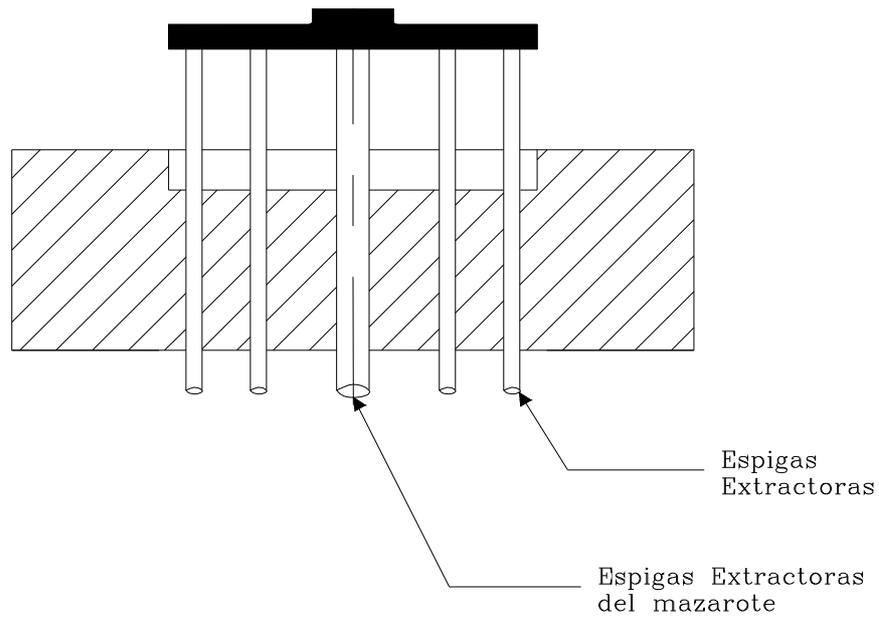


Figura 1.9: Diseño típico de espigas extractoras.

#### 1.8.3.1.2 Placas Extractoras

Este sistema es el más utilizado en la fabricación de moldes. Permite la extracción uniforme de piezas de paredes delgadas o profundas, moldeadas con cualquier tipo de material (Ver figura 1.10)

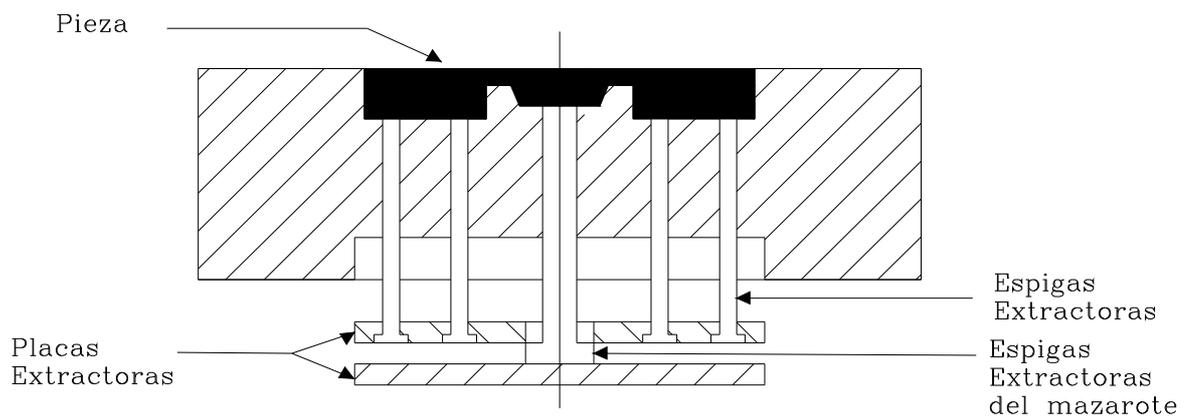


Figura 1.10: Diseño Placas Extractoras

### 1.8.3.1.3 Expulsión por Aire

En este sistema se introduce aire a presión por el interior del núcleo que soporta la pieza; la válvula se acciona mediante una espiga móvil unida a una barra extractora y que al abrirse el molde deja escapar aire, el cual obliga a la pieza a desprenderse (Ver figura 1.11).

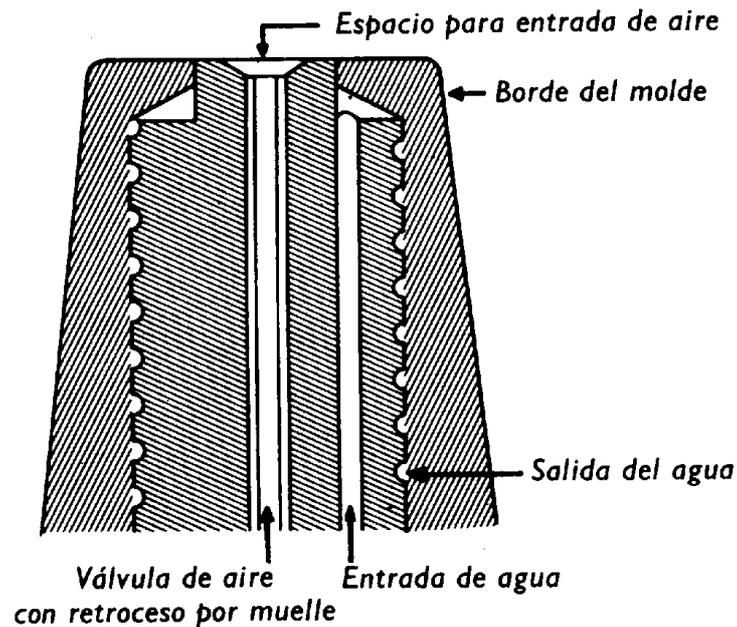


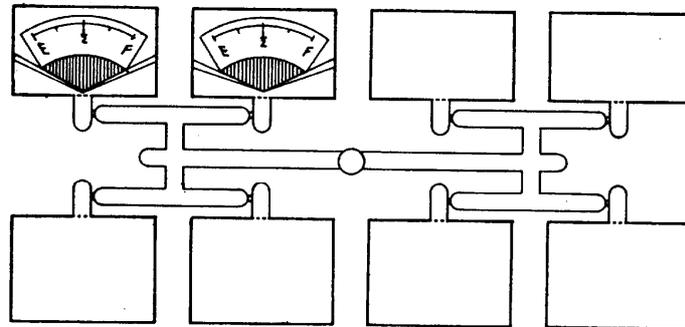
Figura 1.11: Montaje de una válvula de extracción por aire

### 1.8.3.2 Sistemas de Alimentación

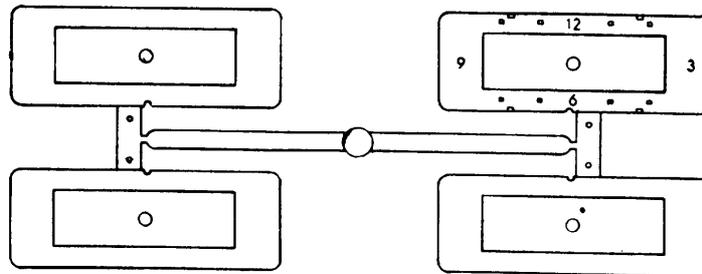
Los sistemas de alimentación tienen por objeto recibir la masa de moldeo fundida procedente del cilindro de plastificación y dirigida a la cavidad del molde.

La sección circular es la que mayormente se utiliza en el diseño de moldes, debido a que esta presenta la menor relación de superficie a volumen, ocasionando pérdidas mínimas de calor y de presión.

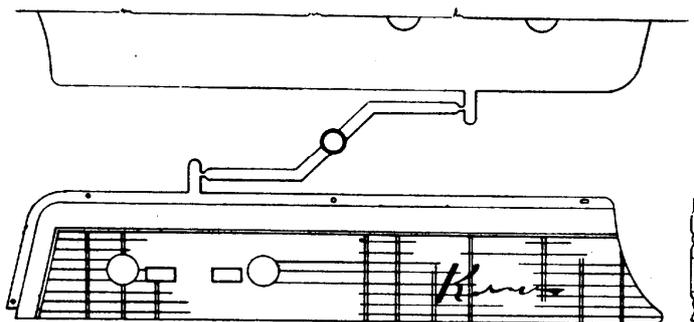
La disposición de los canales de entrada, con los que frecuentemente se trabajan, lleva el nombre de canales equilibrados (Ver figura 1.12).



a) Para 8 piezas



b) Para 4 piezas



c) Para 2 piezas

Figura 1.12: Canales equilibrados. a) Para 8 piezas; b) Para 4 piezas; c) Para 2 piezas

Un canal de alimentación equilibrado permite obtener una uniformidad del flujo del material desde el bebedero a las distintas cavidades, debido a que todos los canales se encuentran a la misma distancia del bebedero.

Al momento de diseñar los moldes de inyección no se puede especificar con exactitud el tamaño, forma y longitud del canal de alimentación; esto se conoce al momento que se construye la matriz. Por experiencias de constructores de matrices, se utilizan las siguientes sugerencias para el diseño de estos canales.

- La superficie de los canales deben estar bien pulidas para la mayoría de materiales plásticos.
- En sistemas de alimentación muy ramificados es preferible disponer de extractores múltiples.

### **1.8.3.3 Sistemas de Refrigeración**

Para que el material se endurezca en un período corto de tiempo, es importante reducir la temperatura del material moldeado después de ser inyectado en el molde.

Para cumplir con este objetivo se requiere de sistemas de refrigeración, que por lo general son fabricados en el interior del molde. Los moldes llevan canales interiores que permiten el flujo de agua a diferentes temperaturas; muchas veces los canales están dispuestos de tal manera que es posible controlar la temperatura del molde por zonas. Cabe destacar que los canales deben tener la abertura adecuada para que el medio refrigerante pueda fluir rápidamente (ver figura 1.13).

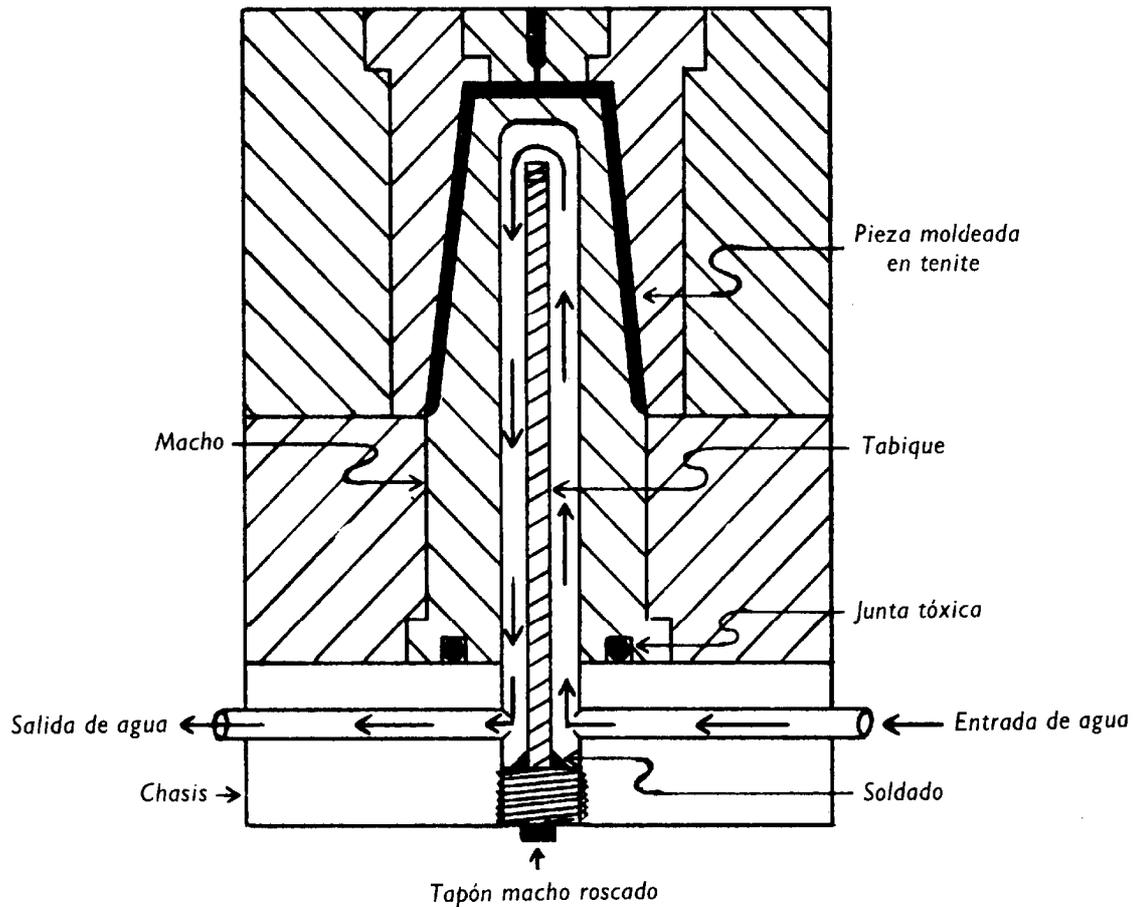


Figura 1.13: Diseño típico de un sistema de enfriamiento de matrices para inyección

#### 1.8.3.4 Bebederos

El diámetro y la longitud de los bebederos varían de acuerdo con el tipo de molde. El bebedero debe ser cónico, con el fin de poder sacar fácilmente la mazarota. El diámetro debe ser mayor al de la boquilla para evitar que la mazarota sea impedida en su salida.

La unión entre el bebedero y la tobera se puede observar en la figura 1.14.

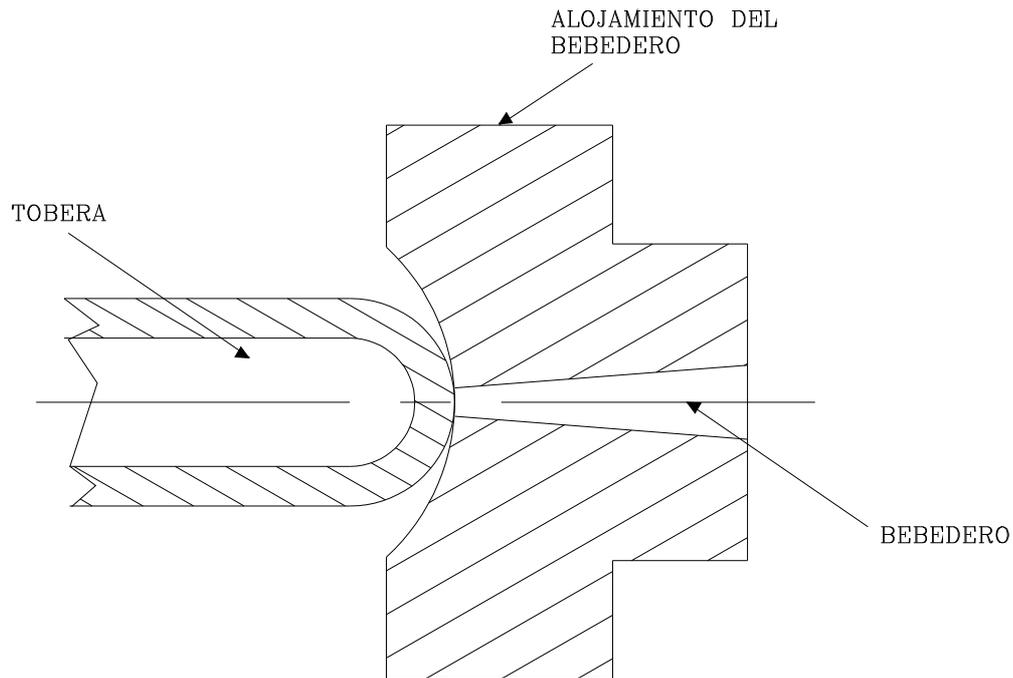


Figura 1.14: Unión bebedero-tobera

La altura que debe tener el bebedero en un molde normal es de 20 mm, y una conicidad máxima de  $4^\circ$  de afuera hacia adentro, es decir desde la boquilla hacia el interior.<sup>3</sup> Estos valores pueden variar dependiendo de la geometría de la pieza a obtenerse.

En la figura 1.15 se puede observar la altura y la conicidad de un bebedero.

---

<sup>3</sup> MENGUES-MOHREN. Moldes para Inyección. Ed. Gustavo Gilli. Pag. 60

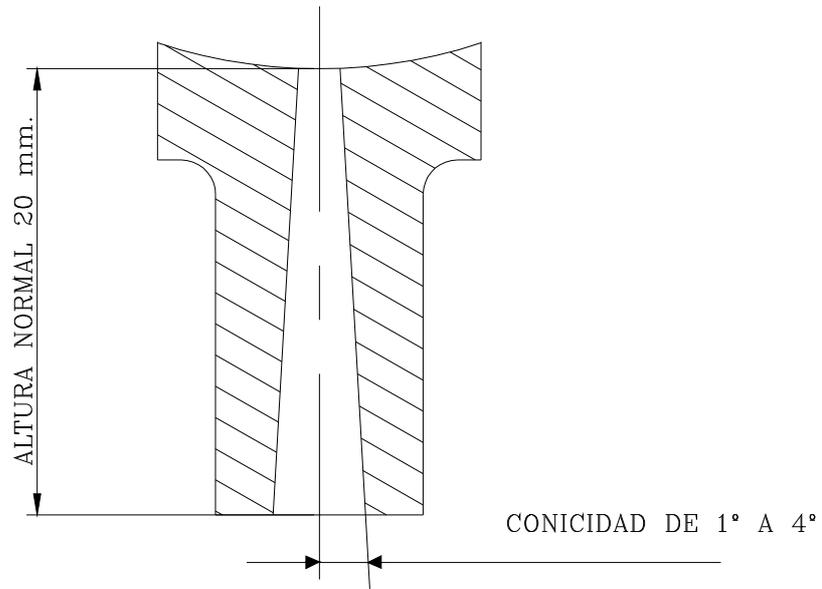


Figura 1.15: Conicidad y altura del bebedero

## **CAPITULO II**

### **ANALISIS Y SELECCION DE ALTERNATIVAS**

Todo proyecto en su etapa de diseño está sometido a una serie de alternativas con el fin de seleccionar la apropiada y solucionar de la mejor manera el problema planteado.

Para seleccionar la mejor alternativa de diseño, se comienza realizando un estudio del problema en el cual se analiza los requerimientos de la matriz a construirse, así como también el tipo de piezas a ser fabricadas.

En base al estudio anterior se fijaron los siguientes factores técnicos de diseño de la siguiente manera.

- Funcionalidad.
- Operación
- Acoplamiento
- Montaje

Además de los factores anteriores también se fijaron factores económicos de la siguiente manera:

- Materia Prima
- Proceso de Fabricación
- Costos

Tomando en cuenta los factores tanto técnicos como económicos, y los criterios a considerarse; se procede a utilizar un método de toma de decisiones (método subjetivo). El primer paso para utilizar este método es dar un peso y designación a los factores a considerarse, de la siguiente manera:

**Tabla 2.1: Factores, pesos y designación a tomarse en cuenta**

<b>FACTORES</b>	<b>PESO</b>	<b>DESIGNACION</b>
Funcionalidad	20	A
Operación	10	B
Acoplamiento	10	C
Montaje	10	D
Materia Prima	15	E
Proceso de Fabricación	20	F
Costos	30	G

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

Luego se procede a dar una escala de división, de la siguiente manera:

**Tabla 2.2: Escala de División**

<b>ESCALA DE DIVISION</b>	
S	5
MB	4
B	3
R	2
M	1

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

Una vez que se tiene la escala de división y el peso de cada factor se procede a evaluar los criterios de mayor importancia en el diseño.

## 2.1 NUMERO DE PIEZAS A FABRICARSE

Este factor es de gran importancia debido a que de acuerdo al tamaño de las piezas; se pueden realizar números determinados de piezas en una sola operación:

En este caso se han tomado como referencia las siguientes matrices:

1. Matriz de 6 piezas
2. Matriz de 8 piezas

### Alternativa 1: Matriz de 6 Piezas

En la figura 2.1 se puede observar la alternativa 1.

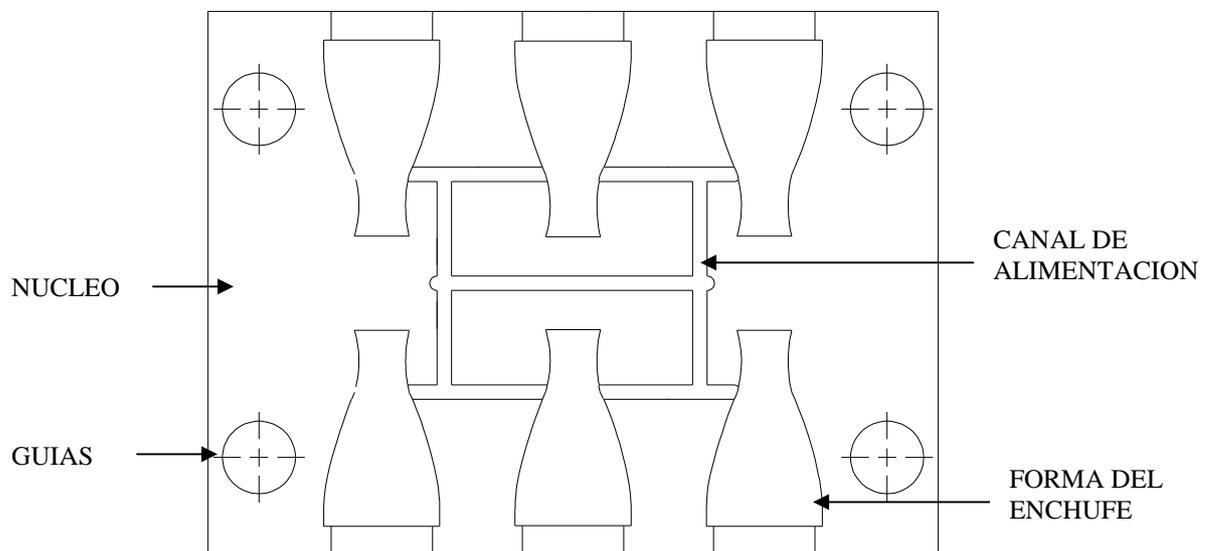


Figura 2.1: Alternativa 1: Matriz de 6 Piezas

En la figura 2.2 se puede observar la alternativa 2.

**Alternativa 1: Matriz de 8 Piezas**

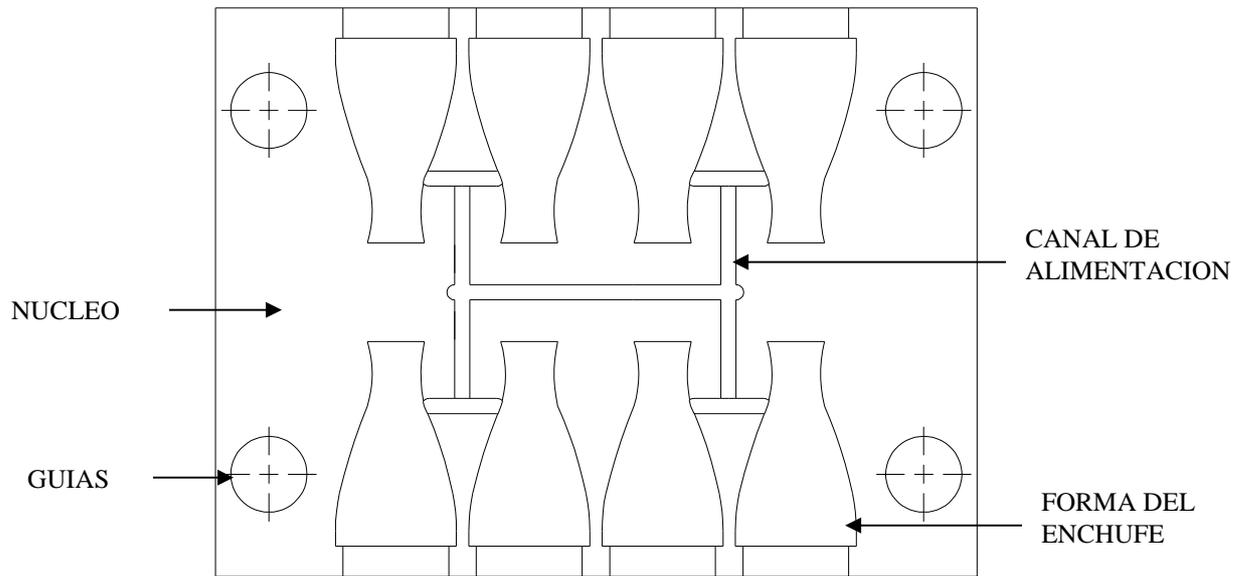


Figura 2.2: Alternativa 2: Matriz de 8 Piezas

En la tabla 2.3 se aprecia la guía de ponderación del número de piezas

**Tabla 2.3: Guía de ponderación del número de piezas**

PESO	DESIGNACION DE CRITERIO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	SUMA
20	A	MB	S	9
10	B	MB	MB	8
10	C	MB	MB	8
10	D	MB	MB	8
15	E	MB	MB	8
20	F	B	MB	7
30	G	MB	B	7
$\Sigma= 115$				

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

En la tabla 2.4 se aprecia los datos a utilizarse para la ponderación del número de piezas

**Tabla 2.4: Datos a utilizarse para la ponderación del número de piezas**

PESO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
20/115	4/9	5/9
10/115	4/8	4/8
10/115	4/8	4/8
10/115	4/8	4/8
15/115	4/8	4/8
20/115	3/7	4/7
30/115	4/7	3/7

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

#### ALTERNATIVA 1

$$w_1 = \frac{20}{115} * \frac{4}{9} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{15}{115} * \frac{4}{8} + \frac{20}{115} * \frac{3}{7} + \frac{30}{115} * \frac{4}{7}$$

$$w_1 = 0.496549$$

#### ALTERNATIVA 2

$$w_2 = \frac{20}{115} * \frac{5}{9} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{15}{115} * \frac{4}{8} + \frac{20}{115} * \frac{4}{7} + \frac{30}{115} * \frac{3}{7}$$

$$w_2 = 0.503450$$

Para saber cual es la mejor alternativa, dependiendo de los criterios anteriormente citados, se utiliza la siguiente fórmula:

$$A_i = (1 - A) * w_i$$

Donde:

A = Factor que se utiliza para la elección de alternativas, en este caso se Utiliza 0,3

En la tabla 2.5 se aprecia la ponderación del número de piezas

**Tabla 2.5: Ponderación del número de piezas**

<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>ALTERNATIVA 2</b>
0.3475843	0.352415

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

Por lo tanto se elige la ALTERNATIVA 2.

## **2.2 SISTEMA DE GUIAS (INSERTOS MOVILES)**

Este sistema es importante en la fabricación de alojamientos complicados, en este caso para los alojamientos de las patas y tornillos al momento de obtener la pieza acabada.

Para este caso se escogió 2 sistemas de insertos móviles:

1. Movimiento mediante resortes
2. Movimiento mediante Guías Inclinadas

En la figura 2.3 se puede observar la alternativa 1.

**Alternativa 1:** Movimiento Mediante Resortes

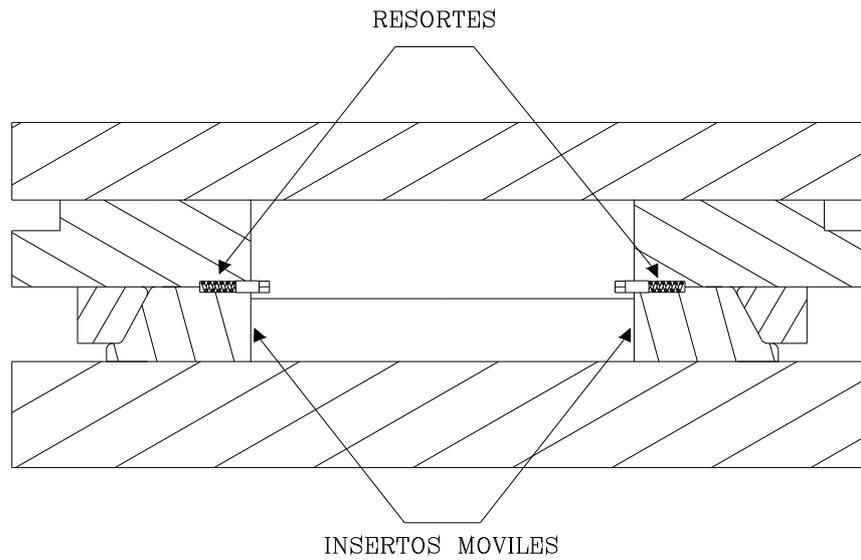


Figura 2.3: Alternativa 1: Movimiento mediante resortes

En la figura 2.4 se puede observar la alternativa 2.

**Alternativa 1: Movimiento Mediante Guías Inclinadas**

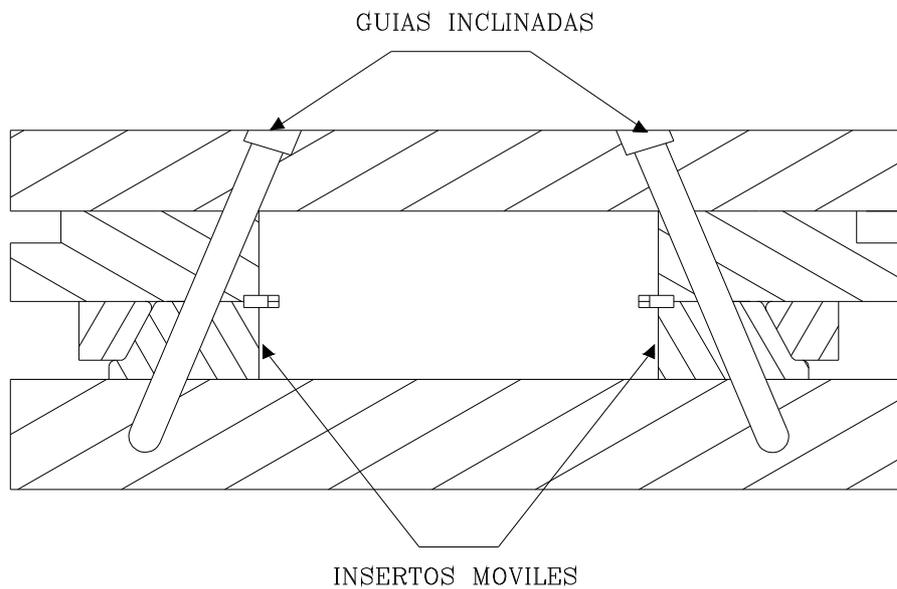


Figura 2.4: Alternativa 2: Movimiento Mediante Guías Inclinadas

En la tabla 2.6 se aprecia la guía de ponderación de los sistemas de guías.

**Tabla 2.6: Guía de ponderación de los sistemas de guías**

<b>PESO</b>	<b>DESIGNACIÓN DE CRITERIO</b>	<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>ALTERNATIVA 2</b>	<b>SUMA</b>
20	A	MB	MB	8
10	B	MB	MB	8
10	C	MB	MB	8
10	D	B	MB	7
15	E	B	MB	7
20	F	R	MB	6
30	G	B	S	8
$\Sigma= 115$				

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

En la tabla 2.7 se aprecia los datos a utilizarse para la ponderación de los sistemas de guías

**Tabla 2.7: Datos a utilizarse para la ponderación de los sistemas de guías**

<b>PESO</b>	<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>ALTERNATIVA 2</b>
20/115	4/8	4/8
10/115	4/8	4/8
10/115	4/8	4/8
10/115	3/7	4/7
15/115	3/7	4/7
20/115	2/6	4/6
30/115	3/8	5/8

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

### ALTERNATIVA 1

$$w_1 = \frac{20}{115} * \frac{4}{8} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{10}{115} * \frac{3}{7} + \frac{15}{115} * \frac{3}{7} + \frac{20}{115} * \frac{2}{6} + \frac{30}{115} * \frac{3}{8}$$

$$w_1 = 0.422$$

### ALTERNATIVA 2

$$w_2 = \frac{20}{115} * \frac{4}{8} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{10}{115} * \frac{4}{7} + \frac{15}{115} * \frac{4}{7} + \frac{20}{115} * \frac{4}{6} + \frac{30}{115} * \frac{5}{8}$$

$$w_2 = 0.577$$

Para saber cuál es la mejor alternativa, dependiendo de los criterios anteriormente citados, se utiliza la siguiente fórmula:

$$A_1 = (1 - A) * w_1$$

Donde:

A = Factor que se utiliza para la elección de alternativas, en este caso se Utiliza 0,3

En la tabla 2.8 se aprecia la ponderación de los sistemas de guías.

**Tabla 2.8: Ponderación de los sistemas de guías**

ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
0.2954	0.404

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

Por lo tanto se elige la ALTERNATIVA 2.

## 2.3 SISTEMA DE REFRIGERACION

Del sistema de enfriamiento depende la producción rápida y la obtención de piezas de buena calidad (rechupe); por lo que se debe tener mucho cuidado al momento de construir el sistema de enfriamiento con el fin de obtener resultados óptimos.

Las alternativas para el sistema de refrigeración son las siguientes:

1. Sistema recto
2. Sistema en espiral.

En la tabla 2.9 se aprecia la guía de ponderación del sistema de enfriamiento

**Tabla 2.9: Guía de ponderación del sistema de enfriamiento**

PESO	DESIGNACIÓN DE CRITERIO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	SUMA
20	A	MB	B	7
10	B	MB	B	7
10	C	MB	B	7
10	D	MB	MB	8
15	E	MB	MB	8
20	F	MB	B	7
30	G	B	B	7
$\Sigma= 115$				

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

En la tabla 2.10 se aprecian los datos a utilizarse para la ponderación del sistema de enfriamiento

**Tabla 2.10: Datos a utilizarse para ponderación del sistema de enfriamiento**

PESO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
20/115	4/7	3/7
10/115	4/7	3/7
10/115	4/7	3/7
10/115	4/8	4/8
15/115	4/8	4/8
20/115	4/7	3/7
30/115	3/6	3/6

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

#### ALTERNATIVA 1

$$w_1 = \frac{20}{115} * \frac{4}{7} + \frac{10}{115} * \frac{4}{7} + \frac{10}{115} * \frac{4}{7} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{15}{115} * \frac{4}{8} + \frac{20}{115} * \frac{4}{7} + \frac{30}{115} * \frac{3}{6}$$

$$w_1 = 0.537$$

#### ALTERNATIVA 2

$$w_2 = \frac{20}{115} * \frac{3}{7} + \frac{10}{115} * \frac{3}{7} + \frac{10}{115} * \frac{3}{7} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{15}{115} * \frac{4}{8} + \frac{20}{115} * \frac{3}{7} + \frac{30}{115} * \frac{3}{6}$$

$$w_2 = 0.462$$

Para saber cuál es la mejor alternativa; dependiendo de los criterios anteriormente citados, se utiliza la siguiente fórmula:

$$A_1 = (1 - A) * w_1$$

Donde:

A = Factor que se utiliza para la elección de alternativas, en este caso se Utiliza 0,3

En la tabla 2.11 se aprecia la ponderación del sistema de enfriamiento

**Tabla 2.11: Ponderación del sistema de enfriamiento**

<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>ALTERNATIVA 2</b>
0.3759	0.3234

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

Por lo tanto se elige la ALTERNATIVA 1

## **2.4 MECANISMO DE EXPULSION**

Elegir un buen mecanismo de expulsión es de gran importancia, ya que este puede causar daño a la pieza moldeada si no se toma en cuenta el número de espigas expulsoras que se utilizan; otro aspecto a tomarse en cuenta es la carrera de los expulsores la cual debe ser suficiente para retirar la pieza moldeada de la parte fija del molde.

Las alternativas para el mecanismo de expulsión son las siguientes:

1. Placas extractoras
2. Expulsión por aire

En la figura 2.5 se puede observar la alternativa 1.

### Alternativa 1: Placas Extractoras

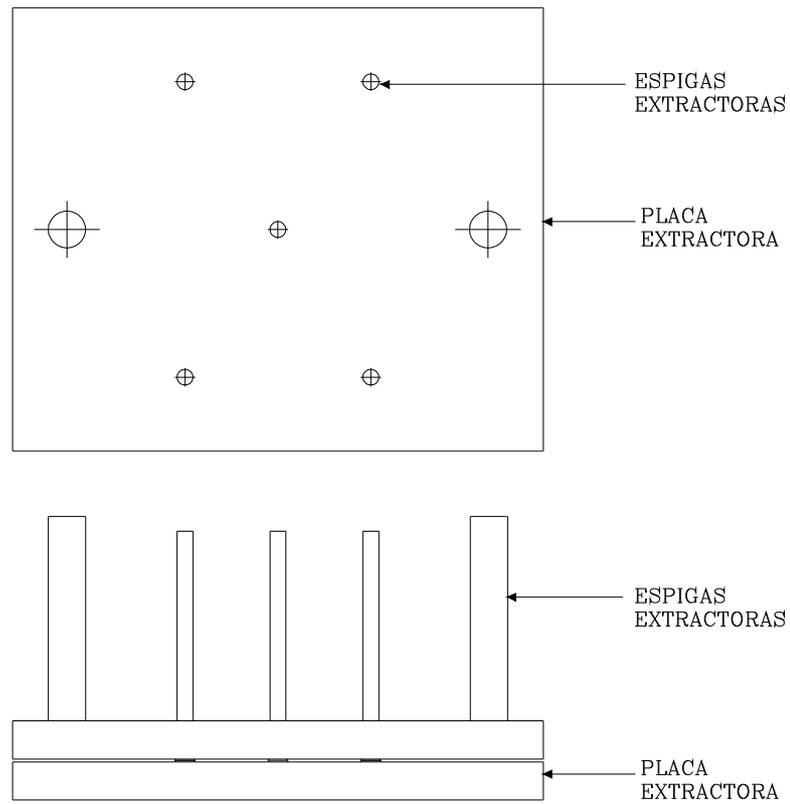


Figura 2.5: Alternativa 1: Placas Extractoras

En la figura 2.6 se puede observar la alternativa 2.

### Alternativa 2: Expulsión por Aire

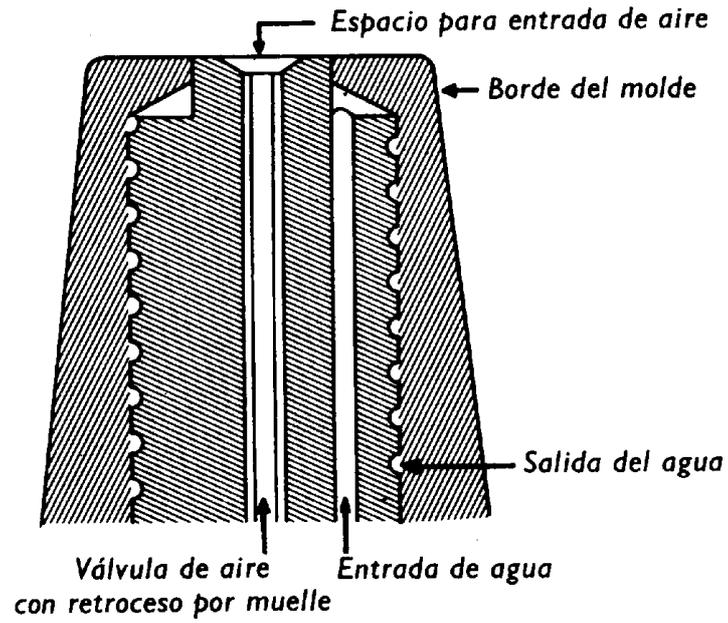


Figura 2.6: Alternativa 2: Expulsión por Aire

En la tabla 2.12 se aprecia la guía de ponderación del mecanismo de expulsión.

Tabla 2.12: Guía de ponderación del mecanismo de expulsión.

PESO	DESIGNACIÓN DE CRITERIO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	SUMA
20	A	S	MB	9
10	B	MB	MB	8
10	C	MB	MB	8
10	D	MB	B	7
15	E	MB	B	7
20	F	MB	MB	8
30	G	MB	B	7
$\Sigma= 115$				

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

En la tabla 2.13 se aprecia los datos a utilizarse para el mecanismo de expulsión.

**Tabla 2.13: Datos a utilizarse para la ponderación del mecanismo de expulsión.**

PESPO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
20/115	5/9	4/9
10/115	4/8	4/8
10/115	4/8	4/8
10/115	4/7	3/7
15/115	4/7	3/7
20/115	4/8	4/8
30/115	4/7	3/7

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

#### ALTERNATIVA 1

$$w_1 = \frac{20}{115} * \frac{5}{9} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{10}{115} * \frac{4}{7} + \frac{15}{115} * \frac{4}{7} + \frac{20}{115} * \frac{4}{8} + \frac{30}{115} * \frac{4}{7}$$

$$w_1 = 0.543$$

#### ALTERNATIVA 2

$$w_2 = \frac{20}{115} * \frac{4}{9} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{10}{115} * \frac{4}{8} + \frac{10}{115} * \frac{3}{7} + \frac{15}{115} * \frac{3}{7} + \frac{20}{115} * \frac{4}{8} + \frac{30}{115} * \frac{3}{7}$$

$$w_2 = 0.456$$

Para saber cual es la mejor alternativa, dependiendo de los criterios anteriormente citados, se utiliza la siguiente fórmula:

$$A_i = (1 - A) * w_i$$

Donde:

A = Factor que se utiliza para la elección de alternativas, en este caso se Utiliza 0,3

En la tabla 2.14 se aprecia la ponderación del mecanismo de expulsión.

**Tabla 2.14: Ponderación del mecanismo de expulsión**

<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>ALTERNATIVA 2</b>
0.3801	0.3192

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

Por lo tanto se elige la ALTERNATIVA 1

## **2.5 PROTOCOLO DE PRUEBAS**

El protocolo de pruebas que se va a desarrollar en el presente trabajo se describe detalladamente en las siguientes tablas:

**Tabla 2.15: Verificación de las dimensiones principales**

<b>DIMENSIONES PRINCIPALES</b>				
<b>Dimensión</b>	<b>Diseño</b>	<b>Prototipo</b>	<b>Aceptación</b>	
			<b>SI</b>	<b>NO</b>
Largo total [mm]				
Ancho total [mm]				
Altura total [mm]				

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

**Tabla 2.16: Verificación de los componentes principales**

<b>VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES</b>			
<b>ELEMENTO</b>	<b>BUENO</b>	<b>REGULAR</b>	<b>MALO</b>
Funcionamiento sistema de guías.			
Funcionamiento sistema de refrigeración.			
Funcionamiento sistema de alimentación.			
Funcionamiento de los expulsores del material.			

Fuente: Propia.  
Elaborado: López, Morales

**Tabla 2.17: Verificación en vacío del molde**

<b>SISTEMA</b>								
<b>Tiempo [min]</b>	<b>Guías</b>		<b>Carros móviles</b>		<b>Expulsión</b>		<b>Refrigeración</b>	
	Falla	No falla	Falla	No falla	Falla	No falla	Falla	No falla
30								
60								
90								
120								

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

**Tabla 2.18: Verificación del espesor del enchufe**

<b>ESPESOR DEL ENCHUFE</b>		
<b>Nº</b>	<b>Tiempo [min]</b>	<b>Espesor</b>
1		
2		
3		
4		
<b>Espesor promedio</b>		

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

**Tabla2.19: Calidad y Cantidad del producto final (enchufe)**

	CALIDAD			CANTIDAD
Tiempo [min]	BUENA	REGULAR	MALA	
30				
60				
90				
120				

Fuente: Propia.

Elaborado: López, Morales

## CAPITULO III

### CALCULOS DEL DISEÑO SELECCIONADO

#### 3.1 PLANTEAMIENTO DE LA ALTERNATIVA DE DISEÑO

El molde a diseñarse consta de las siguientes partes:

- Una parte móvil llamado macho, y una parte fija llamada hembra. Estas partes se pueden apreciar en la figura 3.1.

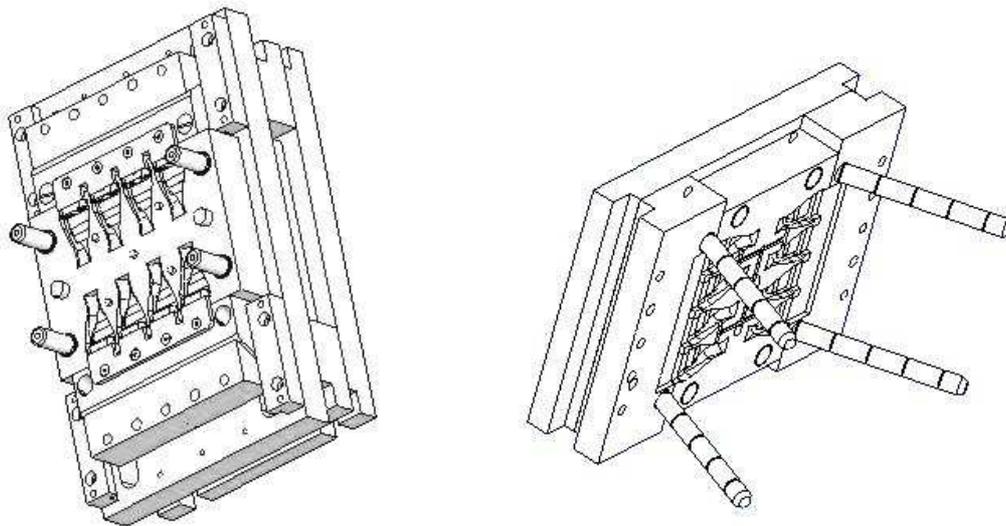


Figura 3.1: Parte Fija y Parte Móvil

- Tanto en la parte móvil como en la fija se encuentran sistemas de refrigeración en forma de serpentín (rectos); es decir tienen una entrada y una salida de agua, y a la vez cuatro ductos los cuales alimentarán de agua las cavidades tanto del macho como de la hembra.

- En la parte móvil, se encuentran cuatro guías inclinadas, las cuales ayudan a guiar a los insertos móviles. Para este molde se utilizan dos insertos móviles iguales (Ver figura 3.2).

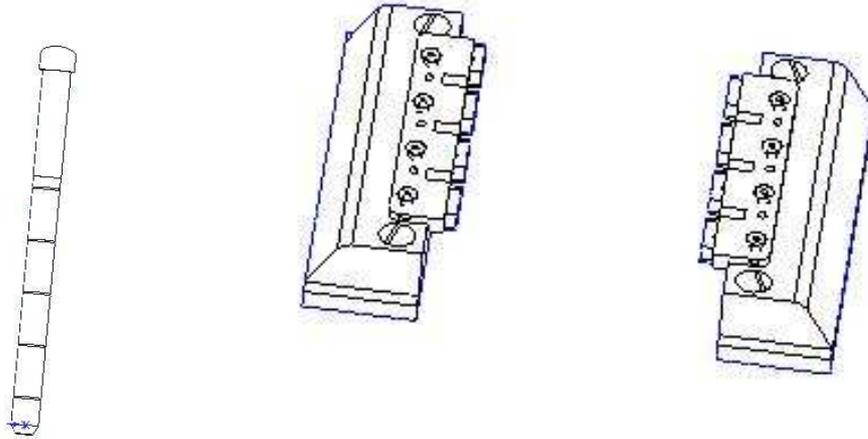


Figura 3.2: Guía e Insertos Móviles

- En la parte fija se encuentra el mecanismo de expulsión, el cual está formado por dos placas y cinco espigas extractoras (Ver Figura 3.3).

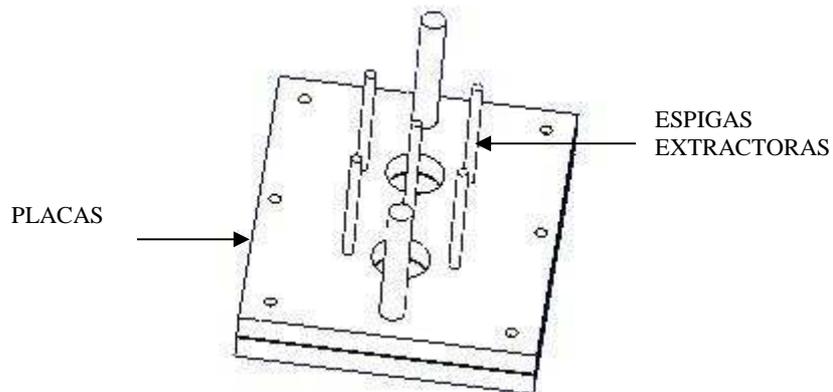


Figura 3.3: Mecanismo Expulsor

Con lo explicado anteriormente, el molde final a diseñarse es el siguiente (Ver Figura 3.4):

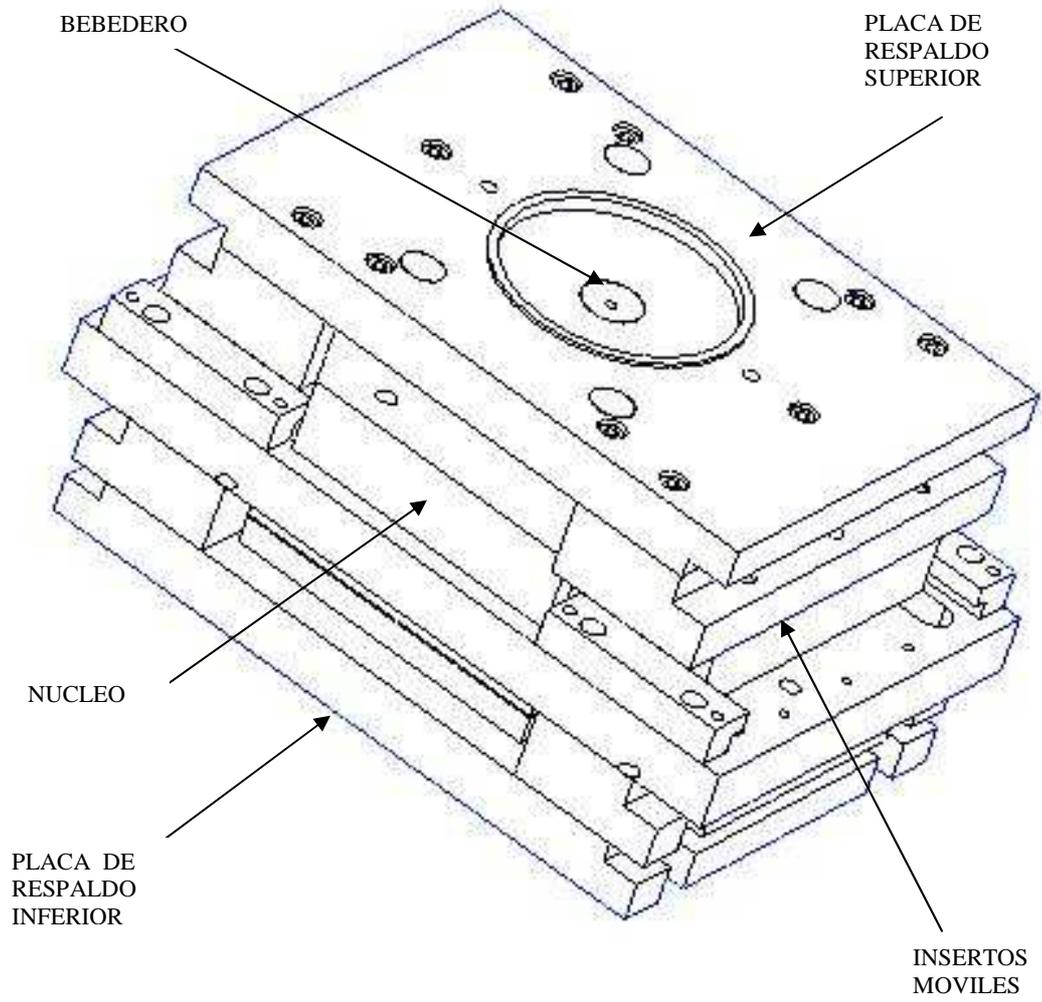


Figura 3.4: Molde Final con sus partes principales

### 3.2 PARAMETROS DE DISEÑO

El enchufe motivo de la tesis presenta las siguientes dimensiones:

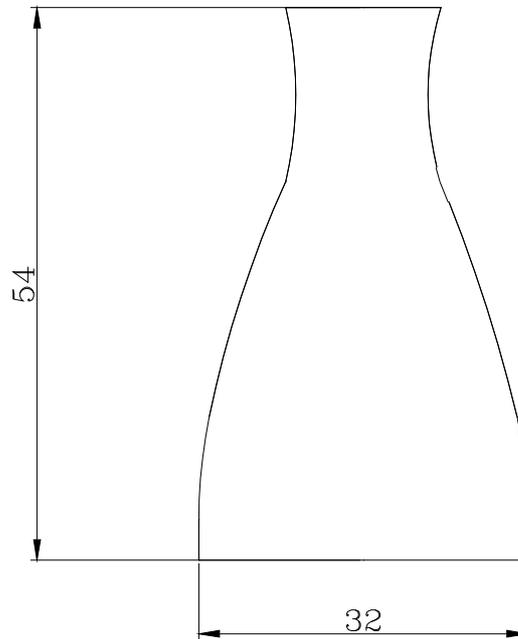


Figura 3.5: Vista frontal de enchufe.

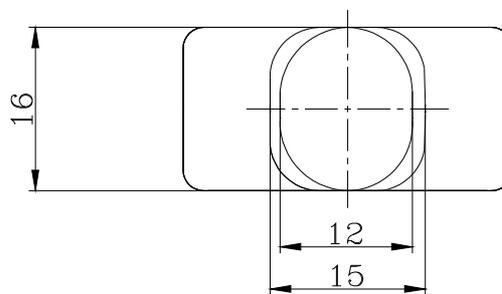


Figura 3.6: Vista superior del enchufe

A partir de estas dimensiones, se procederá a realizar una parte de los cálculos de la matriz.

### 3.3 PRESION DE INYECCION

En el proceso de inyección de plástico se debe tomar en cuenta el tipo de inyectora que se va a utilizar, por lo que el primer paso para realizar el cálculo del

diseño seleccionado, es el de comprobar que la presión de inyección de la máquina es la correcta.

Para comprobar si la presión de la inyectora es la adecuada para el molde se debe tomar en cuenta la longitud de recorrido del flujo plástico, el espesor de las piezas y el tipo de materia prima que se va a utilizar.

### 3.3.1 LONGITUD DE RECORRIDO DEL FLUJO PLÁSTICO

La longitud aproximada por donde va a recorrer el flujo plástico es de  $L=925$  mm. (Ver figura 3.7). Este se obtuvo con la ayuda del programa SolidWorks 2005 (ver anexo C).

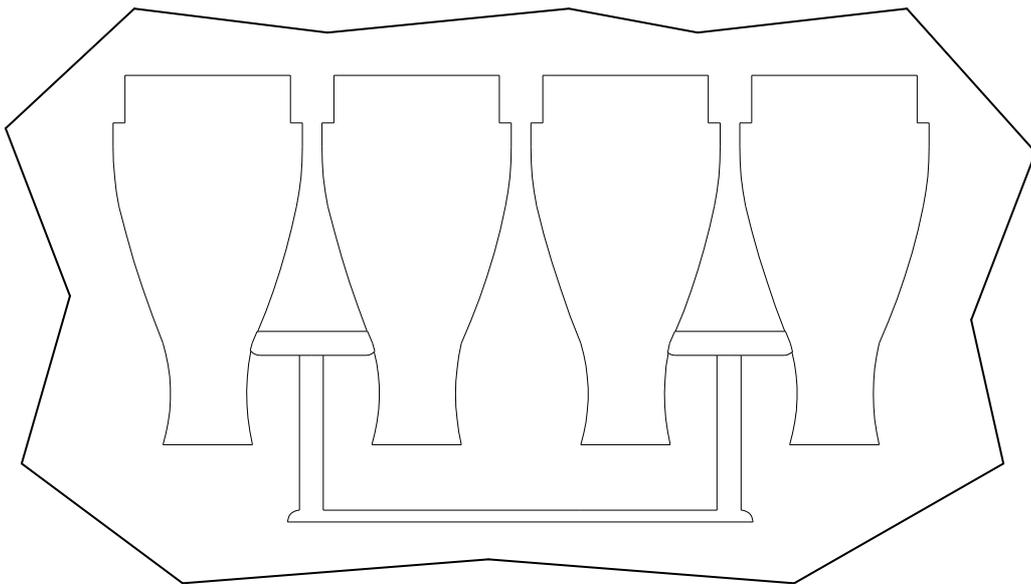


Figura 3.7: Sección transversal de la cavidad.

Cabe destacar que sólo se toma la longitud de una parte del molde, esto debido a que la cavidad del molde, así como la pieza a fabricarse es simétrica, por lo tanto la longitud del flujo plástico que va a circular va a ser la misma.

### **3.3.2 ESPESOR DE LA PIEZA**

Según el diseño que se plantea y tomando en cuenta que no tiene un solo espesor debido a su forma compleja, el espesor aproximado del enchufe es de 3 mm.

### **3.3.3 MATERIA PRIMA**

La materia prima que se optó utilizar es el P.V.C. - flexible, esto debido a:

Propiedades del material: Muy elástico, característica semejante a la goma.<sup>4</sup>

Aplicaciones: Juntas, industria eléctrica, bases para aparatos, juguetes, piezas para instalaciones, mandos de vehículos, botas, elementos de amortiguación en la construcción de radios y teléfonos.<sup>5</sup>

Una vez conocidos los parámetros anteriormente citados, y con la ayuda de la figura 3.8, se logra obtener una presión de inyección aproximada. Para nuestro caso, la presión de inyección necesaria es de aproximadamente 5000 N/cm<sup>2</sup>.

Al comparar la presión teórica (5000 N/cm<sup>2</sup>), con la presión de la inyectora que se va a utilizar (12900 N/cm<sup>2</sup>, ver presión de la inyectora en anexo A); se puede llegar a la conclusión que la inyectora se encuentra dentro de un rango aceptable de trabajo

## **3.4 FUERZA DE CIERRE**

Una vez que se ha comprobado que la inyectora es la adecuada para realizar el trabajo que se desea, se procede a obtener la fuerza de cierre, la cual asegura que el molde no se va a abrir en el momento en que se realice el trabajo.

---

<sup>4</sup> MINK, W. Inyección de Plásticos. Ed. Gustavo Gili. Pag. 53

<sup>5</sup> MINK, W. Inyección de Plásticos. Ed. Gustavo Gili. Pag. 53

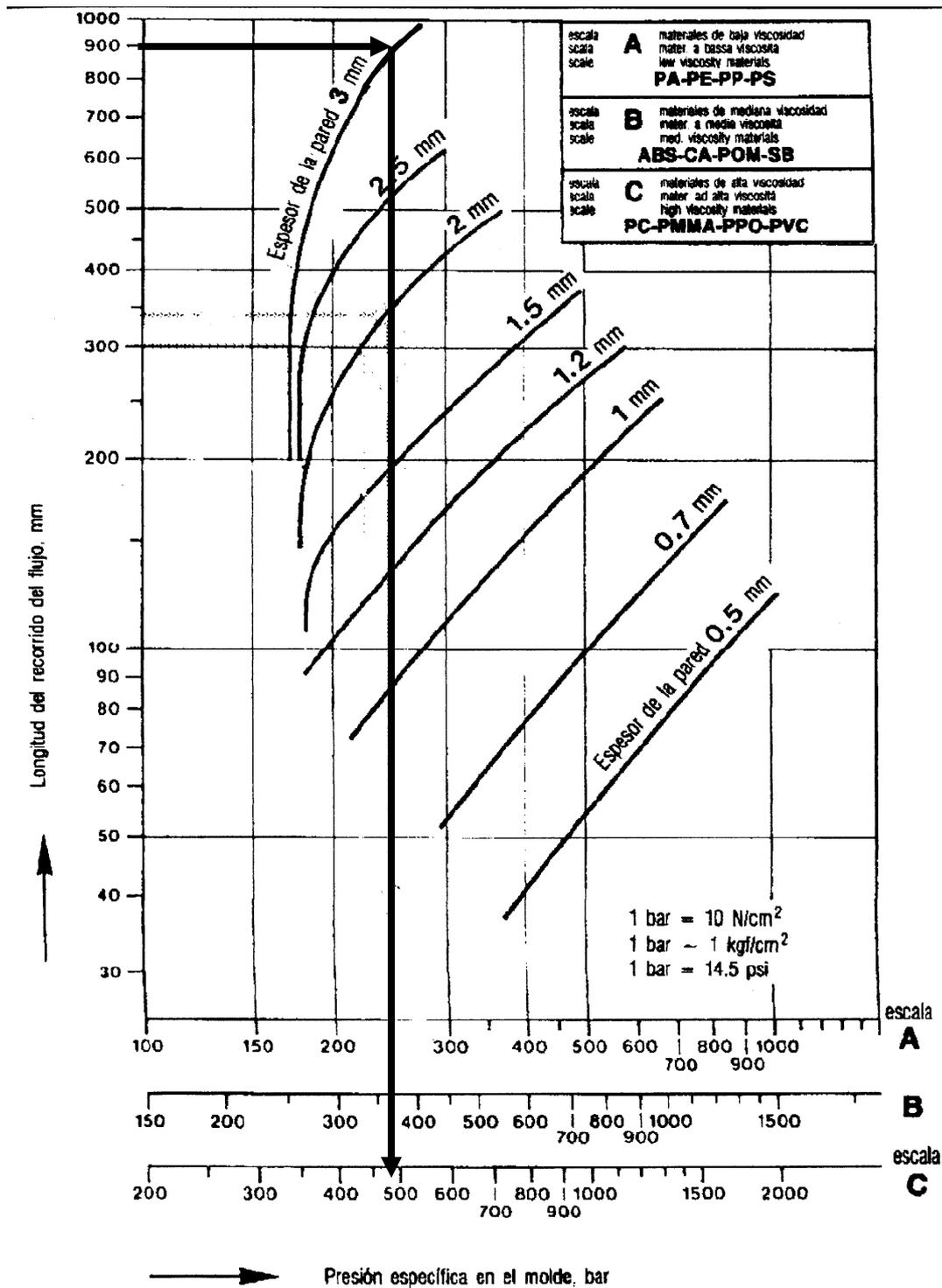


Figura 3.8: Diagrama para el cálculo de la presión específica en la cavidad del molde en función de la longitud de trayectoria de flujo plástico, espesor y viscosidad del material en estado fundido<sup>6</sup>

<sup>6</sup> GIANNI, P. Moldes y Máquinas de Inyección para la Transformación de Plástico. Ed. Mc Graw Hill. Pag.339

Para obtener un diseño acorde a lo requerido, se utiliza la presión de inyección anteriormente calculada y se procede a calcular la fuerza de inyección, la cual permite determinar la fuerza de cierre.

$F_i$  = Fuerza de inyección

$A$  = Área transversal de la cavidad =  $113.4054 \text{ cm}^2$  (Área obtenida con ayuda de SolidWorks). Ver anexo C.

$P$  = Presión de Inyección =  $5000 \text{ N/cm}^2$

Por lo tanto:

$$F_i = A * P$$

$$F_i = 113.4054 \text{ cm}^2 * 5000 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$F_i = 567.027 \text{ KN}$$

La fuerza de cierre se transmite a través de cuñas que se encuentran localizadas en molde, de la siguiente manera (Ver figura 3.9):

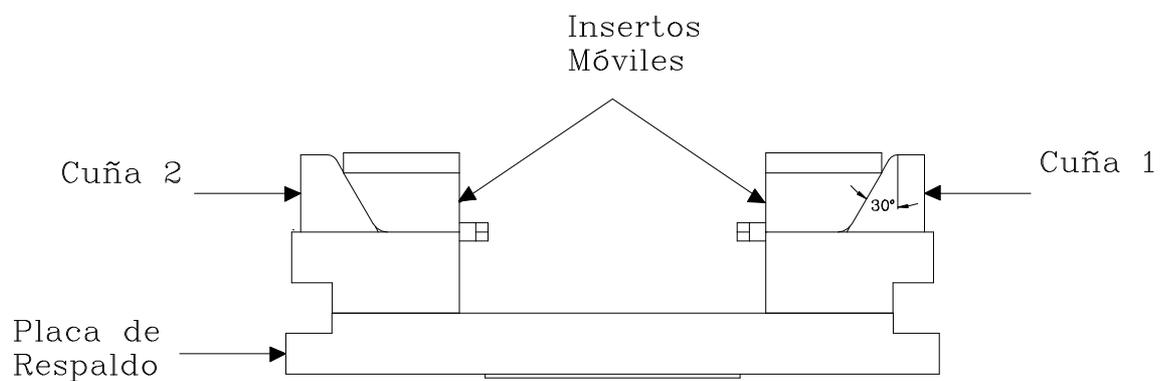


Figura 3.9: Angulo de cuña

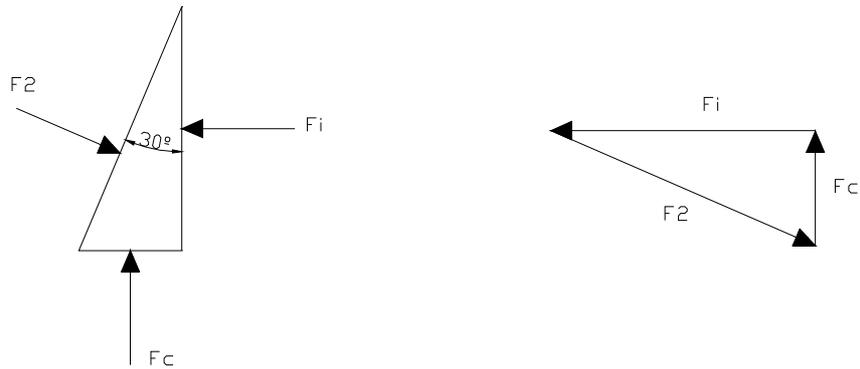


Figura 3.10: Diagrama de las fuerzas sobre las cuña

Por lo tanto la  $F_c$ , es:

$$F_c = F_i * \tan 30$$

$$F_c = 567.027 \text{ KN} * \tan 30$$

$$F_c = 327.373 \text{ KN} = 32.73 \text{ Kgf} = 32.73 \text{ Ton}$$

Este resultado nos garantiza que el molde no se va a abrir, ya que la fuerza de cierre que tiene la máquina a utilizarse es de 96 Ton (Fuerza de cierre ver en el anexo A).

### 3.5 CALCULO DE ESFUERZOS EN LA PLACA DE RESPALDO

Para obtener los cálculos de las placas de respaldo, se realiza el análisis de fuerza en las cuñas y los insertos móviles de la siguiente manera:

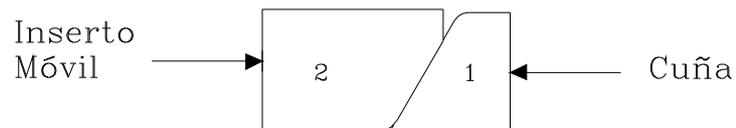


Figura 3.11: Localización de los insertos móviles y las cuñas

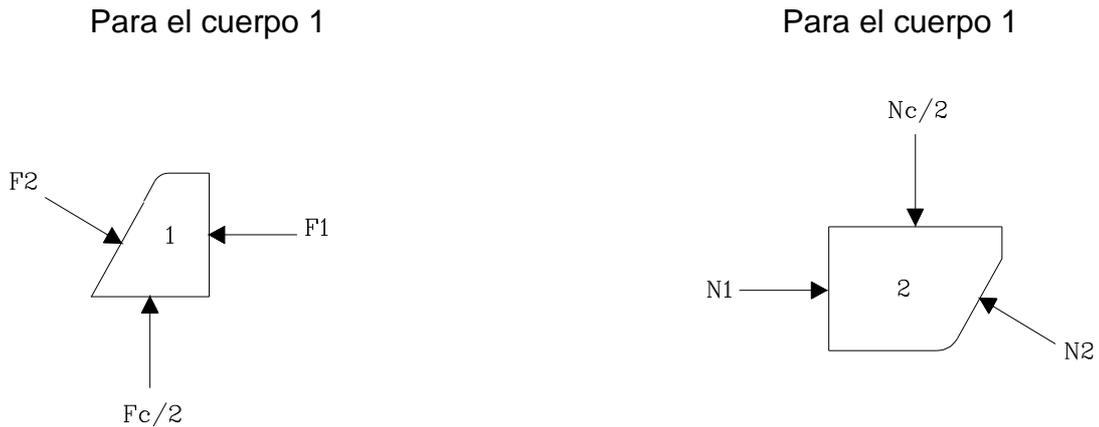


Figura 3.12: Diagrama de las fuerzas las cuñas y los insertos móviles

Donde:

$F_c$  = Fuerza de cierre

$F_1$  y  $F_2$  = Fuerzas que se generan debido a las reacciones que presentan al momento de inyectar el plástico.

$N_c$ ,  $N_1$ ,  $N_2$  = Reacciones generadas por las fuerzas anteriores.

Por lo tanto:

$$F_c = N_c,$$

$$F_1 = N_1$$

$$F_2 = N_2$$

Para obtener las fuerzas  $F_1$  y  $F_2$  se utiliza la siguiente expresión:

$$\tan 30^\circ = \frac{F_c/2}{F_1}$$

$$F_1 = \frac{F_c}{2 * \tan 30^\circ}$$

$$F_1 = \frac{327.373}{2 * \tan 30^\circ}$$

$$F_1 = 283.51 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} \cos 30^\circ &= \frac{F_1}{F_2} \\ F_2 &= \frac{F_1}{\cos 30^\circ} \\ F_2 &= \frac{283.51}{\cos 30^\circ} \\ F_2 &= 327.37 \text{ KN} \end{aligned}$$

La fuerza con la que se va a trabajar es la fuerza  $F_1$ .

Para determinar los esfuerzos que van a actuar en la placa de respaldo, se traslada la fuerza hacia la placa, con lo que se obtienen esfuerzos de tensión y flexión.

Con el fin de simplificar los cálculos; y en vista de que los esfuerzos de flexión no generan grandes efectos en la placa debido a que la placa se encuentra emperrada al momento que trabaja, éstos se desprecian, con lo que para el análisis final se considera a la placa que se encuentra sometida a tensión simple.

En vista de que los cálculos de la placa de respaldo son repetitivos, se realiza un análisis previo de los valores que se necesitan para diseñar la placa de respaldo.

Para iniciar los cálculos en la placa se debe tener cuidado con los concentradores de tensión que se originan por el hecho de haber realizado agujeros.

Los concentradores de tensión que se originan en el análisis se pueden observar en la figura 3.13:

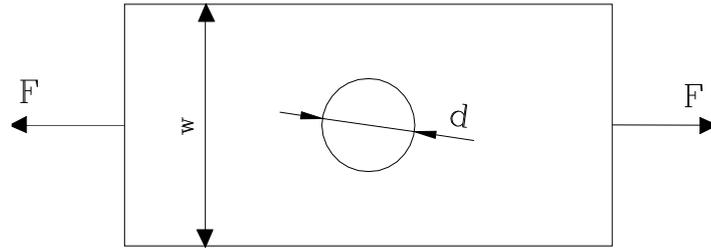


Figura 3.13: Placa con agujero transversal sometida a tensión o compresión

La importancia de tomar en cuenta los concentradores de esfuerzo, es debido al factor de concentración de esfuerzos ( $K_t$ ) que depende de la relación  $d/w$ ; es decir que al obtener el valor de este coeficiente, se obtiene automáticamente en valor de  $K_t$  por medio de tablas.

Debido a la presencia de múltiples agujeros en una misma sección, es necesario considerar:

$d$  = diámetro del agujero a considerarse

$w/2$  = la mayor distancia entre el centro del agujero y un borde

$A$  = área efectiva

Esto debido a que con un  $d/w$  mínimo se obtendrá un  $K_t$  máximo.

En vista de que la carga varía desde un máximo cuando la cavidad esta completamente llena, hasta un mínimo cuando el molde está abierto, el análisis del elemento se lo realiza a fatiga.

Para términos de diseño y seguridad, los cálculos se realizan considerando vida infinita.

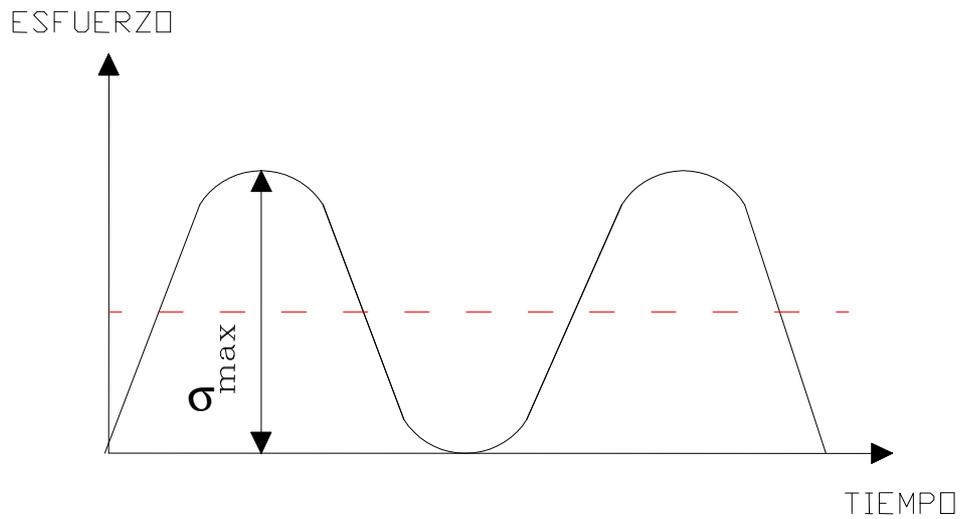


Figura 3.14: Variación de esfuerzos en función de tiempo.

Por medio de la teoría de falla en fatiga de Goodman Modificado, y tomando en cuenta la variación de los esfuerzos fluctuantes, se obtiene la siguiente ecuación:

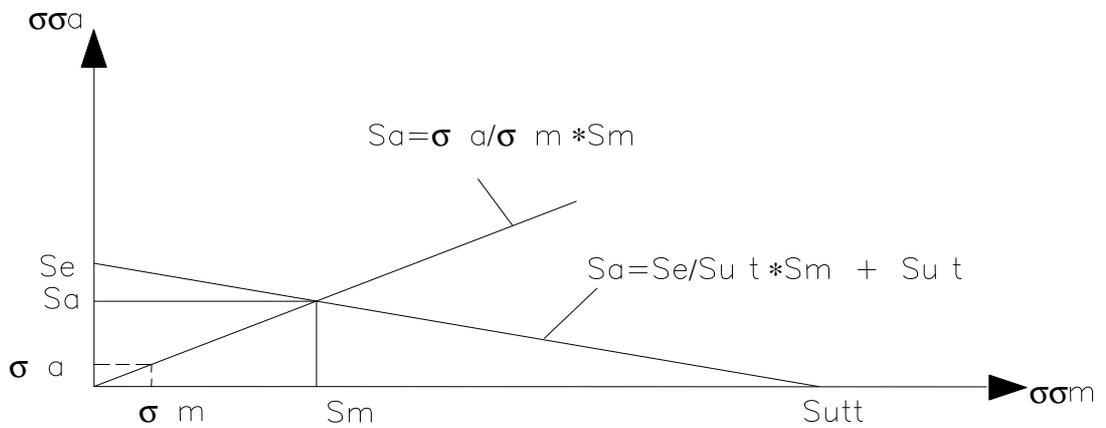


Figura 3.15: Diagrama de Goodman Modificado<sup>7</sup>

$$Sm = \frac{Se}{\frac{\sigma_a}{\sigma_m} + \frac{Se}{Sut}} \quad 8$$

<sup>7</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 338.

<sup>8</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 340.

Pero como

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma_{\max}}{2}$$

Por lo tanto:

$$S_a = S_m = \frac{S_e * S_{ut}}{S_e + S_{ut}}$$

El factor de seguridad que se ha de utilizar se obtiene de la siguiente manera:

$$fs = \frac{S_a}{\sigma_a} = \frac{S_m}{\sigma_m} \text{ } ^9$$

A continuación se aplicarán las fórmulas anteriormente obtenidas para diseñar la placa de respaldo superior.

### **3.5.1 DISEÑO DE LA PLACA DE RESPALDO SUPERIOR**

Debido a la cantidad de concentradores de esfuerzo de este elemento; se procede a analizarlo en varias secciones.

Las secciones a tomarse en cuenta se observan en la figura 3.16.

---

<sup>9</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 346.

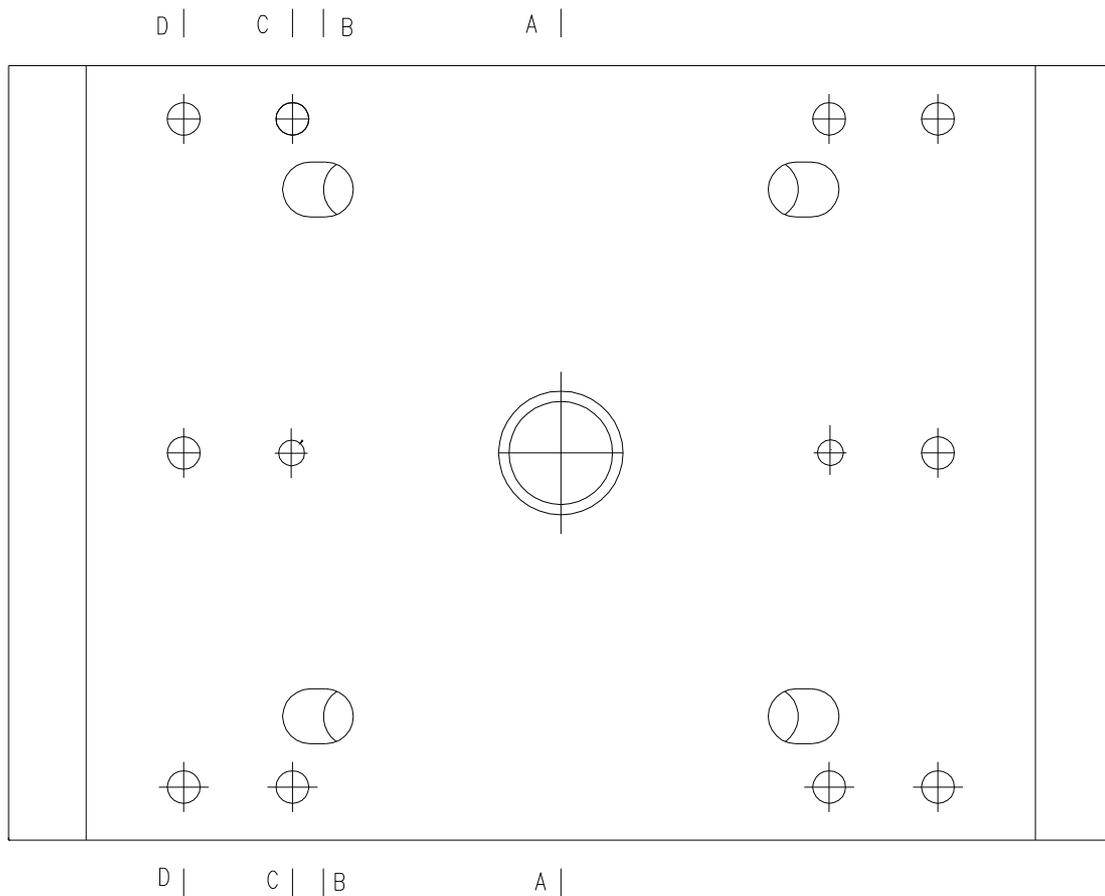


Figura 3.16: Placa de Respaldo Superior

El material recomendado para la fabricación de esta placa es el Acero AISI 1045, el cual posee las siguientes propiedades mecánicas:

**Tabla 3.1: Propiedades Mecánicas del Acero AISI 1045**<sup>10</sup>

Resistencia a la tracción	65 Kg/mm <sup>2</sup>
Esfuerzo de cadencia	32 Kg/mm <sup>2</sup>
Elongación	min. 10 %
Reducción de Área	40 %
Dureza	220 – 235

<sup>10</sup> BOHMAN, I. Catalogo de Materiales. Pag. 25

### 3.5.1.1 Sección A-A

Para esta sección se tienen los siguientes datos:

$$A = (225.5 - 30) * 30 = 5865 \text{ mm}^2$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

$$w/2 = 112.75$$

$$d/w = 0.133$$

$$K_t = 2.6$$

$$\sigma_{\max} = K_t * \sigma_o$$
$$\sigma_{\max} = K_t * \frac{F_1}{A} \quad ^{11}$$

$$\sigma_{\max} = 2.6 * \frac{283.51}{5865}$$

$$\sigma_{\max} = 0.125 \frac{KN}{mm^2}$$

$$\sigma_{\max} = 125 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{\max} = 18.14 \text{ Kpsi}$$

$$S_{ut} = 650 \text{ N/mm}^2 = 94.4 \text{ Kpsi}$$

$$S_e' = 0.314 * S_{ut} + 19.2 \quad ^{12}$$

$$S_e' = 48.84 \text{ Kpsi}$$

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * S_e' \quad ^{13}$$

Donde:

---

<sup>11</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 321.

<sup>12</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 315.

<sup>13</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 307.

$$k_a = 0.73$$

$$k_b = 1$$

$$k_c = 0.897$$

$$k_d = 1$$

$$k_e = 1$$

Figura 7-10 <sup>14</sup>

Se trabaja con carga axial <sup>15</sup>

Se va a trabajar con una confiabilidad del 90% Tabla 7-7 <sup>16</sup>

Se trabaja a temperatura ambiente <sup>17</sup>

Factor de concentración de esfuerzos  $K_e = 1$ , ya que este valor considera en el incremento del esfuerzo. <sup>18</sup>

$$S_e = 0.73 * 1 * 0.897 * 1 * 1 * 48.84$$

$$S_e = 32 \text{ Kpsi}$$

$$S_a = S_m = \frac{S_e * S_{ut}}{S_e + S_{ut}}$$

$$S_a = S_m = \frac{32 * 94.4}{32 + 94.4}$$

$$S_a = S_m = 23.9 \text{ Kpsi}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma_{\max}}{2}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{18.14}{2}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = 9.07 \text{ Kpsi}$$

$$f_s = \frac{S_a}{\sigma_a} = \frac{S_m}{\sigma_m}$$

$$f_s = \frac{23.9}{9.07}$$

$$f_s = 2.6$$

---

<sup>14</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 308.

<sup>15</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 315.

<sup>16</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 319.

<sup>17</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 320.

<sup>18</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 324.

### 3.5.1.2 Sección B-B

Para esta sección se tienen los siguientes datos:

$$A = (225.5 - (2 \cdot 20)) \cdot 30 = 5565 \text{ mm}^2$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$w/2 = 189.2$$

$$d/w = 0.05$$

$$K_t = 2.8$$

$$\sigma_{\max} = K_t \cdot \sigma_o$$

$$\sigma_{\max} = K_t \cdot \frac{F_1}{A}$$

$$\sigma_{\max} = 2.8 \cdot \frac{283.51}{5565}$$

$$\sigma_{\max} = 0.142 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\max} = 142 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\max} = 20.6 \text{Kpsi}$$

$$S_{ut} = 650 \text{ N/mm}^2 = 94.4 \text{ Kpsi}$$

$$S_e' = 0.314 \cdot S_{ut} + 19.2$$

$$S_e' = 48.84 \text{ Kpsi}$$

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot S_e'$$

Donde:

$$k_a = 0.73$$

Figura 7-10

$$k_b = 1$$

Se trabaja con carga axial

$$k_c = 0.897$$

Se va a trabajar con una confiabilidad del 90% Tabla 7-7

$$k_d = 1$$

Se trabaja a temperatura ambiente

$$k_e = 1$$

Factor de concentración de esfuerzos  $K_e = 1$ , ya que este valor considera en el incremento del esfuerzo

$$Se = 0.73 * 1 * 0.897 * 1 * 1 * 48.84$$

$$Se = 32Kpsi$$

$$Sa = Sm = \frac{Se * Sut}{Se + Sut}$$

$$Sa = Sm = \frac{32 * 94.4}{32 + 94.4}$$

$$Sa = Sm = 23.9Kpsi$$

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma_{max}}{2}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{20.6}{2}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = 10.3Kpsi$$

$$fs = \frac{Sa}{\sigma_a} = \frac{Sm}{\sigma_m}$$

$$fs = \frac{23.9}{10.3}$$

$$fs = 2.3$$

### 3.5.1.3 Sección C-C

En esta sección se deben realizar 2 análisis; en vista de que se tienen dos concentradores de tensiones.

Para el primer concentrador de tensiones se tienen los siguientes datos:

$$A = (225.5 - 7.5) * 30 = 6540 \text{ mm}^2$$

$$d = 7.5 \text{ mm}$$

$$w/2 = 112.75$$

$$d/w = 0.03$$

$$K_t = 2.9$$

$$\sigma_{\max} = K_t * \sigma_o$$

$$\sigma_{\max} = K_t * \frac{F_1}{A}$$

$$\sigma_{\max} = 2.9 * \frac{283.51}{6540}$$

$$\sigma_{\max} = 0.125 \frac{KN}{mm^2}$$

$$\sigma_{\max} = 125 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{\max} = 18.14 Kpsi$$

$$S_{ut} = 650 \text{ N/mm}^2 = 94.4 \text{ Kpsi}$$

$$S_e' = 0.314 * S_{ut} + 19.2$$

$$S_e' = 48.84 Kpsi$$

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * S_e'$$

Donde:

$$k_a = 0.73$$

$$k_b = 1$$

$$k_c = 0.897$$

$$k_d = 1$$

$$k_e = 1$$

Figura 7-10

Se trabaja con carga axial

Se va a trabajar con una confiabilidad del 90% Tabla 7-7

Se trabaja a temperatura ambiente

Factor de concentración de esfuerzos  $K_e = 1$ , ya que este valor considera en el incremento del esfuerzo

$$S_e = 0.73 * 1 * 0.897 * 1 * 1 * 48.84$$

$$S_e = 32 Kpsi$$

$$S_a = S_m = \frac{S_e * S_{ut}}{S_e + S_{ut}}$$

$$S_a = S_m = \frac{32 * 94.4}{32 + 94.4}$$

$$S_a = S_m = 23.9 Kpsi$$

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma_{\max}}{2}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{18.14}{2}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = 9.07 \text{ Kpsi}$$

$$fs = \frac{Sa}{\sigma_a} = \frac{Sm}{\sigma_m}$$

$$fs = \frac{23.9}{9.07}$$

$$fs = 2.6$$

Para el segundo concentrador de tensiones se tienen los siguientes datos:

$$A = (225.5 - (2 \cdot 9.5)) \cdot 30 = 6195 \text{ mm}^2$$

$$d = 9.5 \text{ mm}$$

$$w/2 = 205.5$$

$$d/w = 0.02$$

$$K_t = 3$$

$$\sigma_{\max} = K_t \cdot \sigma_o$$

$$\sigma_{\max} = K_t \cdot \frac{F_1}{A}$$

$$\sigma_{\max} = 3 \cdot \frac{283.51}{6195}$$

$$\sigma_{\max} = 0.137 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\max} = 137 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\max} = 19.8 \text{ Kpsi}$$

$$S_{ut} = 650 \text{ N/mm}^2 = 94.4 \text{ Kpsi}$$

$$Se' = 0.314 * Sut + 19.2$$

$$Se' = 48.84 Kpsi$$

$$Se = ka * kb * kc * kd * ke * Se'$$

Donde:

$$ka = 0.73$$

$$kb = 1$$

$$kc = 0.897$$

$$kd = 1$$

$$ke = 1$$

Figura 7-10

Se trabaja con carga axial

Se va a trabajar con una confiabilidad del 90% Tabla 7-7

Se trabaja a temperatura ambiente

Factor de concentración de esfuerzos  $Ke = 1$ , ya que este valor considera en el incremento del esfuerzo

$$Se = 0.73 * 1 * 0.897 * 1 * 1 * 48.84$$

$$Se = 32 Kpsi$$

$$Sa = Sm = \frac{Se * Sut}{Se + Sut}$$

$$Sa = Sm = \frac{32 * 94.4}{32 + 94.4}$$

$$Sa = Sm = 23.9 Kpsi$$

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma_{max}}{2}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{18.14}{2}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = 9.9 Kpsi$$

$$fs = \frac{Sa}{\sigma_a} = \frac{Sm}{\sigma_m}$$

$$fs = \frac{23.9}{9.9}$$

$$fs = 2.4$$

### 3.5.1.4 Sección D-D

Para esta sección se tienen los siguientes datos:

$$A = (225.5 - (3 \cdot 9.5)) \cdot 30 = 5910 \text{ mm}^2$$

$$d = 9.5 \text{ mm}$$

$$w/2 = 210$$

$$d/w = 0.02$$

$$K_t = 3$$

$$\sigma_{\max} = K_t \cdot \sigma_o$$

$$\sigma_{\max} = K_t \cdot \frac{F_1}{A}$$

$$\sigma_{\max} = 3 \cdot \frac{283.51}{5910}$$

$$\sigma_{\max} = 0.143 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\max} = 143 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\max} = 20.7 \text{ Kpsi}$$

$$S_{ut} = 650 \text{ N/mm}^2 = 94.4 \text{ Kpsi}$$

$$S_e' = 0.314 \cdot S_{ut} + 19.2$$

$$S_e' = 48.84 \text{ Kpsi}$$

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot S_e'$$

Donde:

$$k_a = 0.73$$

Figura 7-10

$$k_b = 1$$

Se trabaja con carga axial

$$k_c = 0.897$$

Se va a trabajar con una confiabilidad del 90% Tabla 7-7

$$k_d = 1$$

Se trabaja a temperatura ambiente

$$k_e = 1$$

Factor de concentración de esfuerzos  $K_e = 1$ , ya que este valor considera en el incremento del esfuerzo

$$Se = 0.73 * 1 * 0.897 * 1 * 1 * 48.84$$

$$Se = 32 \text{Kpsi}$$

$$Sa = Sm = \frac{Se * Sut}{Se + Sut}$$

$$Sa = Sm = \frac{32 * 94.4}{32 + 94.4}$$

$$Sa = Sm = 23.9 \text{Kpsi}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma_{\max}}{2}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{20.7}{2}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = 10.35 \text{Kpsi}$$

$$fs = \frac{Sa}{\sigma_a} = \frac{Sm}{\sigma_m}$$

$$fs = \frac{23.9}{10.35}$$

$$fs = 2.3$$

### 3.6 CALCULO DE ESFUERZOS EN LAS GUIAS

Para realizar los cálculos de este elemento, se analiza a la guía como una viga en cantiliver.

La fuerza que va a soportar la viga va a estar dada por el peso de la cuña. Este valor se obtiene con la ayuda del SolidWorks (ver anexo C).

$$P = 254 \text{ N}$$

Pero debido a que en cada cuña actúan 2 guías, este valor se lo divide para dos, por lo que la fuerza requerida es de:

$$F_{guía} = \frac{P}{2}$$

$$F_{guía} = \frac{254}{2}$$

$$F_{guía} = 127 N$$

El momento máximo de flexión que actúa en la viga se obtiene con los siguientes datos:

$$P=127 N$$

$$d=223 mm.$$



Figura 3.17: Guía sometida a esfuerzos de flexión

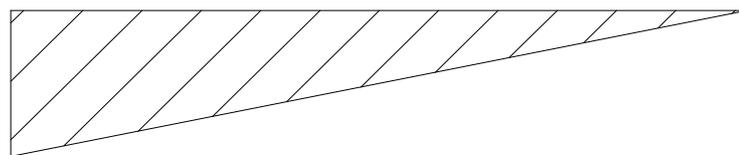


Figura 3.18: Diagrama de momentos

El momento máximo es

$$M_{max} = 127 * 223$$

$$M_{max} = 28321 N * mm$$

Por lo tanto:

$$\sigma_{\max} = \frac{32M_{\max}}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{32 * 28321}{\pi * (16)^3} \quad 19$$

$$\sigma_{\max} = 70.42 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{\max} = 12Kpsi$$

El material recomendado para la fabricación de las guías es el Acero AISI 4340; el cual posee las siguientes propiedades mecánicas:

**Tabla 3.2: Propiedades Mecánicas del Acero AISI 4340<sup>20</sup>**

Resistencia a la tracción	90-110 Kg/mm <sup>2</sup>
Esfuerzo de cadencia	70 Kg/mm <sup>2</sup>
Elongación	min. 12 %
Reducción de Área	min. 45 %
Dureza	270 – 330

$$S_{ut} = 1100 \text{ N/mm}^2 = 159.65 \text{ Kpsi}$$

$$S_e' = 0.5 * S_{ut} \quad 21$$

$$S_e' = 79.8Kpsi$$

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * S_e'$$

<sup>19</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 54.

<sup>20</sup> BOHMAN, I. Catalogo de Materiales. Pag. 25

<sup>21</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 294.

Donde:

$$k_a = 0.68$$

Figura 7-10

$$K_b = 1.189 * d^{-0.097}$$

$$K_b = 1.189 * (16)^{-0.097} \quad 22$$

$$K_b = 0.9$$

$$k_c = 0.897$$

Se va a trabajar con una confiabilidad del 90% Tabla 7-7

$$k_d = 1$$

Se trabaja a temperatura ambiente

$$k_e = 1$$

Factor de concentración de esfuerzos  $K_e = 1$ , ya que este valor considera en el incremento del esfuerzo

$$S_e = 0.68 * 0.9 * 0.897 * 1 * 1 * 79.8$$

$$S_e = 43.8 \text{Kpsi}$$

$$S_a = S_m = \frac{S_e * S_{ut}}{S_e + S_{ut}}$$

$$S_a = S_m = \frac{43.8 * 159.65}{43.8 + 159.65}$$

$$S_a = S_m = 34.4 \text{Kpsi}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma_{\max}}{2}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{12}{2}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = 6 \text{Kpsi}$$

$$f_s = \frac{S_a}{\sigma_a}$$

$$f_s = \frac{34.4}{6}$$

$$f_s = 5.7$$

Por lo tanto, el diámetro  $d = 16$  mm es el correcto, ya que tiene un alto factor de seguridad, el mismo que asegura el diseño.

En aspectos relacionados con el diseño cabe destacar que se puede calcular las dimensiones del elemento a diseñarse, o el factor de seguridad a utilizarse, en este caso se obtuvo el factor de seguridad a partir del diámetro de la guía; esto debido a que con este diámetro se facilita la construcción de este elemento y de los elementos con los que va conjugarse.

### **3.7 ESFUERZOS EN PERNOS DE SUJECION DE LA PLACA SUPERIOR DEL MACHO**

Para la elección de los pernos ha utilizarse en la sujeción de la placa superior, se procede de la siguiente manera.

Tornillos cilíndricos con alojamiento hexágono interior M-8

Partiendo:

d = Diámetro del perno 8 mm

E = Módulo de elasticidad para el acero = 207000 N/mm<sup>2</sup>

l = Longitud del perno = 60 mm

$$Kb = \frac{\pi * d^2 * E}{4 * l}$$
$$Kb = \frac{\pi * (8)^2 * 207000}{4 * 60} \quad 23$$
$$Kb = 1.735 * 10^5 \frac{N}{mm}$$

Donde Kb es la rigidez del perno.

---

<sup>23</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 409.

$$K_m = \frac{\pi * d * E}{2 * L_n \left[ 5 * \frac{(l + 0.5 * d)}{l + 2.5 * d} \right]}$$

$$K_m = \frac{\pi * 8 * 207000}{2 * L_n \left[ 5 * \frac{(60 + 0.5 * 8)}{60 + 2.5 * 8} \right]}^{24}$$

$$K_m = 1.87 * 10^6 \frac{N}{mm}$$

Donde  $K_m$  es la rigidez de elementos a unirse.

Una vez Obtenidos  $K_b$  y  $K_m$ , se procede a obtener la relación de rigidez  
 $C =$  Relación de rigidez

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m}$$

$$C = \frac{1.735 * 10^5}{1.87 * 10^6}$$

$$C = 0.085$$

Luego se procede a obtener la Resistencia del perno

$S_{ut} = 827.28 \text{ Mpa}$

$$S_e' = 19.2 + 0.314 * S_{ut}$$

$$S_e' = 19.2 + 0.314 * 120$$

$$S_e' = 56.88 \text{ Kpsi} = 392.167 \text{ MPa}$$

$$S_e = S_e' * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f$$

---

<sup>24</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 398.

Donde:

$$k_a = 1$$

$$k_b = 1$$

$$k_c = 1 \quad \text{Se va trabajar con una confiabilidad del 50% Tabla 7-7}$$

$$k_d = 1 \quad \text{Se trabaja a temperatura ambiente}$$

$$k_f = 1$$

$$k_e = \frac{1}{k_f'} \quad ^{25}$$

$$k_f' = 2.2 \text{ Para roscas laminadas} \quad ^{26}$$

$$K_e = \frac{1}{2.2}$$

$$K_e = 0.45$$

Por lo tanto:

$$S_e = S_e' * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f$$

$$S_e = 392.167 * 0.45$$

$$S_e = 178.25 \text{ MPa}$$

Luego de obtener las resistencias; se procede a verificar si el número de pernos es el adecuado para la matriz, teniendo en cuenta que el factor de seguridad recomendado en pernos es de 2.

Para lo cual:

P= Fuerza generada al momento del cierre del molde = 283.51 KN

A<sub>t</sub> = Area sometida a tensión = 4.7\*10<sup>-5</sup> m<sup>2</sup>

C= Relación de Rigidez = 0.085

---

<sup>25</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 322.

<sup>26</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 408.

$n = \text{Factor de seguridad} = 2$

$F_i = \text{Precarga}$

$S_p = \text{Resistencia de prueba mínima} = 413.4 \text{ MN/m}^2$

Por lo tanto:

$$F_p = S_p * A_t$$

$$F_p = 413.4 * 4.7 * 10^{-5} \quad 27$$

$$F_p = 0.019 \text{ MN}$$

$$0.6 * F_p \leq F_i \leq 0.9 * F_p \quad 28$$

$$11.78 \leq F_i \leq 17.17$$

Para:

$n = 2$

$N = \text{Número de pernos} = 10$

Se tiene:

$$F_i = A_t * (S_{ut} * 1000) - \left( \frac{C * n * P}{2 * N} \right) * \left[ \left( \frac{S_{ut}}{S_e} \right) + 1 \right] \quad 29$$

$$F_i = 25.35$$

Para un factor de seguridad  $n = 2$  y para el número de pernos que se utiliza, la precarga  $F_i$  esta en el rango aceptado por pruebas; por lo tanto es seguro utilizar 10 Tornillos cilíndricos con alojamiento hexágono interior M-8, en la matriz.

Tornillos cilíndricos con alojamiento hexágono interior

---

<sup>27</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 405.

<sup>28</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 405.

<sup>29</sup> SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. Mc Graw Hill. Pag. 407.

### 3.8 DISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOLDE

Debido a que la materia prima debe endurecerse en un período corto de tiempo, es importante reducir la temperatura del material moldeado después de ser inyectado en el molde.

**Tabla 3.3:** Temperaturas de elaboración y del molde para algunas masas de inyección <sup>30</sup>

<b>MATERIAL</b>	<b>Temperatura de elaboración [ ° C ]</b>	<b>Temperatura del molde [ ° C ]</b>
Polietileno baja densidad	170 - 260	0 - 70
Polietileno alta densidad	220 - 320	0 - 70
Poliestireno normal	200 - 250	30 - 60
Poliestireno antichoques	200 - 250	30 - 60
Poliamida 6	240 - 290	60 - 100
Poliamida 6 + Fibra de vidrio	260 - 310	80 - 120
Poliamida 6.6	260 - 300	40 - 120
Poliamida 6.6 + Fibra de vidrio	280 - 320	60 - 120
Poliamida 6.10	230 - 260	80 - 120
Estireno - acrilonitrilo	230 - 260	50 - 80
Polimetacrilato	170 - 230	40 - 90
Policarbonato	280 - 310	85 - 120
Cloruro de Polivinilo Blando	180	20 - 80
Cloruro de Polivinilo duro	160 - 190	20 - 80
Polipropileno	180 - 280	0 - 80
Acetato de celulosa	180 - 230	40 - 80
Acetobutirato de celulosa	180 - 220	40 - 80
Propionato de celulosa	180 - 220	40 - 80

<sup>30</sup> MENGUES-MOHREN. Moldes para Inyección. Ed. Gustavo Gilli. Pag. 108

El enfriamiento en un molde es de gran importancia en la calidad y rentabilidad de elementos finales. Uno de los factores importantes en la fabricación de moldes es el tiempo de enfriamiento.

### 3.8.1 CALCULO DEL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO

Debido a que para cálculos anteriores, el espesor de la pieza es de 3mm aproximadamente. Para empezar con el análisis de enfriamiento se considera las siguientes condiciones: va a estar dentro de un campo de temperatura no estacionario; con una conducción térmica unidimensional, la misma que queda descrita por la ecuación diferencial de Fourier.

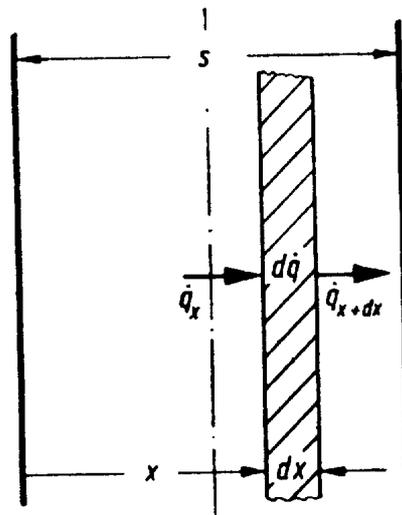


Figura 3.19: Balance Térmico de un elemento de Volumen

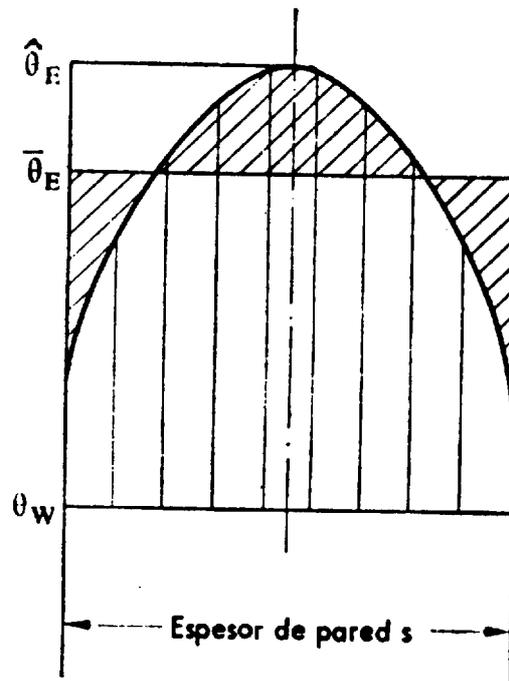


Figura 3.20: Zonas de Temperatura en la pieza al desmoldear

$$\dot{q}_x = -\lambda * \frac{\delta\theta}{\delta x}$$

$$\dot{q}_x + d_x = \dot{q}_x + \frac{\delta \dot{q}}{\delta x} * dx \quad 31$$

$$d \dot{q} = \rho * c * \frac{\delta\theta}{\delta t} * dx$$

Donde:

$q$  = Intensidad de corriente Térmica

$\theta$  = Temperatura

$t$  = Tiempo

$x$  = Recorrido

$\lambda$  = Conductibilidad Térmica

$\rho$  = Densidad

$c$  = Capacidad Calórica Específica

$s$  = Espesor de Pared

<sup>31</sup> MENGUES-MOHREN. Moldes para Inyección. Ed. Gustavo Gilli. Pag. 110

De:

$$d\dot{q} = q_x - \dot{q}_x + dx \quad 32$$

Se obtiene:

$$\frac{\delta\theta}{\delta t} = a * \frac{\delta^2\theta}{\delta x^2} \quad 33$$

Donde:

$$a = \frac{\lambda}{\rho * c} = \text{Conductibilidad de Temperatura} \quad 34$$

$$\lambda = 1.4 * 10^{-3} \frac{J}{cm * s * ^\circ K}$$

$$\rho = 1.36 * 10^{-3} \frac{Kg}{cm^3}$$

$$c = 1000 \frac{J}{^\circ K * Kg}$$

Por lo tanto:

$$a = 1.029 * 10^{-3} \frac{cm^2}{s}$$

Asumiendo la temperatura de pared y conductibilidad de temperatura constante se obtiene, para el tiempo de refrigeración  $t_k$ , las siguientes soluciones de aproximación:

$$t_k = \frac{s^2}{\pi^2 * a} \quad \text{en} \quad \left( \frac{8}{\pi^2} * \frac{\theta_M - \theta_W}{\theta_E - \theta_W} \right) \quad 35$$
$$t_k = \frac{s^2}{\pi^2 * a} \quad \text{en} \quad \left( \frac{4}{\pi} * \frac{\theta_M - \theta_W}{\theta_E - \theta_W} \right)$$

<sup>32</sup> MENGUES-MOHREN. Moldes para Inyección. Ed. Gustavo Gilli. Pag. 110

<sup>33</sup> MENGUES-MOHREN. Moldes para Inyección. Ed. Gustavo Gilli. Pag. 110

<sup>34</sup> MENGUES-MOHREN. Moldes para Inyección. Ed. Gustavo Gilli. Pag. 110

<sup>35</sup> MENGUES-MOHREN. Moldes para Inyección. Ed. Gustavo Gilli. Pag. 110

Donde:

$\bar{\theta}_E$  = Temperatura de desmoldeo. Ver figura 3.20

$\hat{\theta}_E$  = Temperatura Máxima en el centro de la pieza. Ver figura 3.20

a = Conductibilidad de Temperatura del P.V.C.- flexible =  $1.029 * 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ .

Con ayuda de estos parámetros y del monograma (Ver figura 3.21) se obtienen los siguientes tiempos de enfriamiento.

Para una temperatura de desmoldeo se obtiene:

$$\bar{T} = \frac{\theta_M - \theta_W}{\bar{\theta}_E - \theta_W}$$
$$\bar{T} = \frac{225 - 30}{75 - 30} \quad ^{36}$$
$$\bar{T} = 4.3$$

Con el monograma se obtiene:

Con un  $T = 4.3$  el tiempo se incrementa hasta un  $t_K = 19 \text{ seg}$ .

El tiempo de enfriamiento se toma desde el momento en que termina la inyección, hasta la apertura del molde. Durante este tiempo el P.V.C.- flexible se solidifica, dando lugar al producto deseado.

---

<sup>36</sup> MENGUES-MOHREN. Moldes para Inyección. Ed. Gustavo Gilli. Pag. 113.

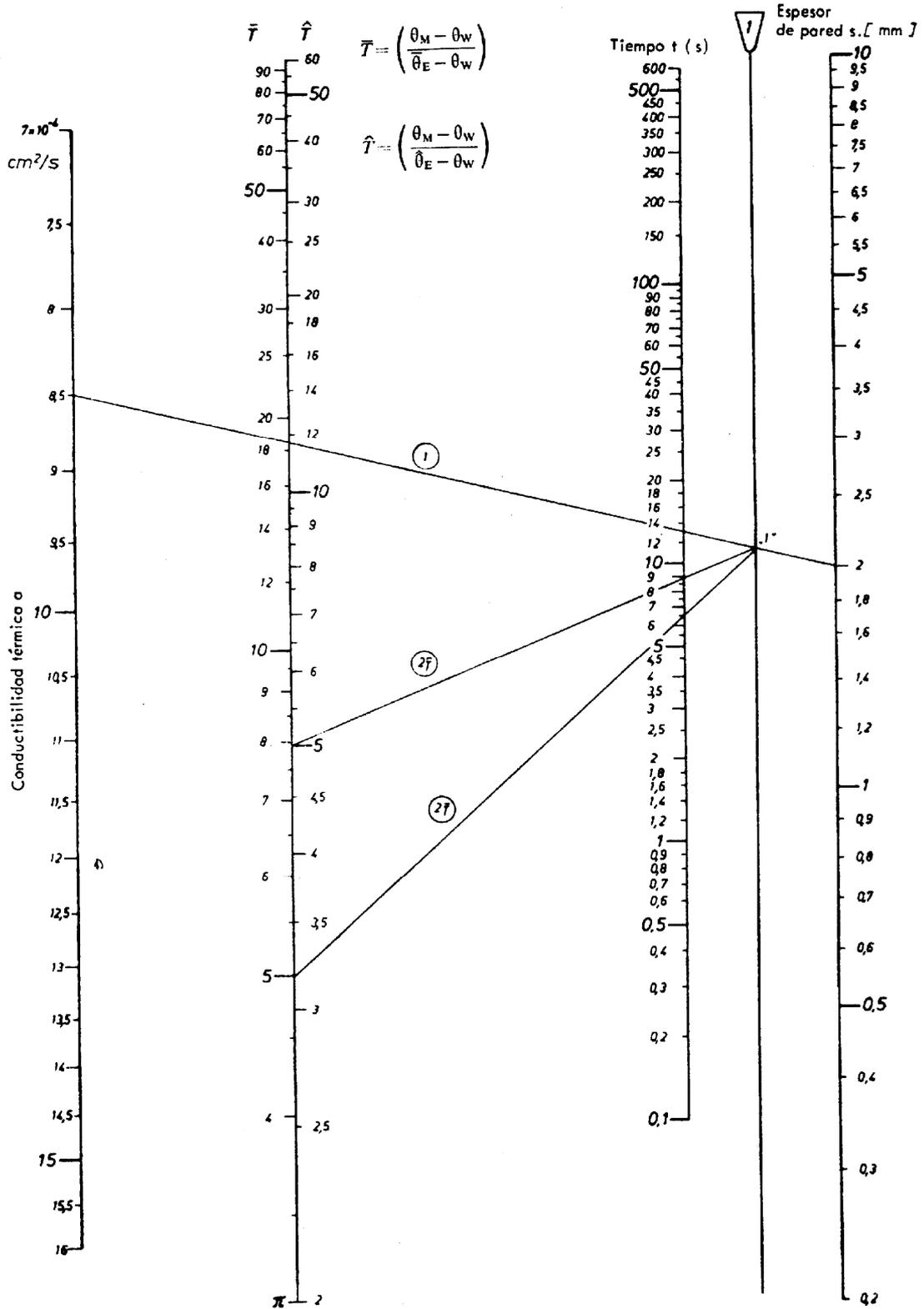


Figura 3.21: Monograma para determinar el Tiempo de enfriamiento <sup>37</sup>

<sup>37</sup> MENGUES-MOHREN. Moldes para Inyección. Ed. Gustavo Gilli. Pag. 111.

En el presente trabajo se estima el tiempo de enfriamiento de  $t_k = 19$  seg.

Se debe tomar en cuenta que el tiempo de enfriamiento empieza cuando termina la inyección y termina cuando se abre el molde. Es decir que durante este tiempo el P.V.C.- flexible se enfría dando lugar al producto terminado.

### 3.9 DETERMINACIÓN DEL CALOR A DISIPARSE

El calor disipado depende de muchos factores, pero los que mayormente se toman en cuenta son: materia prima a inyectarse, temperatura de elaboración y temperatura media de desmoldeo.

Para:

$$\theta_M = 180 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_E = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

Con la ayuda del siguiente gráfico se obtiene la variación de entalpías

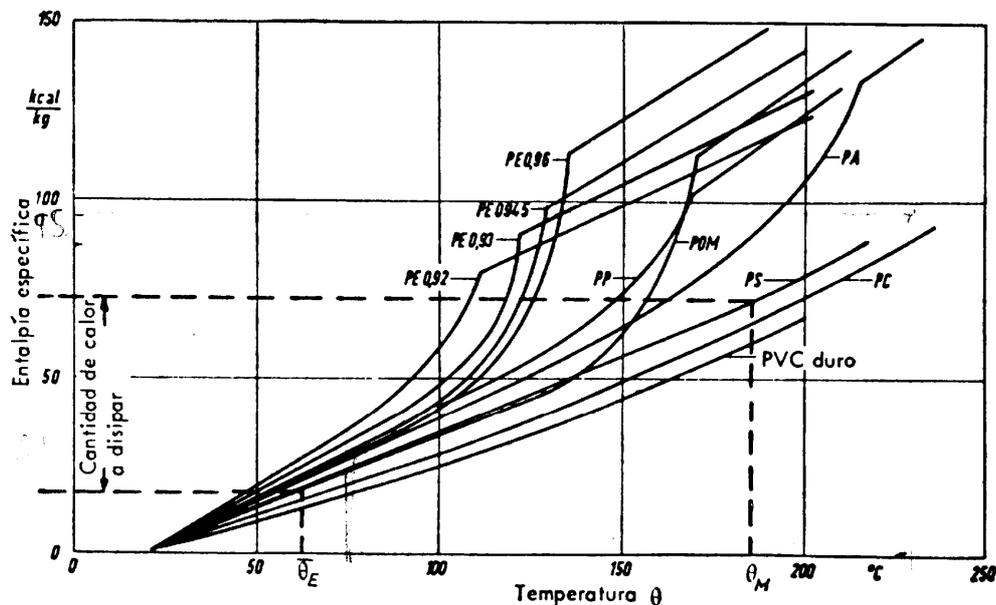


Figura 3.22: Termicidad (entalpía) de las masa termoplásticos<sup>38</sup>

<sup>38</sup> MENGUES-MOHREN. Moldes para Inyección. Ed. Gustavo Gilli. Pag. 114.

Por lo tanto  $\Delta h = 70 \frac{Kcal}{Kg}$

Para obtener la cantidad de calor que debe disiparse del plástico por unidad de tiempo, se utiliza la siguiente expresión:

$$\dot{Q}_{Ku} = \frac{\Delta h * m}{t_{ciclo}} \quad 39$$

Donde:

$$\Delta h = \text{Entalpía Específica} = 70 \frac{Kcal}{Kg}$$

m = Masa de la pieza = 0.0265 Kg (aproximadamente)

t<sub>ciclo</sub> = Tiempo de ciclo (tiempo de refrigeración más secundarios (tiempo de apertura, de pausas y de cierre)) = 25 seg. (aproximadamente)

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{Ku} &= \frac{\Delta h * m}{t_{ciclo}} \\ &= \frac{70 \frac{Kcal}{Kg} * 0.0265 Kg}{25 seg} \\ Q_{Ku} &= 74.2 \frac{cal}{seg} \end{aligned}$$

Una vez obtenido el calor disipado en la matriz, se procede a verificar si el sistema de enfriamiento seleccionado es el adecuado; para esto se procede de la siguiente manera:

Como primer paso se calcula el coeficiente de Prandtl, con el fin de obtener el calor disipado entre el molde y el ambiente.

---

<sup>39</sup> MENGUES-MOHREN. Moldes para Inyección. Ed. Gustavo Gilli. Pag. 115

$$Pr = \frac{C_p * \eta_{TM}}{k} \quad 40$$

Donde:

$C_p$  = Calor Específico del Agua a 22 °C

$\eta_{TM}$  = Viscosidad dinámica del agua a 22 °C

$k$  = Conductividad térmica del agua a 22 °C

Por lo tanto:

$$Pr = \frac{C_p * \eta_{TM}}{k}$$

$$Pr = \frac{4.181 \text{ KJ} / \text{Kg} * \text{K} * 959 * 10^{-6} \text{ N} * \text{s} / \text{m}^2}{606 * 10^{-3} \text{ w} / \text{m} * \text{K}}$$

$$Pr = 6,61$$

Para determinar con qué tipo de flujo se trabaja, se procede determinar el coeficiente de Reynolds:

$$Re = \frac{v_{TM} * \rho_{TM} * D}{\eta_{TM}} \quad 41$$

Donde:

$v_{TM}$  = Velocidad del agua

$\rho_{TM}$  = Densidad del agua = 0.001 gr/mm<sup>3</sup>

$D$  = Diámetro del canal de refrigeración = 12 mm

$\eta_{TM}$  = Viscosidad dinámica del agua = 959 \* 10<sup>-6</sup> N\*s/m<sup>2</sup>

La velocidad del agua se obtiene de la siguiente manera:

$$Q = v_{TM} * A \quad 42$$

<sup>40</sup> INCROPERA, F. Fundamentos de Transferencia de Calor. Ed. Prentice Hall. Pag. 320.

<sup>41</sup> INCROPERA, F. Fundamentos de Transferencia de Calor. Ed. Prentice Hall. Pag. 421.

<sup>42</sup> INCROPERA, F. Fundamentos de Transferencia de Calor. Ed. Prentice Hall. Pag. 421

Donde:

Q= Caudal que se obtiene de la red publica.

A= Area de la sección transversal

Por lo Tanto:

$$Q = v_{TM} * A$$
$$v_{TM} = \frac{Q}{A}$$
$$v_{TM} = \frac{190000 \text{ mm}^3 / \text{s}}{133 \text{ mm}^2}$$
$$v_{TM} = 1680 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

Por lo tanto el Re es:

$$Re = \frac{v_{TM} * \rho_{TM} * D}{\eta_{TM}}$$
$$Re = \frac{1680 \text{ mm} / \text{s} * 0.001 \text{ gr} / \text{mm}^3 * 12 \text{ mm}}{959 * 10^{-6} \text{ N} * \text{s} / \text{m}^2}$$
$$Re = 21021.9$$

Este tipo de flujo es turbulento ya que  $Re > 2300$

El coeficiente de transmisión térmica  $\alpha$ , se obtiene de la siguiente expresión:

$$Nu = \frac{\alpha * D}{\lambda_{TM}} \quad 43$$

Donde:

Nu = Coeficiente de Nusselt

$\alpha$  = Coeficiente de transmisión térmica

$\lambda_{TM}$  = Conductividad térmica.

---

<sup>43</sup> INCROPERA, F. Fundamentos de Transferencia de Calor. Ed. Prentice Hall. Pag. 320.

Para obtener el coeficiente de Nusselt se aplica la siguiente expresión:

$$Nu = 0.037 * (Re^{0.75} - 180) * Pr^{0.42} * \left[ 1 + \left( \frac{D}{L} \right) * 0.67 \right]^{44}$$

Donde:

L= Longitud aproximada del ducto de refrigeración

Por lo tanto:

$$Nu = 0.037 * (21021.9^{0.75} - 180) * 6.61^{0.42} * \left[ 1 + \left( \frac{12mm}{120mm} \right) * 0.67 \right]$$

$$Nu = 136.64$$

Con el coeficiente de Nusselt, se obtiene el coeficiente de transmisión térmica  $\alpha$  de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{Nu * \lambda_{TM}}{D}$$
$$\alpha = \frac{136.64 * 606 * 10^{-3} \text{ W/m}^{\circ} \text{ K}}{0,012m}$$
$$\alpha = 6900.32 \frac{W}{m^2 *^{\circ} K}$$

A continuación se procede a obtener el calor intercambiado entre el molde y el ambiente de siguiente forma:

$$\dot{Q}_U = \alpha_L * F_{WO} * (\theta_u - \theta_{TM})$$

Donde:

$\dot{Q}_U$  = Calor intercambiado entre el molde y el ambiente

$\alpha_L$  = Coeficiente de transmisión térmica para convección libre en aire

---

<sup>44</sup> MENGUES-MOHREN. Moldes para Inyección. Ed. Gustavo Gilli. Pag. 117.

$$\alpha_L = 6 \frac{Kcal}{m^2 * h * ^\circ C}$$

$F_{WO}$  = Superficie exterior del Molde = 59400 mm<sup>2</sup>

$\theta_U$  = Temperatura ambiente = 22 °C

$\theta_{TM}$  = Temperatura del agua = 15 °C

Por lo tanto:

$$\dot{Q}_U = \alpha_L * F_{WO} * (\theta_u - \theta_{TM})$$

$$\dot{Q}_U = 6000 \frac{cal}{m^2 * h * ^\circ C} * 59400 mm^2 * (22 - 15)^\circ C * \frac{1}{(1000)^2} * \frac{1}{3600}$$

$$\dot{Q}_U = 0.693 \frac{cal}{s}$$

La diferencia de temperatura se obtiene de la ley de transmisión de Newton:

$$\Delta\theta_1 = \theta_{KK} - \theta_{TM} \quad 45$$

Donde:

$$\theta_{KK} - \theta_{TM} = \frac{\dot{Q}_{Ku} + \dot{Q}_U}{2 * F_{KK} * \alpha} \quad 46$$

Donde:

$\theta_{KK}$  = Temperatura de la pared del canal de enfriamiento

$\theta_{TM}$  = Temperatura del agua

$F_{KK}$  = Area total de los ductos de enfriamiento

El área total de los ductos de enfriamiento se obtiene con la siguiente expresión:

<sup>45</sup> MENGUES-MOHREN. Moldes para Inyección. Ed. Gustavo Gilli. Pag. 115.

<sup>46</sup> MENGUES-MOHREN. Moldes para Inyección. Ed. Gustavo Gilli. Pag. 115.

$$F_{KK} = n * (\pi * D * L)$$

Donde:

n = Número total de ductos de enfriamiento = 4

Por lo tanto:

$$F_{KK} = n * (\pi * D * L)$$

$$F_{KK} = 4 * (\pi * 12mm * 120mm)$$

$$F_{KK} = 18095.5mm^2$$

Una vez obtenida el área total de los ductos de enfriamiento, se procede a obtener la diferencia de temperaturas:

$$\theta_{KK} - \theta_{TM} = \frac{\dot{Q}_{Ku} + \dot{Q}_U}{2 * F_{KK} * \alpha}$$

$$\theta_{KK} - \theta_{TM} = \frac{74.2 \frac{cal}{s} + 0.693 \frac{cal}{s}}{2 * 18095.5mm^2 * 6900.32 \frac{w}{m^2 * ^\circ C} * \frac{1}{(1000)^2} * \frac{0.2389}{1}}$$

$$\theta_{KK} - \theta_{TM} = 1.25^\circ C$$

Por lo tanto la temperatura del canal de enfriamiento es:

$$\theta_{KK} - \theta_{TM} = 1.25^\circ C$$

$$\theta_{KK} = 1.25 + \theta_{TM}$$

$$\theta_{KK} = 1.25 + 15$$

$$\theta_{KK} = 16.25^\circ C$$

Para determinar si el sistema de enfriamiento está dentro del rango de diseño, se procede a determinar la temperatura de pared de la matriz, esta temperatura se obtiene con la siguiente expresión:

$$\theta_w - \theta_{KK} = \frac{s_{KK} * Q_{Ku}}{2 * \lambda_u * F} \quad 47$$

Donde:

$\theta_w$  = Temperatura de la pared de la matriz

$s_{KK}$  = Distancia del centro del canal de enfriamiento al borde de la placa = 0.018 m

$\lambda_u$  = Conductibilidad térmica de la pared = 16 cal / m°C

F = Superficie proyectada de la pieza = 0.0096 m<sup>2</sup>

Por lo tanto:

$$\theta_w - \theta_{KK} = \frac{s_{KK} * Q_{Ku}}{2 * \lambda_u * F}$$

$$\theta_w - \theta_{KK} = \frac{0.018m * 635.5 \text{ cal/s}}{2 * 16 \text{ cal/m}^\circ\text{C} * 0.0096m^2}$$

$$\theta_w - \theta_{KK} = 37.23^\circ\text{C}$$

Por lo tanto:

$$\theta_w = 37.23^\circ\text{C} + \theta_{KK}$$

$$\theta_w = 37.23 + 16.25$$

$$\theta_w = 53.48^\circ\text{C}$$

Al obtener el valor de la temperatura de la pared de la matriz, se llega a la conclusión que este valor está dentro del valor de diseño recomendado, como se puede observar en la tabla 3.3.

## **CAPITULO IV**

### **CONSTRUCCION, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO**

#### **4.1 GENERALIDADES**

Una vez concluido el correspondiente análisis, diseño y selección de los diferentes elementos que constituyen la matriz; se procede a la construcción de cada uno de los mismos.

La construcción de la matriz de inyección para la fabricación de enchufes, se la debe ejecutar en un taller mecánico industrial que disponga de máquinas herramientas tales como: torno, fresadora, rectificadora, electroerosionadora, prensa, limadora, y equipo de banco, con el objetivo de facilitar la elaboración de los diferentes elementos.

Un aspecto importante que se debe tomar en cuenta, es el de obtener en el mercado la materia prima y elementos constitutivos de la matriz que se produzcan en el país.

#### **4.2 CONSTRUCCION DE LA MATRIZ**

Con los respectivos planos de taller (Anexo G) se procede a la construcción de los diferentes elementos constitutivos de la matriz de inyección para la fabricación de enchufes.

La elaboración de los planos se realiza siguiendo normas y técnicas del dibujo industrial para que sean interpretados de forma sencilla y clara.

Estos planos contienen la ingeniería de detalle necesaria para permitir una construcción y ensamble técnico.

Todos los elementos de la matriz se los obtiene por procesos de maquinado con arranque de viruta; para lo cual se utilizan máquinas herramientas e instrumentos los cuales se citan más adelante.

Para el maquinado de las placas de respaldo y apoyo, primero se procede al desbaste en la limadora y posteriormente se realiza el acabado en la fresadora.

Cabe recalcar que la materia prima se la puede encontrar con facilidad en el mercado local y las propiedades de cada material es proporcionado por la casa comercial, que en nuestro caso es BOLHER.

#### **4.2.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCION**

Los requerimientos (máquinas herramientas, materiales, instrumentos, etc.) necesarios para la construcción de la Matriz de Inyección para la Fabricación de enchufes se detallan a continuación:

##### **4.2.1.1 Máquinas y Equipos**

- Limadora
- Fresadora Universal
- Torno Horizontal
- Rectificadora
- Electroerosionadora
- Prensa
- Esmeril

En la Tabla 4.1 se aprecian las características de cada una de las máquinas herramientas utilizadas en la construcción de la matriz.

**Tabla 4.1 Máquinas herramientas**

TORNO Marca: Machstrog Tipo : C10MB Mawcmpon C11 MT	10 HP Distancia entre puntos. = 2000 mm
FRESADORA Marca: Brown Shorpe Tipo : 2ª	Universal con cabezal divisor 1200 r.p.m. máx.
RECTIFICADORA Marca: DoALL Tipo : DH-612	Apreciación: 0.005 mm
ESMERIL Marca: Electric Bench Grinder Tipo : SN-10G	1 HP 3600 r.p.m.
ELECTROEROSIONADORA Marca: EDM MINI SPARK Tipo : EDM 9010	Potencia 1000 W Capacidad de tanque 1000 cc.

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

#### **4.2.1.2 Herramientas**

- Brocas
- Cuchillas de carburo de tungsteno
- Cuchillas de acero rápido
- Fresas

- Machuelos
- Porta machuelos
- Limas
- Llaves
- Rayador
- Martillo
- Granete
- Sierra de arco
- Útiles de torno
- Útiles de fresa
- Compás
- Pasta abrasiva
- Reloj palpador

#### **4.2.1.3 Instrumentos de medición y verificación**

- Calibrador pie de rey
- Calibrador digital
- Micrómetros
- Goniómetro
- Flexometro

#### 4.2.1.4 Materia prima

- Eje de acero SAE 4340 Ø 22x230 mm
- Eje de acero SAE P20 Ø 70x65 mm
- Eje de acero SAE C1045 Ø 25.4x90 mm
- Eje de bronce ASTM C38500 Ø 28x50 mm
- Eje de acero plata AISI O1 Ø 8x500 mm
- Eje de acero plata AISI O1 Ø 14x200 mm
- Eje de acero plata AISI O1 Ø 8x560 mm
- Eje de acero plata AISI O1 Ø 4x560 mm
- Plancha de acero SAE C1045 355x260x43 mm
- Plancha de acero SAE C1045 330x260x43 mm
- Plancha de acero SAE C1045 260x90x43 mm
- Plancha de acero SAE P20 200x70x50 mm
- Plancha de acero SAE P20 160x40x15 mm
- Plancha de acero SAE P20 210x166x54 mm
- Plancha de acero SAE P20 200x50x45 mm
- Plancha de acero SAE C1045 235x90x40 mm
- Plancha de acero SAE C1045 110x30x25 mm
- Plancha de acero SAE C1045 260x235x43 mm
- Plancha de acero SAE C1045 390x260x43 mm

#### **4.2.1.5 Elementos normalizados**

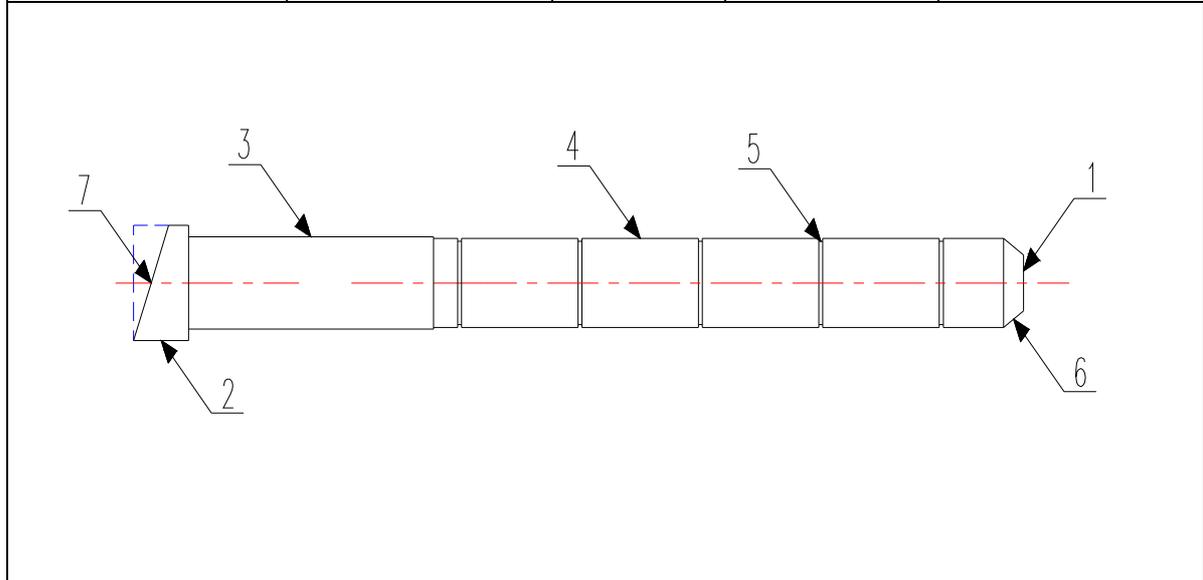
- Pernos de cabeza hexagonal
- Tornillos cilíndricos con alojamiento hexágono interior

#### **4.2.2 HOJAS DE PROCESOS**

La construcción de la matriz de inyección para la fabricación de enchufes, debe tener la guía de procedimientos por lo tanto, se realizan hojas de procesos para el maquinado de los elementos que presenten dificultad en su manufactura; éstas y los planos de taller facilitan el proceso de fabricación y además son de gran ayuda para el operario.

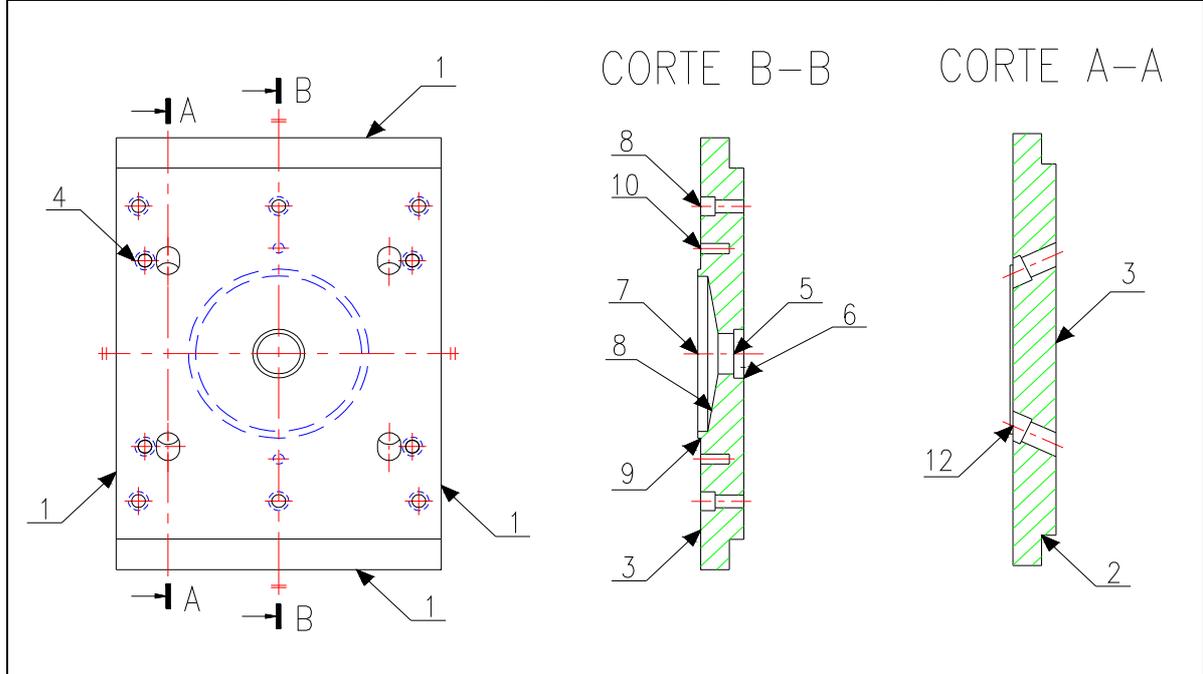
A continuación se presentan las hojas de procesos para la construcción de los diferentes elementos constitutivos de los que consta la matriz de inyección para la fabricación de enchufes.

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> GUIA INCLINADA	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.101	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 4	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE 4340
--	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	------------------------------------



Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Refrentar	600	2	1	5
2	Cilindrar Ø 20	375	5	1	10
3	Cilindrar Ø 16	375	4	1	15
4	Cilindrar Ø 15.5	600	1	0.5	10
5	Realizar canal	220	5	1	10
6	Realizar chaflán	375	2	5x30°	5
7	Fresar en el ensamble	500	4	2	15

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> PLACA DE RESPALDO	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.102	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 1	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE C1045
--	---------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------

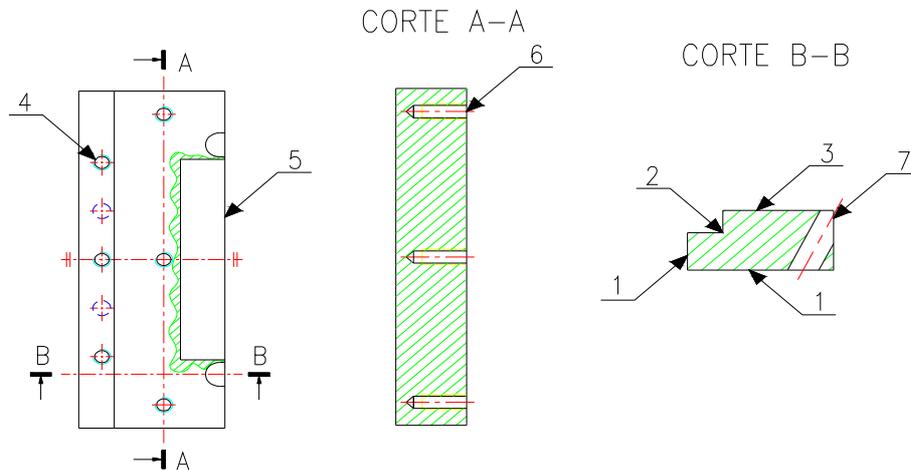


Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Fresar y Escuadrar	400	24	1	240
2	Fresar	400	5	5	60
3	Rectificar	3500	4	0.05	30
4	Trazado de centros		1		40
5	Tornear Ø 30	400	4	30	30
6	Tornear Ø 36	400	1	30	10
7	Tornear Ø 115	400	4	7	20
8	Realizar inclinación 9º	375	2	4	20

**Continua**

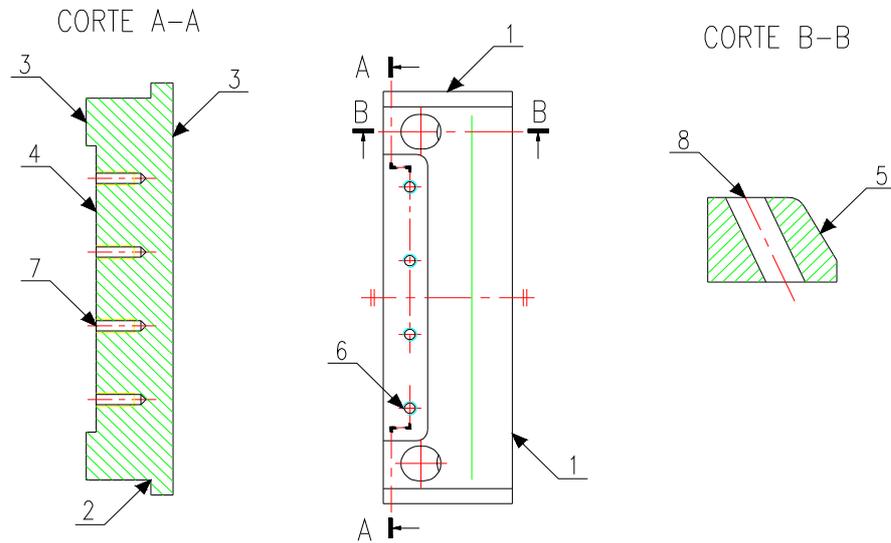
<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> PLACA DE RESPALDO	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.102	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 1		<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE C1045
9	Cilindrar Ø 125	375	1	2	20
10	Taladrar Ø 8	400	2	20	30
11	Taladrar Ø 9.5	400	10	30	100
	Avellanar Ø 14	400	10	14	100
12	Realizar inclinación Ø 16 en el ensamble	375	12	50	480

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> PLACA PORTA MOLDE	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.103	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 2	<b>MATERIAL:</b> ACERO 1045
--	---------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------



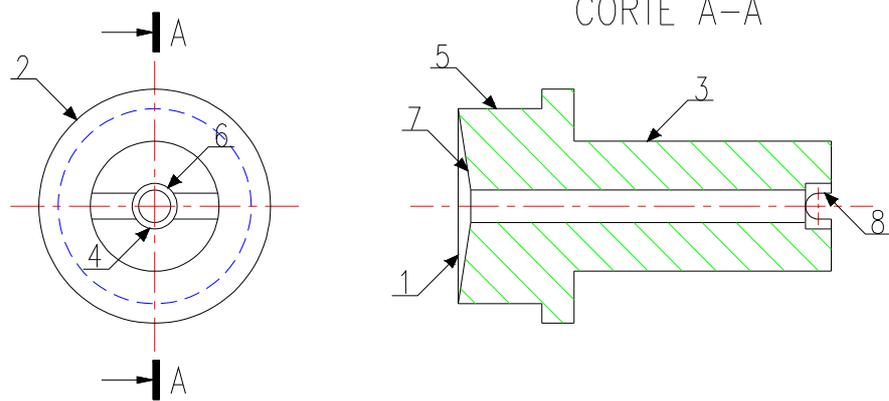
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Fresar y Escuadrar	400	24	1	240
2	Fresar	400	5	5	60
3	Rectificar	3500	4	0.05	30
4	Trazado de centros		1		30
5	Fresar	400	3	2	60
6	Taladrar $\varnothing$ 6.5	400	16	30	120
	Pasar machuelo M8		16	25	60
7	Realizar inclinación $\varnothing$ 16 en el ensamble	375	3	40	-

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> PORTA PLACA	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.104	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 2	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE P20
--	---------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------



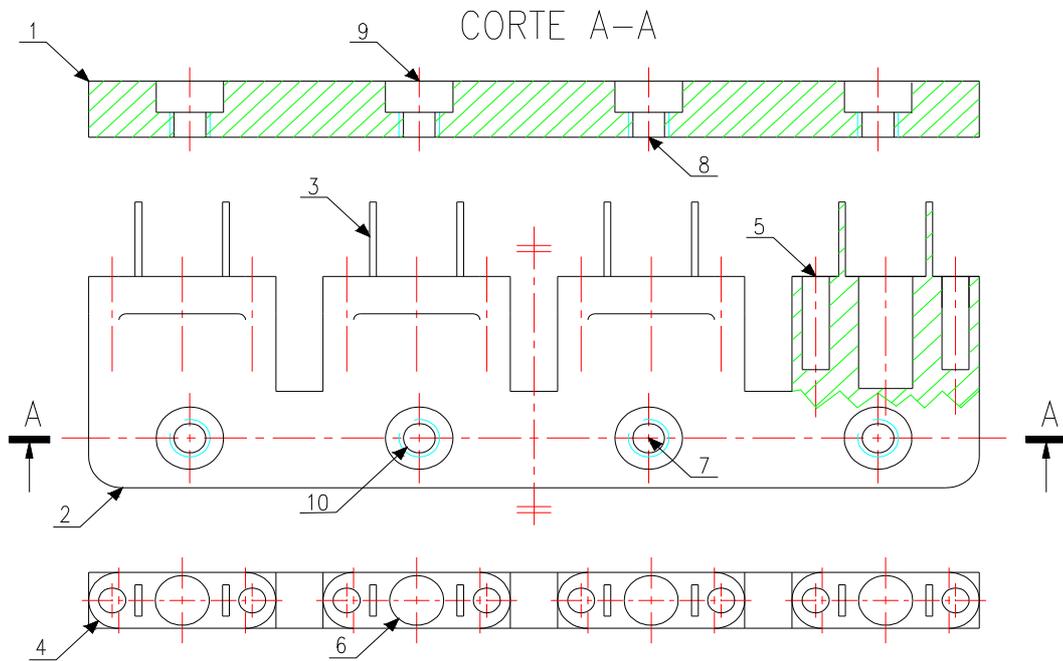
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Fresar y Escuadrar	400	24	1	240
2	Fresar	400	5	1.5	60
3	Rectificar	3500	4	0.05	40
4	Fresar	400	3	2	60
5	Fresar inclinación	400	5	2	60
6	Trazado de centros		1		30
7	Fresar $\varnothing$ 4.5	400	4	23	80
	Pasar machuelo M6		4	17	60
8	Realizar inclinación $\varnothing$ 16 en el ensamble	375	3	40	-

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> TAPA	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.105	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 1	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE P20
--	--------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------



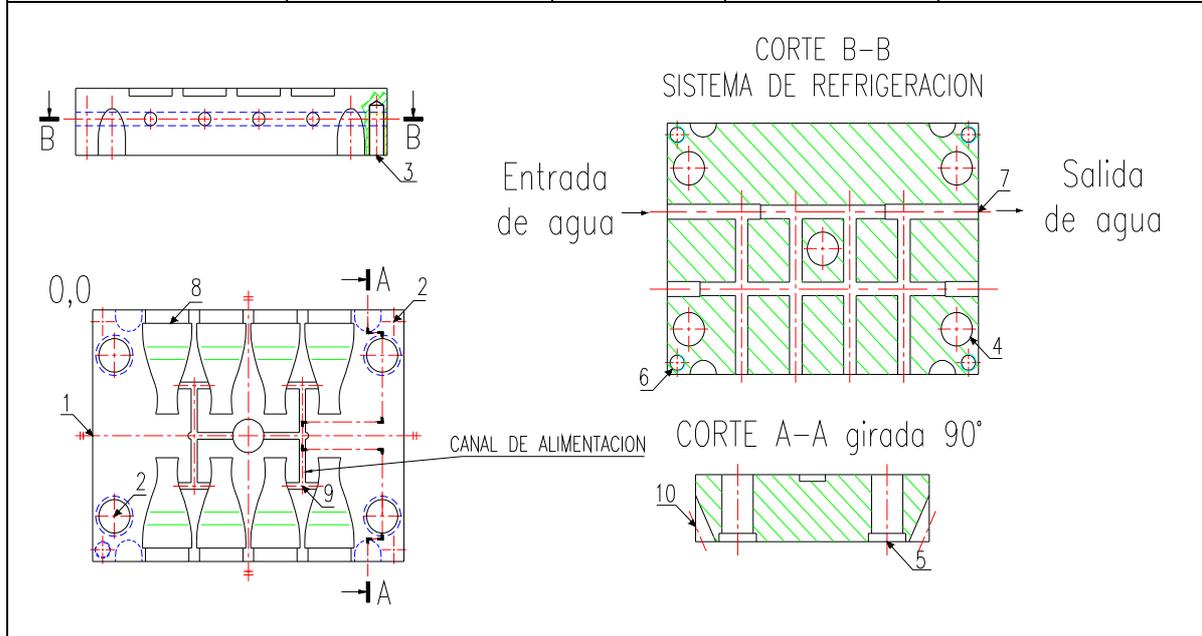
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Refrentar	600	2	1	10
2	Cilindrar Ø36	400	3	2	20
3	Cilindrar Ø20	400	10	1.5	40
4	Cilindrar Ø7	400	2	2	60
5	Cilindrar Ø30	400	4	2	30
6	Realizar orificio pasante Ø5	300	2	58	30
7	Realizar inclinación 9º	400	3	5	20
8	Realizar canal	300	5	4	40

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> PLACA PORTA PINES	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.106	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 2	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE P20
--	---------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------



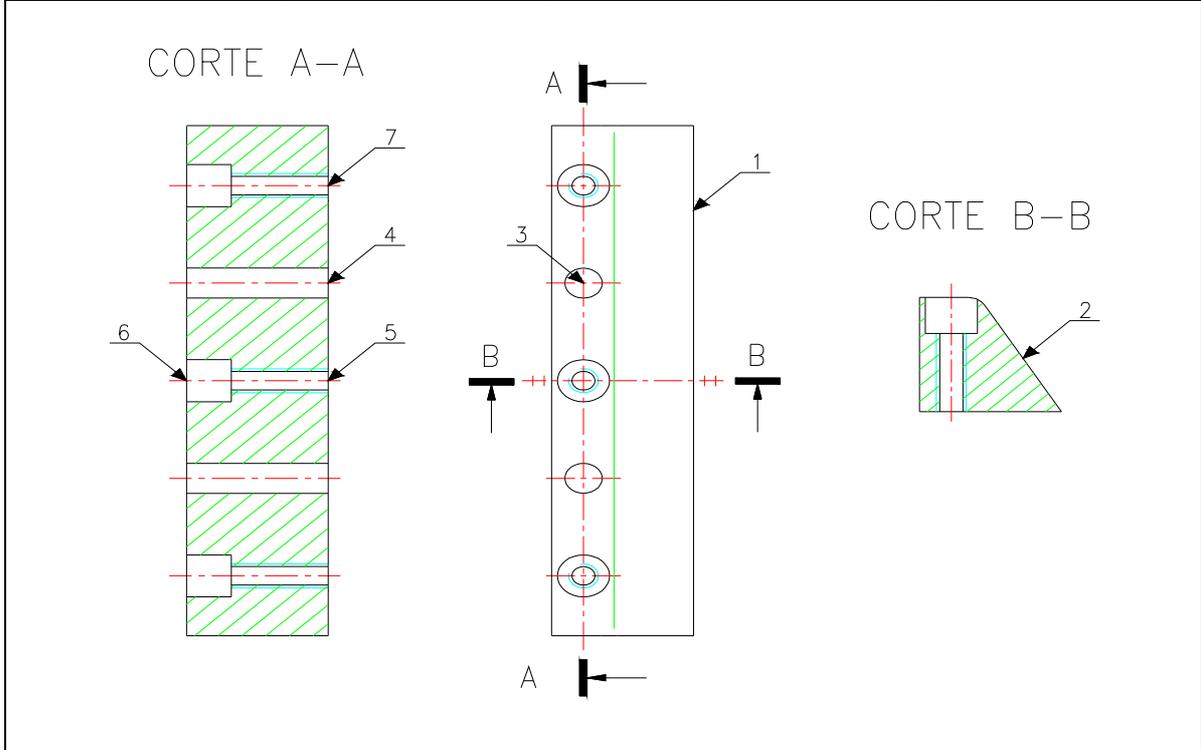
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Fresar y Escuadrar	400	24	1	240
2	Fresar r =5	400	3	2	60
3	Fresar contorno	400	40	2	240
4	Fresar r =4.5	400	2	1	120
5	Realizar orificio Ø4	400	8	20	160
6	Realizar orificio Ø8	400	4	25	80
7	Trazado de centros		1		20
8	Realizar orificio Ø4.5	400	4	9	40
9	Realizar orificio Ø10	400	4	5	40
10	Pasar machuelo M6		4	5	60

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> NUCLEO	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.107	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 1	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE P20
--	----------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------



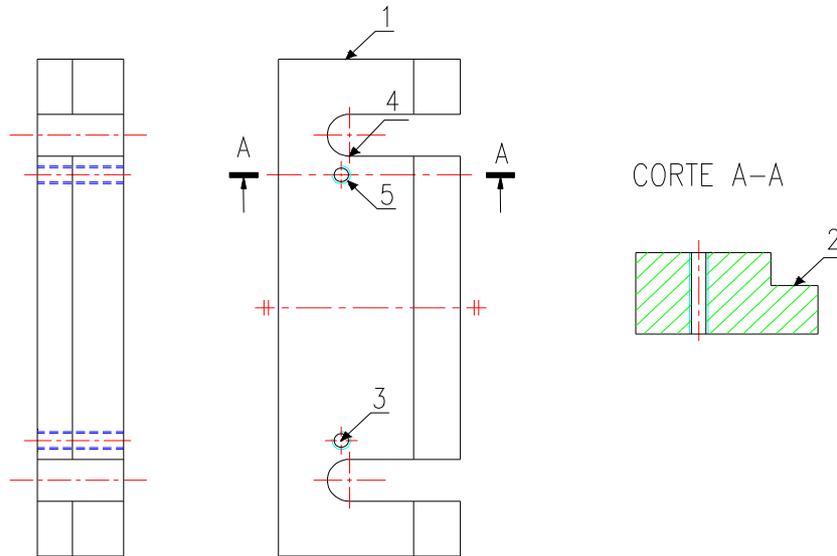
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Fresar y Escuadrar	400	24	1	240
2	Trazado de centros		1		60
3	Realizar orificio Ø6.5	400	2	32	80
4	Realizar orificio Ø20	400	4	40	120
5	Realizar avellanado Ø24	400	2	5	40
6	Pasar machuelo M8		1	25	60
7	Realizar sistema de refrigeración	400	12	200	300
8	Realizar electro erosión de acuerdo a referencia 0,0	400	8	4.5	900
9	Realizar canal de alimentación	400	8	4	240
10	Realizar inclinación de 9º en el ensamble	400	3	40	-

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> PLACA BASE	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.108	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 2	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE P20
--	--------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------



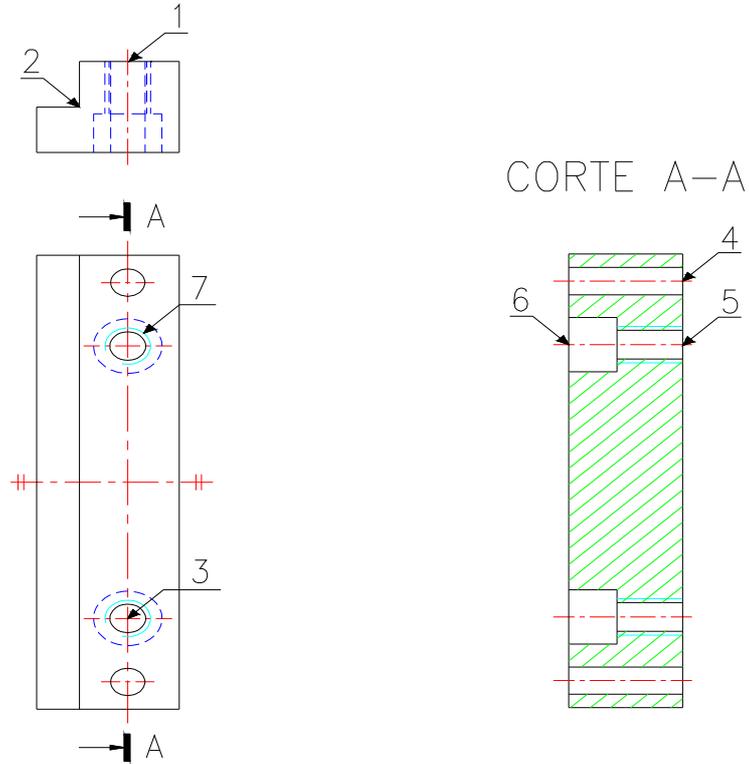
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Fresar y Escuadrar	400	24	1	240
2	Fresar inclinación 60°	300	5	2	60
3	Trazado de centros		1		20
4	Realizar orificio Ø10	300	4	38	60
5	Realizar orificio Ø6.5	300	6	38	60
6	Realizar orificio Ø14	300	6	15	60
7	Pasar machuelo M6		1	25	60

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> PLACA BASE	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.109	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 2	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE C1045
--	--------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------



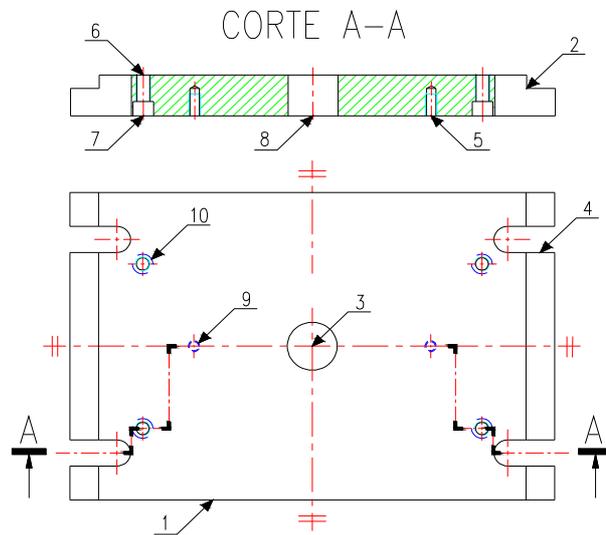
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Fresar y Escuadrar	400	24	1	240
2	Fresar	300	8	2	60
3	Trazado de centros		1		20
4	Realizar canal	300	2	37	120
5	Realizar orificio Ø6.5	400	2	37	40
	Pasar machuelo M8		1	25	30

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> GUIA H	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.110	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 2	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE C1045
--	----------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------



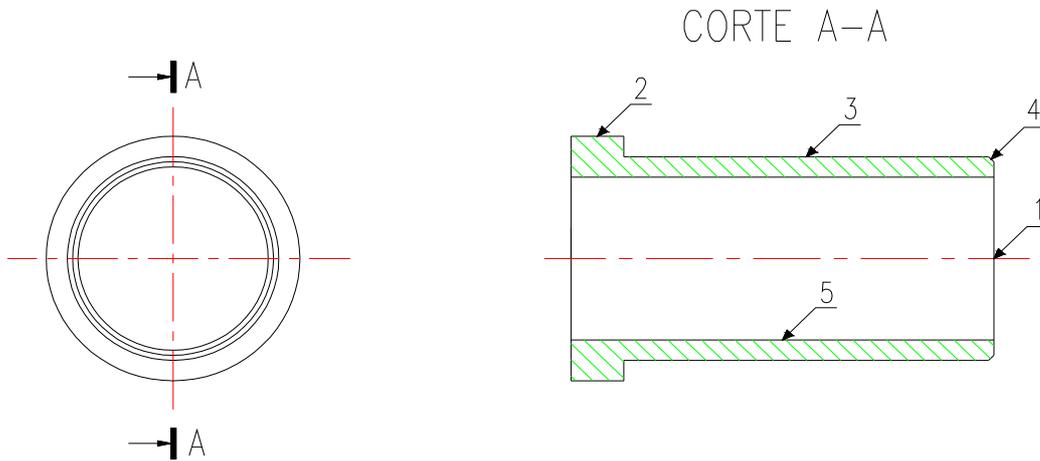
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Fresar y Escuadrar	400	24	1	240
2	Fresar	300	6	2	40
3	Trazado de centros		1		20
4	Realizar orificio Ø6	400	2	20	30
5	Realizar orificio Ø6.5	400	2	20	30
6	Realizar avellanado Ø12	400	2	9	30
7	Pasar machuelo M8		1	11	40

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> PLACA BASE 1H	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.111	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 1	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE C1045
--	-----------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------



Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Fresar y Escuadrar	400	24	1	240
2	Fresar	400	6	2	60
3	Trazado de centros		1		40
4	Realizar canal	300	8	30	240
5	Realizar orificio Ø5	300	2	15	60
6	Realizar orificio Ø6.5	300	8	15	60
7	Realizar orificio Ø10.5	300	8	10	60
8	Realizar orificio Ø35	400	2	30	40
9	Pasar machuelo M6		2	15	40
10	Pasar machuelo M8		4	20	80

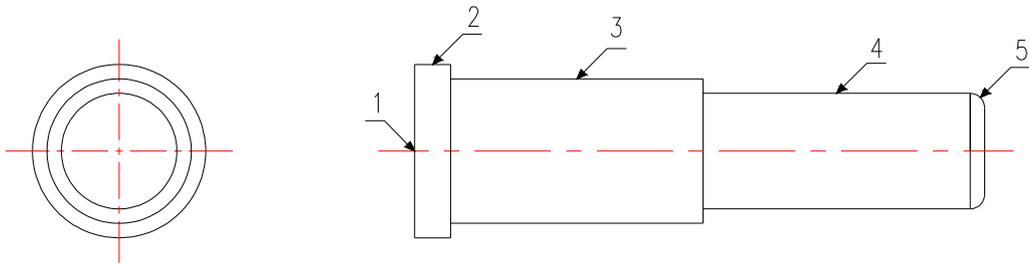
<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> BOCIN	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.112	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 4	<b>MATERIAL:</b> BRONCE
--	---------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----------------------------



**Radio de acuerdo no acotado  $r=0,2$**

Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Refrentar	600	2	1	5
2	Cilindrar $\varnothing 24$	500	2	1	10
3	Cilindrar $\varnothing 20$	500	3	2	20
4	Realizar chaflán	500	1	2	5
5	Realizar perforación $\varnothing 16$	400	2	40	30

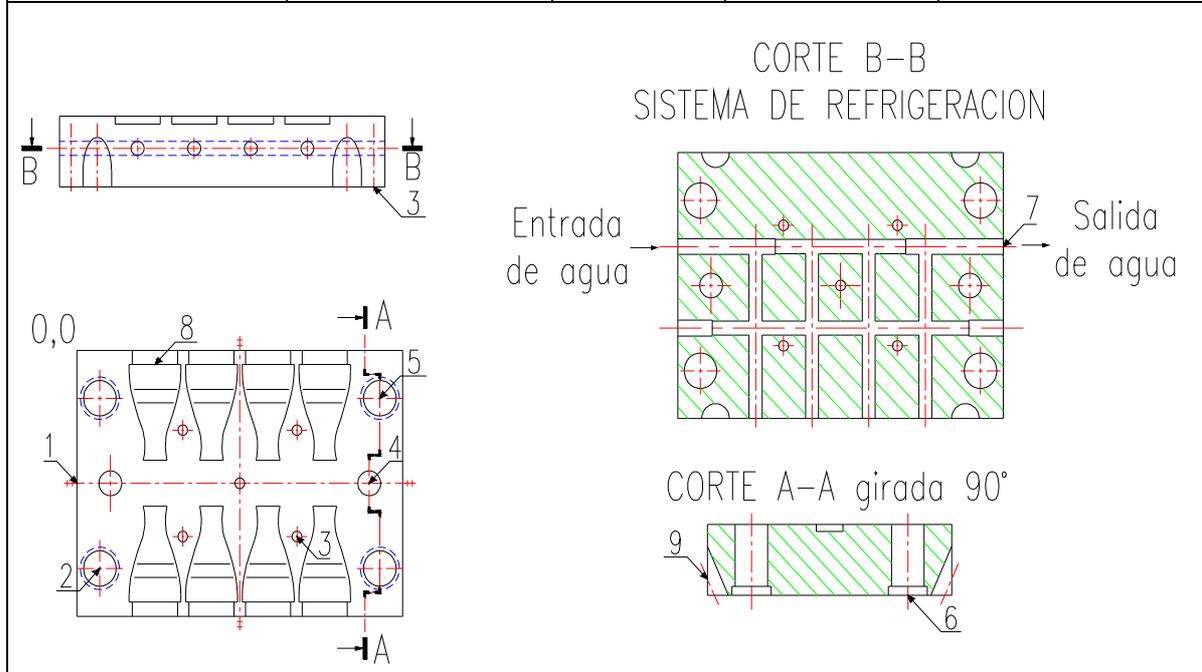
<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> GUIA PARA H	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.113	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 4	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE C1045
--	---------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------



**Radio de acuerdo no acotado  $r=0,2$**

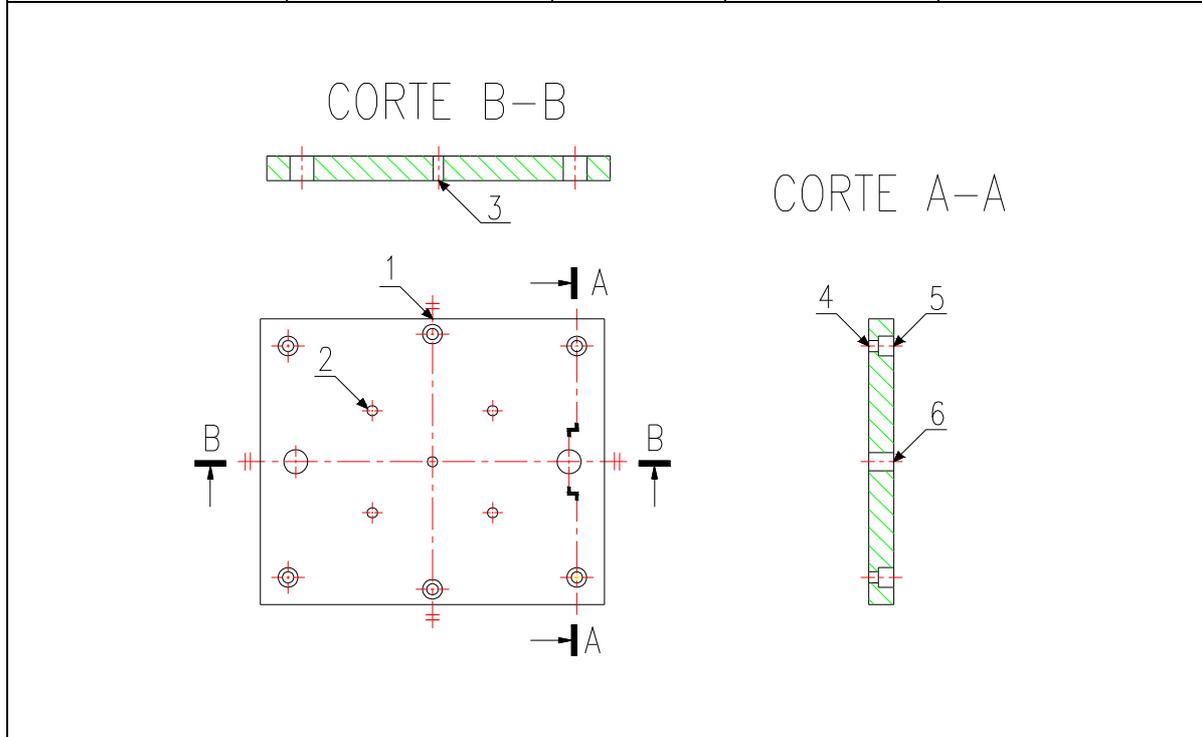
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Refrentar	600	2	1	5
2	Cilindrar Ø 24	500	3	1	10
3	Cilindrar Ø 20	500	4	5	20
4	Cilindrar Ø 16	500	5	1	20
5	Realizar canal	500	5	1	10
6	Realizar chaflán	600	2	1	5

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> NUCLEO H.	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.114	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 1	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE P20
--	-------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------



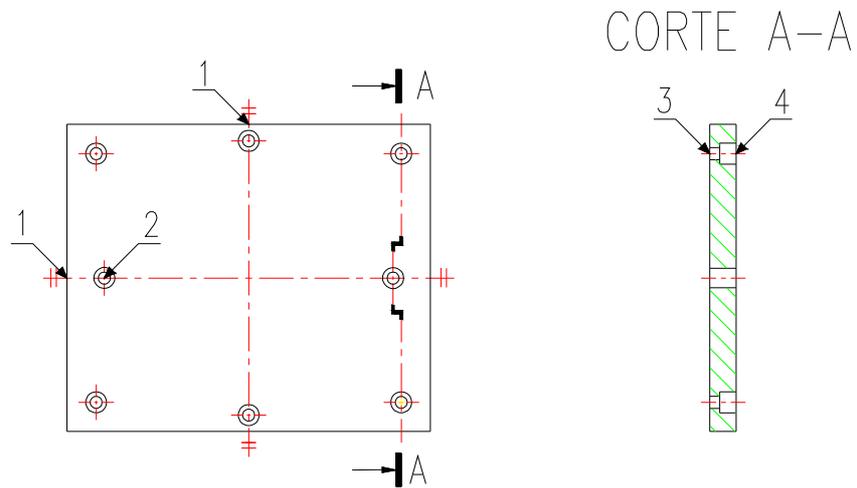
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Fresar y Escuadrar	400	24	1	240
2	Trazado de centros		1		60
3	Realizar orificio Ø6	400	2	40	100
4	Realizar orificio Ø14	400	4	40	80
5	Realizar orificio Ø20	400	2	40	80
6	Realizar avellanado Ø24	400	2	40	80
7	Realizar sistema de refrigeración	400	12	200	300
8	Realizar electro erosión de acuerdo a referencia 0,0	400	8	4.5	900
9	Realizar inclinación de 9º en el ensamble	400	3	40	-

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> PLACA RESPALDO 1	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.115	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 1	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE C1045
--	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------



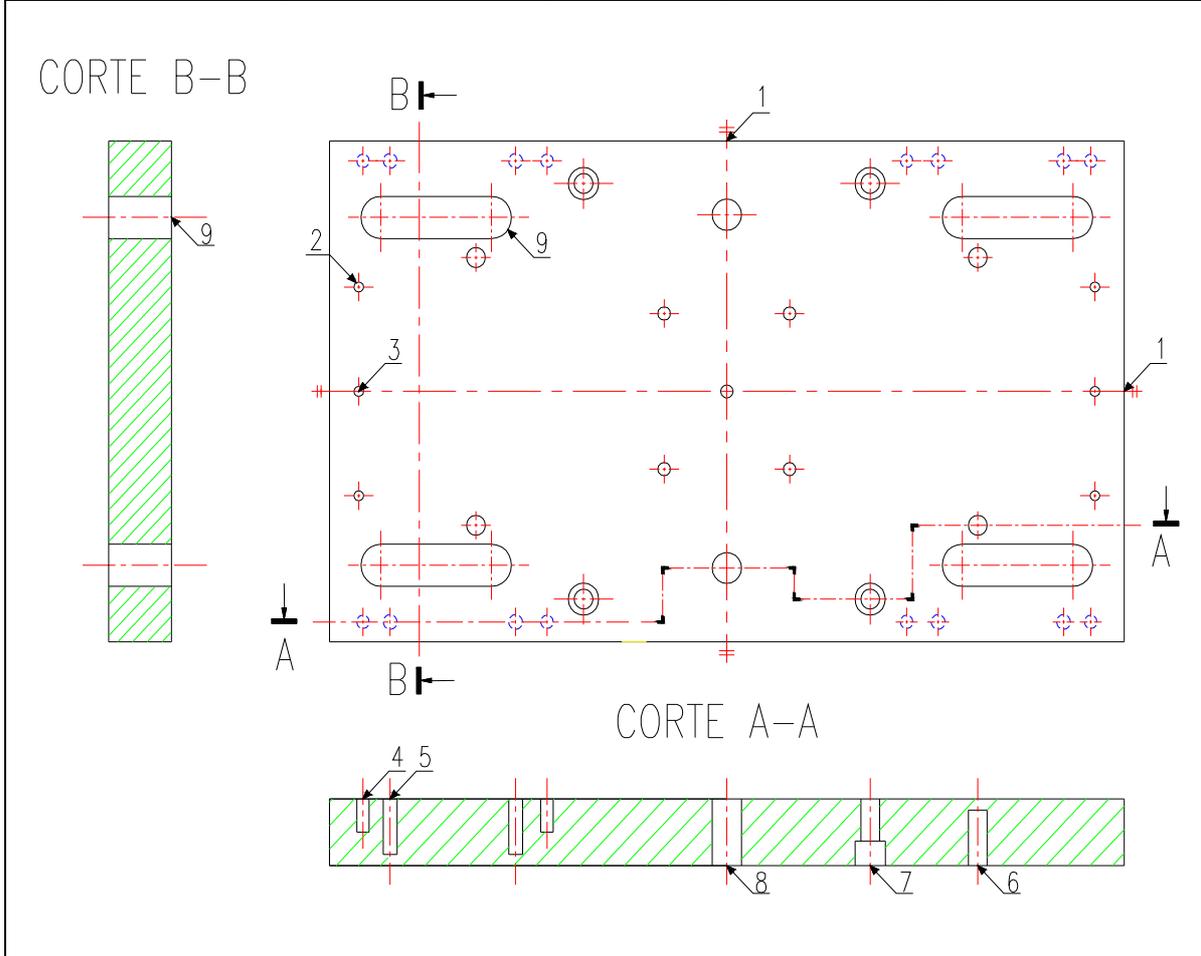
Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Fresar y Escuadrar	400	20	1	200
2	Trazado de centros		1		40
3	Realizar orificio Ø6	400	2	15	80
4	Realizar orificio Ø7	400	2	15	100
5	Realizar avellanado Ø12	400	2	8	80
6	Realizar orificio Ø14	400	2	15	50

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> PLACA RESPALDO 2	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.116	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 1	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE C1045
--	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------



Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Fresar y Escuadrar	400	20	1	200
2	Trazado de centros		1		40
3	Realizar orificio $\varnothing 7$	400	2	15	120
4	Realizar avellanado $\varnothing 12$	400	2	9	80

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> PLACA SOPORTE H2	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.117	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 1	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE C1045
--	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------



Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Fresar y Escuadrar	400	24	1	240
2	Trazado de centros		1		80
3	Realizar orificio Ø5	400	2	30	80
4	Realizar orificio Ø6	400	2	15	60
5	Realizar orificio Ø7	400	2	25	80
6	Realizar orificio Ø9	400	2	25	60

**Continua**

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>		<b>ELEMENTO:</b> PLACA SOPORTE H2	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.117	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 1	<b>MATERIAL:</b> ACERO SAE C1045	
7	Realizar orificio Ø9 Avellanado Ø15	400	2	30 10	40 40	
8	Realizar orificio Ø14	400	2	30	40	
9	Realizar orificio Ø12 x 72 mm de longitud	400	2	30	240	

<b>MATRIZ DE INYECCION PARA LA FABRICACION DE ENCHUFES</b>	<b>ELEMENTO:</b> BOTADOR TIPICO	<b>Nº DE PLANO:</b> 1.2198.118	<b>CANTIDAD DE PIEZAS:</b> 8	<b>MATERIAL:</b> ACERO PLATA AISI O1
--	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	--



Superficie	Operación	Velocidad (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Medir y cortar		1	10	10
2	Refrentar	400	2	1	15
3	Chaflanar	400	2	1x45°	15

### **4.2.3 ETAPAS DE CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA**

La construcción de la matriz se la efectúa en el siguiente orden:

- a. Pedido de materia prima.
- b. Verificación de las dimensiones iniciales.
- c. Elaboración del electrodo del enchufe.
- d. Desbaste de la materia prima.
- e. Elaboración de cada uno de los elementos de la matriz.
- f. Realización de la electro erosión del núcleo del molde.
- g. Ensamble del macho del molde, verificación de los ajustes y realización del orificio inclinado para posicionar las guías y correspondiente acabado superficial.
- h. Ensamble de la hembra del molde, verificación de los correspondientes ajustes y correspondiente acabado superficial.
- i. Ensamble total de la Matriz de Inyección para la Fabricación de enchufes.
- j. Verificación de dimensiones, ajustes y funcionalidad.

### **4.3 MONTAJE DE LA MATRIZ**

El montaje de la matriz se realiza en el siguiente orden:

- a. Ensamble total de la matriz, la cual se realiza por separado, primero la parte del macho del molde y luego la parte de la hembra del molde.

#### **Parte macho de la matriz**

- Se procede a empernar la placa base al núcleo de la matriz, luego se coloca la tapa, por la cual se inyecta el material.
- Posterior a esto se emperna la placa de soporte 2 y la placa de soporte 4.
- Por ultimo se procede a colocar las guías de la matriz las cuales permiten el cierre del molde.

### **Parte hembra de la matriz.**

- Se procede a ensamblar la placa base con la placa 1H y la placa de soporte hembra.
  - En la placa de soporte hembra se emperna el núcleo de la matriz y las dos placas de respaldo
  - En la placa de soporte hembra se emperna las guías para que se desplace el sistema de carros.
- b. Ensamble de la Matriz en la Inyectora.
  - c. Verificación de cierre del molde.
  - d. Verificación del molde en vacío.
  - e. Verificación del sistema de refrigeración.
  - f. Verificación del molde con carga.
  - g. Verificación del producto final.

## **4.4 PRUEBAS DE CAMPO**

Luego del diseño, construcción y el montaje, se procede a realizar las pruebas de acuerdo con el protocolo descrito en el Capítulo 2 numeral 2.5, las cuales verifican el cumplimiento de las condiciones de diseño.

Los resultados del protocolo de pruebas se ilustran en las siguientes tablas:

**Tabla 4.2 Verificación de las dimensiones principales**

<b>FECHA:</b> 16 de septiembre del 2006			<b>Realizado por:</b> Mauricio López Carlos Morales	
<b>DIMENSIONES PRINCIPALES</b>				
Dimensión	Diseño	Prototipo	Aceptación	
			SI	NO
Largo total [mm]	360	360	X	
Ancho total [mm]	230	230	X	
Altura total [mm]	150	150	X	

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

**Tabla 4.3 Verificación de los componentes principales**

<b>FECHA:</b> 16 de septiembre del 2006		<b>Realizado por:</b> Mauricio López Carlos Morales		
<b>VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES</b>				
ELEMENTO		BUENO	REGULAR	MALO
Funcionamiento sistema de guías.		X		
Funcionamiento sistema de refrigeración.		X		
Funcionamiento sistema de alimentación.		X		
Funcionamiento de los expulsores del material.		X		

Fuente: Propia.  
Elaborado: López, Morales

**Tabla 4.4 Verificación en vacío del molde**

<b>FECHA:</b> 16 de septiembre del 2006					<b>Realizado por:</b> Mauricio López Carlos Morales			
<b>SISTEMA</b>								
Tiempo [min]	Guías		Carros móviles		Expulsión		Refrigeración	
	Falla	No falla	Falla	No falla	Falla	No falla	Falla	No falla
30		X		X		X		X
60		X		X		X		X
90		X		X		X		X
120		X		X		X		X

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

**Tabla 4.5 Verificación del espesor del enchufe**

<b>FECHA:</b> 16 de septiembre del 2006		<b>Realizado por:</b> Mauricio López Carlos Morales
<b>ESPESOR DEL ENCHUFE</b>		
<b>Nº</b>	<b>Tiempo [min]</b>	<b>Espesor</b>
1	30	3.0
2	60	3.0
3	90	3.1
4	120	3.0
<b>Espesor promedio</b>		<b>3.0</b>

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

**Tabla 4.6 Calidad y Cantidad del producto final (enchufe)**

<b>FECHA:</b> 16 de septiembre del 2006		<b>Realizado por:</b> Mauricio López Carlos Morales		
	<b>CALIDAD</b>			<b>CANTIDAD</b>
<b>Tiempo [min]</b>	<b>BUENA</b>	<b>REGULAR</b>	<b>MALA</b>	
30	X			50
60	X			100
90	X			150
120	X			200

Fuente: Propia.  
Elaborado: López, Morales

#### **4.4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Como se puede apreciar en la Tabla 4.2 la verificación de medidas cumple con el protocolo de pruebas; esto es muy importante ya que en el presente caso todas las medidas son precisas en el campo de la Matrickeria.

Se verifica que todos los sistemas se encuentran en perfectas condiciones de funcionamiento, y además se comprueba que el sistema de refrigeración de las cavidades del molde puede trabajar con agua como líquido refrigerante sin afectar la calidad final del enchufe.

En las pruebas realizadas al prototipo se aprecia que la calidad del enchufe es óptima para la venta al público.

# **CAPITULO V**

## **COSTOS**

### **5.1 INTRODUCCION**

En el presente capítulo se describe detalladamente los costos del diseño y construcción de la matriz de inyección para la fabricación de enchufes; para lo cual se toma de referencia los rubros en el mercado de la ciudad de Quito en el mes de octubre del 2006, los mismos que se desglosan de la siguiente manera:

- Costo de diseño
- Costo de materia prima
- Costo de elementos normalizados
- Costo de construcción
- Costos adicionales
- Costo total

### **5.2 COSTO DE DISEÑO**

La evaluación del costo del diseño se la realiza sobre la base del tiempo invertido durante el presente proceso de diseño de la Matriz de Inyección para la Fabricación de enchufes. Aproximadamente se emplean 30 días.

Un ingeniero con experiencia en diseño de matrices de inyección para la fabricación de enchufes; debe percibir un mínimo de 20 dólares por hora. El tiempo necesario para el diseño es aproximadamente 80 horas, por lo cual el costo por diseño es:

Costo por diseño es = 1600 dólares

### 5.3 COSTO DE MATERIA PRIMA

Los costos de materia prima constituyen un factor importante para el desarrollo del proyecto. Se denomina materia prima al material que se lo adquiere en bruto y mediante un proceso mecánico con arranque de viruta se convierte en el elemento requerido.

La Tabla 5.1 indica los materiales necesarios para la construcción de la matriz de inyección para la fabricación de enchufes, incluye el precio de los mismos.

**Tabla 5.1 Costo de Materia Prima**

<b>Designación</b>	<b>Número de unidades</b>	<b>Costo unitario USD</b>	<b>Subtotal USD</b>
Eje de acero SAE 4340 Ø 22x230 mm	4	3.43	13.72
Plancha de acero SAE C1045 330x260x43 mm	1	43.45	43.45
Plancha de acero SAE C1045 260x90x43 mm	2	11.85	23.70
Plancha de acero SAE P20 200x70x50 mm	2	49.5	99.00
Eje de acero SAE P20 Ø 70x65 mm	1	17.55	17.55
Plancha de acero SAE P20 160x40x15 mm	2	6.78	13.56
Plancha de acero SAE P20 210x166x54 mm	2	133	266.00
Plancha de acero SAE P20 200x50x45 mm	2	31.80	63.60
Plancha de acero SAE C1045 235x90x40 mm	2	10	20.00
Plancha de acero SAE C1045 110x30x25 mm	4	1	4.00
Plancha de acero SAE C1045 355x260x43 mm	1	46.8	46.80
Eje de bronce ASTM C38500 Ø 28x50 mm	4	1.89	7.56
Eje de acero SAE C1045 Ø 1"x90 mm	4	0.54	2.16
Plancha de acero SAE C1045 260x235x43 mm	2	31	62.00
Plancha de acero SAE C1045 390x260x43 mm	1	51.42	51.42
Eje de acero plata AISI O1 Ø 8x500 mm	1	0.80	0.80
Eje de acero plata AISI O1 Ø 14x200 mm	1	1.28	1.28
Eje de acero plata AISI O1 Ø 8x560 mm	1	0.90	0.90
Eje de acero plata AISI O1 Ø 4x560 mm	1	0.32	0.32
<b>Total</b>			<b>737.82</b>

Fuente: Comercial Iván Bohman C.A.  
Elaborado: López, Morales

## 5.4 COSTO DE ELEMENTOS NORMALIZADOS

Se denominan elementos normalizados a todos aquellos que son de libre comercialización en el mercado y no requieren ser maquinados para el uso en la matriz.

En la construcción de la Matriz de Inyección para la Fabricación de enchufes; se requirieron los siguientes elementos normalizados, (Tabla 5.2).

**Tabla 5.2 Costo de Elementos Normalizados**

<b>Designación</b>	<b>Número de unidades</b>	<b>Costo unitario USD</b>	<b>Subtotal USD</b>
Tornillos cilíndricos con alojamiento hexágono interior. M-8	15	0.40	6
Tornillos cilíndricos con alojamiento hexágono interior. M-6	20	0.35	7
Tornillos cilíndricos con alojamiento hexágono interior. M-5	20	0.35	7
<b>Total</b>			<b>20</b>

Fuente: Comercial Castillo Hermanos  
Elaborado: López, Morales

Por lo que el costo de elementos normalizados es de 20 dólares.

## 5.5 COSTO DE CONSTRUCCIÓN

Los rubros de fabricación dependen fundamentalmente del tipo de proceso que se utiliza en la construcción, por cuanto dichos rubros son primordiales en el diseño.

En este punto se toma en cuenta los siguientes parámetros:

Mano de obra calificada

Costos de hora máquina herramienta

Montaje

A continuación se presentan en la Tabla 5.3 los rubros de construcción requeridos para la Matriz de Inyección para la Fabricación de enchufes.

**Tabla 5.3 Costo de Construcción**

<b>Maquinaria</b>	<b>Costo / hora USD</b>	<b>Número de horas</b>	<b>Subtotal USD</b>
Torno	8	35	280
Fresadora	10	200	2000
Electroerosionadora	12	30	360
Otros	8	30	240
<b>Total</b>			<b>2880</b>

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

El costo de construcción es de 2.880 dólares.

## 5.6 COSTO ADICIONALES

En este rubro constan los gastos relacionados a la operación, pruebas e imprevistos que incluyen gastos de transporte, materiales empleados en el pulido de la matriz, pruebas de campo, y demás imprevistos, los cuales no son tomados en cuenta en los rubros anteriores, a continuación en la Tabla 5.4 se detalla el valor:

**Tabla 5.4 Costos Adicionales**

<b>Designación</b>	<b>Total (USD)</b>
Costos adicionales 10% de la Matriz de Inyección para la Fabricación de Enchufes.	530

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

El rubro por costo adicional es de 530 dólares.

## 5.7 COSTO TOTAL DE LA MATRIZ

Realizando la suma de todos los rubros anteriores se tiene que el costo total de la Matriz de Inyección para la Fabricación de enchufes, como se indica en la Tabla 5.5

**Tabla 5.5 Costo Total**

<b>Designación</b>	<b>Subtotal (USD)</b>
Costo de diseño	1600
Costo de materia prima	738
Costo de elementos normalizados	20
Costos de construcción	2880
Costos adicionales	530
<b>Costo Total</b>	<b>5768</b>

Fuente: Propia  
Elaborado: López, Morales

El costo total de la Matriz de Inyección para la Fabricación de enchufes es de 5798 dólares americanos.

# CAPITULO VI

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- El proyecto de titulación cumple con el objetivo de la presente tesis, el cual es el diseño y construcción de una Matriz de Inyección para la Fabricación de enchufes, que satisface con los parámetros funcionales y requerimientos operacionales planteados al inicio de este trabajo.
- En la elaboración y montaje de los elementos o componentes para la construcción de la Matriz de Inyección para la Fabricación de enchufes se emplea materia prima de fácil adquisición y economía en el mercado nacional, lo cual favorece la producción en serie de los enchufes.
- Los planos de taller se presentan en forma clara, concisa y cumpliendo con las normas de dibujo, con todas las indicaciones necesarias y suficientes para efectuar una construcción relativamente fácil.
- El diseño de la Matriz permite que pueda ser desarmada para ser transportada con facilidad de un lugar a otro.
- Luego de realizar las pruebas de funcionamiento de la Matriz de Inyección para la Fabricación de enchufes se garantiza la seguridad, utilidad y confiabilidad en el trabajo.
- El funcionamiento es controlado solo por un operador y para realizar el desbarbado del producto no se requiere de personal calificado.
- La experiencia adquirida en el presente proyecto de titulación, se considera de gran valor en la formación profesional y personal de los autores.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Para la construcción de la matriz de inyección para la fabricación de enchufes; se deben utilizar máquinas herramientas de óptima calidad (IT 6 – IT 7), ya que la precisión de cada elemento es primordial para el montaje del mismo.
- Para precautelar la vida útil de la matriz, se recomienda cambiar los expulsadores o pines cada 200.000 enchufes producidos.
- Para reducir el costo de producción del enchufe, es recomendable utilizar agua como líquido refrigerante en el sistema de refrigeración para las cavidades de la matriz.
- Se sugiere para la construcción de la matriz contratar mano de obra calificada (matríceros); por cuanto los elementos constitutivos de la matriz son de alto grado de precisión.
- Se deben seguir todas las recomendaciones de seguridad industrial para realizar los distintos trabajos en las máquinas herramientas utilizadas en el presente proyecto de titulación.
- Se debe impulsar este tipo de proyectos ya que son de gran ayuda para impulsar la microempresa en nuestro país.

## BIBLIOGRAFIA

- SHIGLEY, J; Diseño en Ingeniería Mecánica; Editorial Mc Graw Hill, Sexta Edición; México; 2002.
- SHIGLEY, J; Diseño en Ingeniería Mecánica; Editorial Mc Graw Hill, Cuarta Edición; México; 1985.
- DUBOIS-PRIBBLE; Ingeniería de Moldes para Plástico; Editorial URMO; Tomo 5; Bilbao; 1976.
- MINK, W; Inyección de Plásticos; Tomo I; Ediciones Gustavo Gili; México; 1990.
- MINK, W; Inyección de Plásticos; Tomo II; Ediciones Gustavo Gili; México; 1990.
- MENGUES-MOHREN; Moldes para Inyección; Tomo III; Ediciones Gustavo Gili; México; 1990.
- RIBA, C; Diseño Concurrente; Ediciones UPC; Primera Edición; Barcelona; 2002.
- INCROPERA, F; Fundamentos de Transferencia de Calor; Editorial Prentice Hall; Cuarta Edición; México; 1999.
- CHEVALIER; Dibujo Industrial; Montaner y Simón S.A.; Barcelona, 1979.
- INEN; Código de Dibujo Técnico Mecánico; Quito, 1981.
- ASKELAND, D; La Ciencia e Ingeniería de los Materiales; Grupo editorial Íbero América, 1987.

- VARGAS, J; Guía de los fundamentos de Dibujo Industrial; E.P.N., Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito-Ecuador, 2006.
  
- VARGAS, J; Producción por Virutaje; E.P.N., Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito-Ecuador, 2006.

# INDICE GENERAL

RESUMEN	6
INTRODUCCION	8
CAPITULO I	9
<b><u>FUNDAMENTOS TEORICOS DEL PROCESO</u></b>	
1.1 CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DE LOS PLASTICOS	9
1.2 METODO DE MOLDEO	9
1.3 ESTUDIO BASICO DE LOS PLASTICOS	9
1.3.1 MATERIALES TERMOPLASTICOS	10
1.3.2 MATERIALES TERMOESTABLES	10
1.4 METODOS DE MOLDEO DE PLASTICO	10
1.4.1 MOLDEO POR COMPRESION	11
1.4.2 MOLDEO POR TRANSFERENCIA	12
1.4.3 MOLDEO POR INYECCION	13
1.4.4 MOLDEO POR EXTRACCION CONTINUA	14
1.5 TIPOS DE MATRICES O MOLDES	15
1.5.1 MATRIZ POR COMPRESION	15
1.5.2 MATRIZ DE TRANSFERENCIA	16
1.5.3 MATRIZ DE INYECCION	17
1.6 PROCESOS, EQUIPOS Y METODOS PARA LA FABRICACION DE MOLDES	17
1.6.1 PROCESO DE MAQUINADO	17
1.6.2 ELECTROEROSION	18
1.6.3 EROSION QUIMICA	19
1.7 MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACION DE	19
1.7.1 INTRODUCCION	19
1.7.2 ACEROS UTILIZADOS EN LA FABRICACION DE MOLDES	20
1.7.2.1 Chapas de acero	21
1.7.2.2 Acero de herramientas	21
1.7.2.3 Aceros de Aleados	21
1.7.2.4 Aceros inoxidable	22
1.8 METODO DE MOLDEO POR INYECCION	22
1.8.1 INTRODUCCION	22
1.8.2 DESCRIPCION DEL PROCESO	23
1.8.3 SISTEMAS QUE COMPONEN LOS MOLDES DE INYECCION	25
1.8.3.1 Sistema Extractor	25
1.8.3.1.1 Espiga o lámina extractora	25
1.8.3.1.2 Placas Extractoras	26

1.8.3.1.3 Expulsión por Aire	27
1.8.3.2 Sistemas de Alimentación	27
1.8.3.3 Sistemas de Refrigeración	29
1.8.3.4 Bebederos	30

## **CAPITULO II** \_\_\_\_\_ **33**

### **ANALISIS Y SELECCION DE ALTERNATIVAS**

2.1 NUMERO DE PIEZAS A FABRICARSE	35
2.2 SISTEMA DE GUIAS (INSERTOS MOVILES)	38
2.3 SISTEMA DE REFRIGERACION	42
2.4 MECANISMO DE EXPULSION	44
2.5 PROTOCOLO DE PRUEBAS	48

## **CAPITULO III** \_\_\_\_\_ **52**

### **CALCULOS DEL DISEÑO SELECCIONADO**

3.1 PLANTEAMIENTO DE LA ALTERNATIVA DE DISEÑO	52
3.2 PARAMETROS DE DISEÑO	55
3.3 PRESION DE INYECCION	55
3.3.1 LONGITUD DE RECORRIDO DEL FLUJO PLÁSTICO	56
3.3.2 ESPESOR DE LA PIEZA	57
3.3.3 MATERIA PRIMA	57
3.4 FUERZA DE CIERRE	57
3.5 CALCULO DE ESFUERZOS EN LA PLACA DE RESPALDO	60
3.5.1 DISEÑO DE LA PLACA DE RESPALDO SUPERIOR	65
3.5.1.1 Sección A-A	67
3.5.1.2 Sección B-B	69
3.5.1.3 Sección C-C	70
3.5.1.4 Sección D-D	74
3.6 CALCULO DE ESFUERZOS EN LAS GUIAS	75
3.7 ESFUERZOS EN PERNOS DE SUJECION DE LA PLACA	79
3.8 DISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOLDE	83
3.8.1 CALCULO DEL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO	84
3.9 DETERMINACIÓN DEL CALOR A DISIPARSE	89

**CAPITULO IV \_\_\_\_\_ 97**

**CONSTRUCCION, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO**

<b>4.1 GENERALIDADES _____</b>	<b>97</b>
<b>4.2 CONSTRUCCION DE LA MATRIZ _____</b>	<b>97</b>
<b>4.2.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCION _____</b>	<b>98</b>
4.2.1.1 Máquinas y Equipos _____	98
4.2.1.2 Herramientas _____	99
4.2.1.3 Instrumentos de medición y verificación _____	100
4.2.1.4 Materia prima _____	101
4.2.1.5 Elementos normalizados _____	102
<b>4.2.2 HOJAS DE PROCESOS _____</b>	<b>102</b>
<b>4.2.3 ETAPAS DE CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA _____</b>	<b>123</b>
<b>4.3 MONTAJE DE LA MATRIZ _____</b>	<b>123</b>
<b>4.4 PRUEBAS DE CAMPO _____</b>	<b>124</b>

**CAPITULO V \_\_\_\_\_ 129**

**COSTOS**

5.1 INTRODUCCIÓN _____	129
5.2 COSTO DE DISEÑO _____	129
5.3 COSTO DE MATERIA PRIMA _____	130
5.4 COSTO DE ELEMENTOS NORMALIZADOS _____	131
5.5 COSTO DE CONSTRUCCIÓN _____	131
5.6 COSTO ADICIONALES _____	132
5.7 COSTO TOTAL DE LA MATRIZ _____	133

**CAPITULO VI \_\_\_\_\_ 134**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 CONCLUSIONES _____	134
6.2 RECOMENDACIONES _____	135

**BIBLIOGRAFIA \_\_\_\_\_ 136**

**ANEXOS \_\_\_\_\_ 133**