

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXPULSIÓN PARA MÁQUINAS INYECTORAS DE
PLÁSTICO (BRAZO NEUMÁTICO)**

TESIS

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR

FREDY ARNOLDO DE LEÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

Guatemala, agosto de 1997

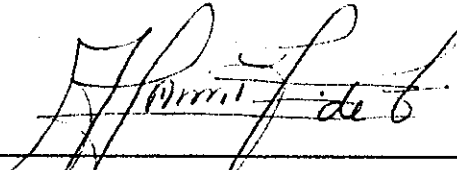
PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXPULSIÓN PARA MÁQUINAS INYECTORAS DE PLÁSTICO (BRAZO NEUMÁTICO)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha, 3 de julio de 1996.



FREDY ARNOLDO DE LEÓN DE LEÓN

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
VOCAL PRIMERO:	Ing. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ GUERRA
VOCAL SEGUNDO:	Ing. JACK DOUGLAS IBARRA SOLÓRZANO
VOCAL TERCERO:	Ing. JUAN ADOLFO ECHEVERRÍA MÉNDEZ
VOCAL CUARTO:	Br. VÍCTOR MANUEL LOBOS ALDANA
VOCAL QUINTO:	Br. WAGNER GUSTAVO LÓPEZ CÁCERES
SECRETARIO:	Inga. y Licda. GILDA CASTELLANOS DE ILLESCAS

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

DECANO:	Ing. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
EXAMINADOR:	Ing. JOSE ESTUARDO LIMA CASTILLO
EXAMINADOR:	Ing. HERMENEGILDO ARGUETA MORALES
EXAMINADOR:	Ing. JORGE CHILO SIGUERE ROCKSTROH
SECRETARIO:	Ing. FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ LOPEZ

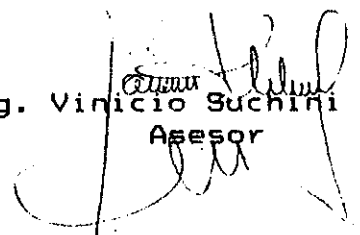
Guatemala, 28 de febrero de 1,997.

Ing. Carlos H. Perez Rodriguez,
Director de la Escuela de
Ingeniería Mecánica,
Facultad de Ingeniería,
Universidad de San Carlos de
Guatemala,
Ciudad Universitaria, zona 12,
Guatemala.

Director:

De acuerdo con el nombramiento como asesor del trabajo de tesis del estudiante universitario Fredy Arnoldo de León de León, titulado DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXPULSIÓN PARA MÁQUINAS INYECTORAS DE PLÁSTICO (BRAZO NEUMÁTICO), me es grato informarle, que he concluido con dicha asesoría y que el trabajo presentado cumple con los objetivos propuestos, además de haber sido realizado con dedicación y esfuerzo por parte del estudiante.

Atentamente.


Ing. Vinicio Suchini Lemus
Asesor



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas, Ingeniería Electrónica y Escuela Regional Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.

Apartado Postal 217-1-01-907, Guatemala

Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del Área de Diseño de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo titulado Diseño de un Sistema de Expulsión para Máquinas Inyectoras de Plástico (Brazo Neumático), del estudiante Fredy Arnoldo de León de León, recomienda su autorización.

LIBRO Y ENSEÑAR A TODOS

Pedro E. Kubes

Ing. Pedro Enrique Kubes Zatek

Coordinador de Área

Guatemala, mayo de 1, 1997.

/behdei.



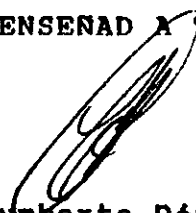
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas, Ingeniería Electrónica y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.

Apartado Postal 217-1-01-907, Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con el visto bueno del Coordinador del Área de Diseño, al trabajo de tesis titulado Diseño de un Sistema de Expulsión para Máquinas Inyectoras de Plástico (Brazo Neumático), del estudiante Fredy Arnoldo de León de León, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Inq. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

DIRECTOR

Guatemala, julio de 1,997



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Ingeniero Carlos Humberto Pérez Rodríguez, al trabajo de tesis titulado Diseño de un Sistema de Expulsión para Máquinas Inyectoras de Plástico (Brazo Neumático), presentado por el estudiante universitario Fredy Arnoldo de León de León, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRIMASE


ING. HERBERT RENE MIRANDA BARRIOS

D E C A N O

Guatemala, agosto de 1,997.



AGRADECIMIENTO

A DIOS

Todo poderoso, que me dio su amor y sabiduría para poder llegar a esta meta.

AI ING. JAVIER VINICIO SUCHINI LEMUS

Por su asesoría y tiempo prestado en el presente trabajo.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE TRABAJO

Por su amistad y colaboración.

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

Valentín Romeo De León De León
Milagro Zoé De León de De León

A MI ESPOSA

Gloria Estela Ruiz de De León

A MIS HIJOS

Fredy Romeo
Jenifer Zoé

A MIS HERMANOS

Gregorio Romeo
Carmen Alejandro
Juana Magdalena
Juan Francisco
Marta Estela
Sergio Romeo
Rolando Blaymiro
Carlos Rafael
Erick Roberto

A MI FAMILIA EN GENERAL

A LA ESCUELA DE MECÁNICA

A LA FACULTAD DE INGENIERÍA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Y A USTED, EN ESPECIAL

ÍNDICE GENERAL

	No. de Página
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	I
GLOSARIO.....	II
INTRODUCCIÓN.....	III
1. MÁQUINA INYECTORA.....	1
1.1. Descripción de proceso.....	1
1.2. Partes principales y funcionamiento básico...	5
1.2.1. Unidad de prensa.....	6
1.2.2. Unidad de inyección.....	11
1.2.3. Unidad de fuerza hidráulica.....	14
1.3. Ciclo de trabajo.....	18
1.4. Operación semi-automática y automática.....	22
2. SISTEMAS DE EXPULSIÓN.....	24
2.1. Inherentes al molde.....	24
2.2. Inherentes a la máquina.....	27
2.3. Tipos de expulsión.....	27
2.3.1. Expulsión mecánica.....	28
2.3.2. Expulsión hidráulica.....	31
2.3.3. Expulsión neumática.....	35
2.3.4. Combinaciones de sistemas de expulsión...	35
3. ELECCIÓN DEL SISTEMA DE EXPULSIÓN.....	40
3.1. Propósito.....	40
3.2. Condiciones y limitantes.....	40
3.2.1. En la planta.....	41
3.2.2. En la máquina.....	41
3.2.3. En el molde.....	45
3.3. Sistema sugerido.....	45
3.3.1. Movimientos necesarios para la expulsión de la pieza.....	48
4. DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE EXPULSIÓN.....	53
4.1. Principios fundamentales de neumática.....	53
4.1.1. Definición de neumática.....	53
4.1.2. Aire comprimido.....	53
4.1.3. Parámetros.....	55
4.1.4. Simbología.....	55
4.2. Criterio del diseño de expulsión, con base en diagramas.....	55
4.2.1. Diagrama espacio/tiempo.....	59
4.2.2. Diagrama o circuito neumático.....	59
4.2.3. Diagrama de mando eléctrico por microprocesador.....	62
4.3. Descripción del equipo a utilizar.....	64
4.4. cálculos de los cilindros.....	65
4.4.1. Fuerza del émbolo.....	65
4.4.2. Consumo de aire.....	66
4.4.3. Cálculos de las fuerzas reales de	

avance y retorno de los cilindros.....	67
4.4.4. Cálculos del consumo total de aire del sistema.....	69
4.5. Instalación.....	71
5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	78
5.1. Ciclo de trabajo.....	78
5.1.1. Etapa de expulsión en modo semi-automático.....	78
5.1.2. Etapa de expulsión en modo automático.....	79
5.2. Rendimiento de la máquina.....	80
5.3. Productividad.....	83
5.3.1. Definición de productividad.....	83
5.3.2. Cálculo de la productividad.....	84
5.4. Comparación del proceso semi-automático y automático.....	86
5.5. Costos de inversión.....	86
5.6. Recuperación de la inversión.....	87
CONCLUSIONES.....	IV
RECOMENDACIONES.....	V
REFERENCIAS.....	VI
BIBLIOGRAFIA.....	VII

LISTA DE ILUSTRACIONES

	No. de página
Fig. 1.1. Máquina inyectora.....	2
Fig. 1.2. Esquema básico de una máquina inyectora.....	3
Fig. 1.3. Husillo.....	4
Fig. 1.4. Unidad de prensa, etapa de cierre.....	7
Fig. 1.4.A. Unidad de prensa, etapa de apertura.....	8
Fig. 1.5. Cierre completamente hidráulico.....	10
Fig. 1.6. Apertura completamente hidráulica.....	10
Fig. 1.7. Unidad de inyección.....	12
Fig. 1.8. Envase cerrado.....	15
Fig. 1.9. Unidad de fuerza hidráulica.....	17
Fig. 1.10. Posiciones del molde.....	19
Fig. 2.1. Sistema de expulsión mecánico.....	29
Fig. 2.2. Expulsión efectuada, mecánicamente.....	30
Fig. 2.3. Sistema de expulsión hidráulico.....	32
Fig. 2.4. Apertura necesaria, del sistema hidráulico.....	33
Fig. 2.5. Expulsión efectuada, hidráulicamente....	34
Fig. 2.6. Sistema de expulsión neumático.....	36
Fig. 2.7. Expulsión efectuada, neumáticamente.....	37
Fig. 3.1. Planta del molde y platinas.....	43
Fig. 3.2. Perfil del molde y platinas.....	44
Fig. 3.3. Bote basurero 20 gls.....	46
Fig. 3.4. Movimientos del brazo neumático.....	49
Fig. 3.5. Brazo neumático.....	50
Fig. 4.1. Diagrama espacio/tiempo, para el mando automático del sistema de expulsión neumático.....	60
Fig. 4.2. Circuito neumático.....	61
Fig. 4.3. Diagrama eléctrico de mando por microprocesador.....	63
Fig. 4.4. Base del brazo neumático.....	75
Fig. 4.5. Quijadas del brazo neumático.....	76
Fig. 4.6. Instalación del brazo neumático sobre la platina móvil.....	77
Tabla 4.1. Simbología.....	56
Tabla 4.2. Tamaño y tipo de máquina para óptimo servicio.....	72
Tabla 4.3. Capacidad recomendada para el tanque receptor.....	73
Tabla 5.1. Tabulación de ciclos reales y su ciclo promedio.....	81

GLOSARIO

APERTURA: acción de abrir.

BEBEDERO: parte del molde de inyección que permite conectar, sus vías de distribución con la boquilla de inyección; con el fin de sellar al exterior.

CAVIDAD DEL MOLDE: vacío o hueco del molde que le da forma al producto.

CICLO: sistema que pasa por una secuencia de procesos, volviendo a su estado original.

COMPRESIÓN: acción y efecto de comprimir la materia termoplástica mediante el husillo y el cilindro, generando calor.

DOSIFICACIÓN: acción de determinar la cantidad de material que se toma para cada inyección.

EXTRUSOR: parte de la máquina inyectora, que tiene la función de derretir e inyectar el material al molde. Está compuesto por un husillo y un cilindro.

INHERENTE: que se encuentra unido inseparablemente con otra cosa.

INYECCIÓN: proceso mediante el cual, materia en estado plástico es forzado a ingresar al molde, el cual llena en su totalidad la(s) cavidad(es) contenida(s) en él.

MOLDE DE INYECCIÓN: objeto con una o varias cavidades, que permiten darle forma a la masa plastificada que se inyecta en él, a través de sus vías de distribución.

POLÍMEROS: compuesto orgánico de cadenas moleculares gigantes, capaces de ser moldeadas.

REFRIGERACIÓN: proceso que consiste en transferir calor de un cuerpo a otro de menos temperatura.

SISTEMA: combinación de partes reunidas para obtener un resultado, o llegar a un fin determinado.

SOLIDIFICACIÓN: paso de un cuerpo en estado líquido a estado sólido.

TERMOPLÁSTICOS: polímeros que se comportan en manera plástica a elevadas temperaturas, sin modificar la naturaleza de su enlace.

INTRODUCCIÓN

El moldeo por inyección, es un proceso de fundición de gránulos termoplásticos por presión alta y ciclo corto. El material termoplástico, es sometido en el husillo o extrusor, a la acción de altas temperaturas mediante fricción y resistencias eléctricas, convirtiéndolo en una masa uniforme, plastificada la masa es introducida al molde y toma la forma del molde mediante el enfriamiento.

Cuando la masa uniforme se enfría dentro del molde y toma la forma de éste, podemos dar inicio a la apertura del mismo, para luego extraer la pieza moldeada; la extracción puede ser con la ayuda de un maquinista o por medio de los distintos sistemas de expulsión que posea la máquina y/o el molde; terminada la extracción, podemos iniciar un nuevo ciclo de trabajo.

En el desarrollo de este trabajo, damos a conocer las partes principales de una máquina inyectora de plásticos, así como su funcionamiento básico.

El proceso del moldeo por inyección es importante que sea automatizado, para mantener una productividad buena; pero en ocasiones debido a los diseños de los moldes, es necesario el uso de un maquinista sacando las piezas a mano, esto conlleva un riesgo más alto de piezas defectuosas por la inconsistencia del ciclo de trabajo.

Por lo expuesto anteriormente, es necesario el criterio de diseño, para adaptarle o modificarle al molde el (los) sistema(s) necesario(s) de expulsión, para automatizar el proceso.

Este proyecto es un diseño para un sistema de expulsión, que permita extraer distintos productos de su molde; para éste caso en particular, lo utilizaremos para extraer del molde, el producto bote basurero 20 gls., que en la actualidad produce en modo semi-automático. El sistema sugerido para la automatización de éste proceso, nos llevó a la conclusión de elaborar un brazo neumático que permita sujetar los distintos productos y en éste caso el bote basurero 20 gls., para luego expulsarlo; con el fin de automatizar el ciclo de trabajo de la máquina.

Los análisis de los resultados son teóricos; y la implementación de éste proyecto quedó a disposición de la empresa GUATEPLAST S.A.

CAPÍTULO 1

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

1. MÁQUINA INYECTORA

El moldeo por inyección, es un proceso de fundición de gránulos termoplásticos por presión alta y ciclo corto.

En la figura No.1.1 se ilustra una máquina inyectora.

Las ventajas del moldeo por inyección, sobre otro tipo de proceso con plástico, son: la velocidad de producción de piezas; la alta posibilidad de obtener piezas bien acabadas superficialmente y con tolerancias estrechas; y el factor quizá más importante, es el de poder fabricar varias piezas simultáneamente, usando para esto un molde multicavidad.

En cualquier proceso de moldeo de materiales termoplásticos, hay que considerar cuatro factores importantes para la obtención de una alta rentabilidad, a saber: a) la resina plástica, b) el tipo de máquina, c) el tipo de molde y d) el control de las variables importantes del proceso. tales como: tiempo, temperatura, velocidad y presión. El correcto ajuste de las variables, permitirá la fabricación satisfactoria de piezas plásticas a inyectar.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

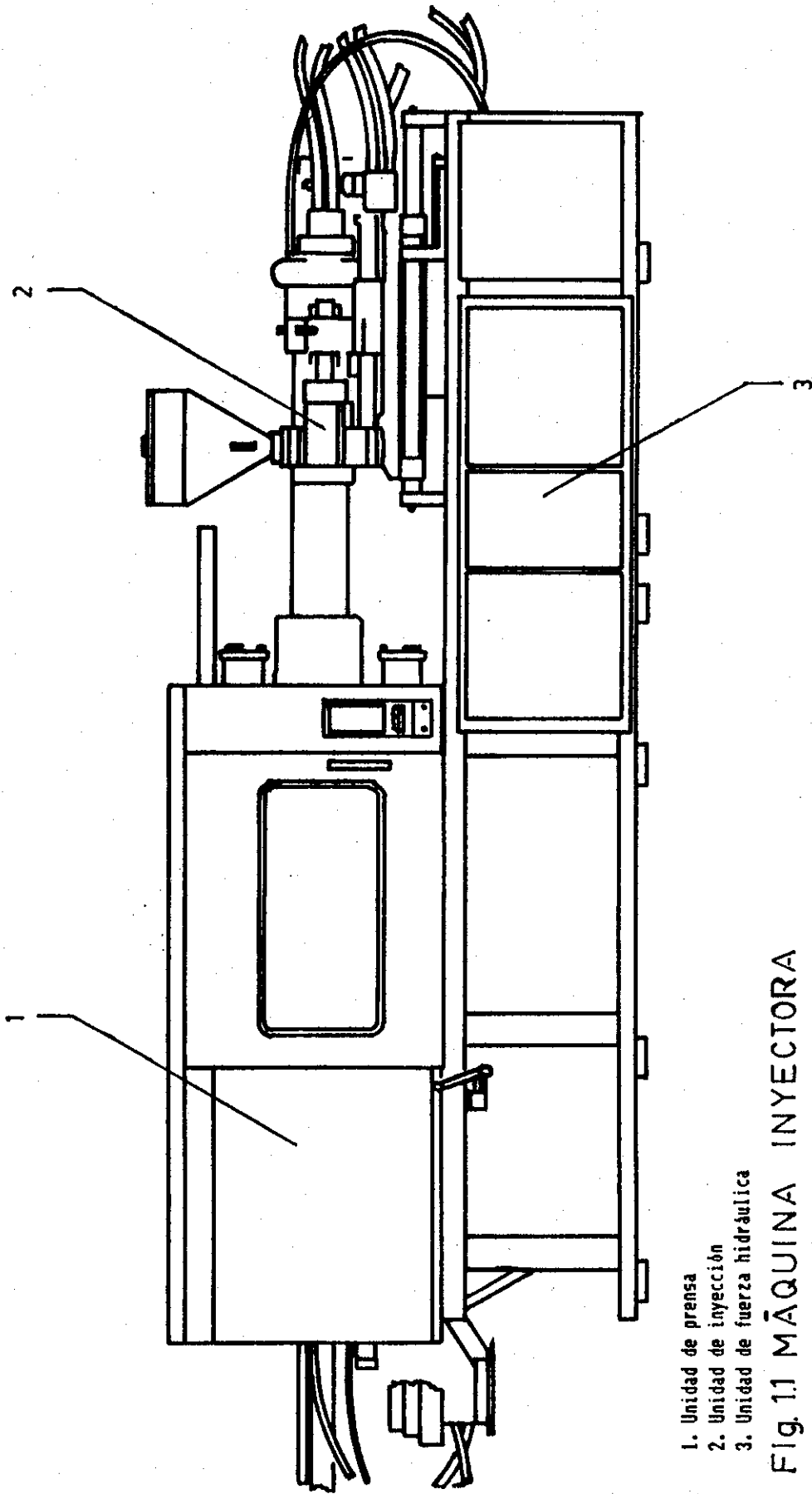
Trazando el material a través de la máquina se pueden ver sus partes básicas y la descripción del proceso.

En la figura No.1.2 se representa básicamente el esquema de una máquina inyectora.

El material termoplástico es introducido a la máquina a través de la tolva (en la tolva se encuentra una serie de barras, fuertes y magnéticas, que tienen el trabajo de remover cualquier objeto metálico); la tolva esta situada sobre la unidad de inyección. Luego pasa por la garganta y cae al husillo. En la figura No.1.3 se muestra el husillo, que esta dividido en tres zonas que son:

1. Zona de dosificación
2. Zona de compresión
3. Zona de alimentación

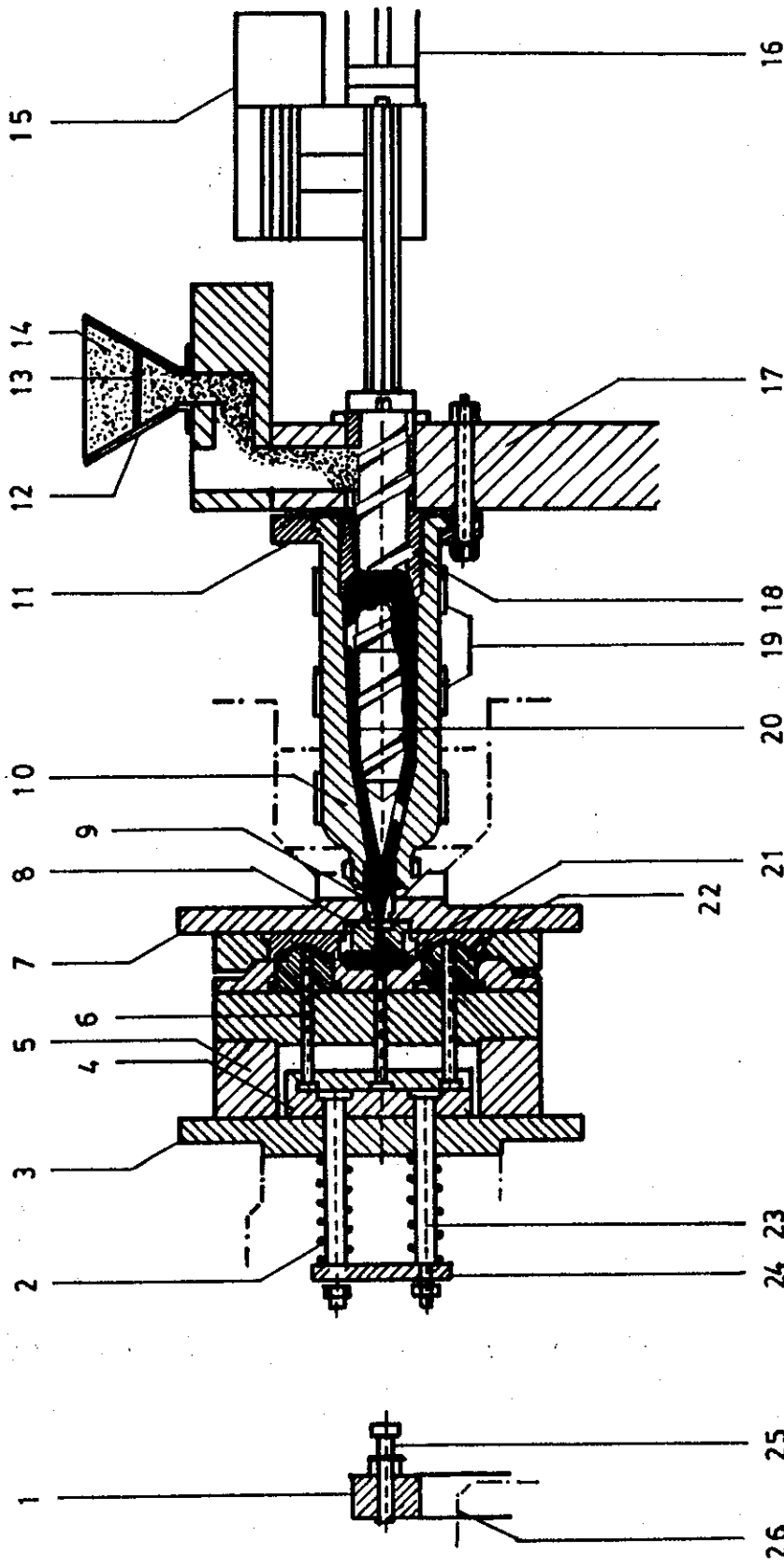
En el husillo el material es empujado hacia adelante mediante un movimiento rotatorio, que es accionado por un motor hidráulico que lo forza a girar. Empezando a girar, el material entra en la zona de alimentación, cuyo propósito es únicamente bombear material a la segunda zona. Luego pasa a la zona de compresión, probablemente es la zona más importante. El material es comprimido entre el husillo y las paredes del cilindro, esto causa una cantidad considerable calor por fricción. Este trabajo combinado con calor que provéen las bandas calefactoras situadas en la superficie exterior del cilindro nos llevan a una temperatura que produce la transformación de la masa de inyección prensada en una fusión termoplástica homogénea. Luego pasa a la zona de dosificación que es más o menos como la zona de alimentación ya que también bombea el material hacia adelante. Esta zona



- 1. Unidad de prensa
- 2. Unidad de inyección
- 3. Unidad de fuerza hidráulica

FIG. 1.1 MÁQUINA INYECTORA

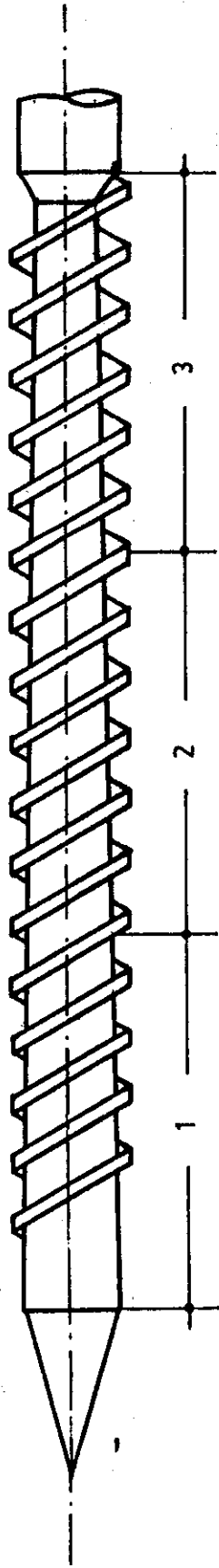
(Ver págs. 1 y 5)



- | | | | |
|---|--|--|--------------------------|
| 1. Soporte del extractor | 8. Bebedero | 15. Motor extractor | 23. Perno extractor |
| 2. Resorte placa extractora | 9. Boquilla | 16. Eñbolo de inyección | 24. Placa extractora |
| 3. Platina móvil | 10. Cilindro de inyección | 17. Placa transversal inherente a la máquina | |
| 4. Placa extractora posterior o del molde | 11. Anillo de fijación del cilindro de inyección | 18. Camisa | 25. Tople extractor |
| 5. Placa distanciadora | 12. Tolva | 19. Bandas calefactoras | 26. Cuerpo de la máquina |
| 6. Expulsores | 13. Barras magnéticas | 20. Husillo | |
| 7. Platina fija | 14. Resina | 21. Vías de distribución | |
| | | 22. Pieza moldeada | |

Fig.1.2. ESQUEMA BÁSICO DE UNA MÁQUINA INYECTORA

(Ver pág. 1)



- 1. Zona de dosificación
- 2. Zona de compresión
- 3. Zona de alimentación

Fig.13. HUSILLO

igual a el flujo de material y derrite el resto del material que haya pasado por la zona de compresión sin ser derretido completamente. La acumulación del material en la zona de dosificación fuerza que el husillo se mueva libremente hacia atrás. Después la masa líquida es inyectada en el molde por el empuje que establece el husillo mediante un cilindro hidráulico acoplado al mismo.

El molde de inyección se coloca en la unidad de prensa, y consta fundamentalmente de dos mitades, fijadas respectivamente a las platinas (en la figura 1.2, se ilustra un molde montado y sujeto por las platinas, así como sus partes principales). El movimiento de cierre se efectúa previo a iniciar la inyección y se realiza empujando la platina móvil por medio de la junta acodillada.

Luego de que el molde se ha cerrado completamente y la unidad de inyección se ha acercado hasta hacer contacto la boquilla con el bebedero del molde, se inicia la etapa de inyección. Entonces el material inyectado atraviesa el bebedero, y llega a través de las vías de distribución a la(s) cavidad(es) del molde, que corresponde(n) a la forma de la(s) pieza(s) a producir.

La cantidad de material dosificada debe ser tal que su volumen baste para llenar la(s) cavidad(es) del molde.

Empieza la etapa de enfriamiento que es relativamente corta. El enfriamiento del molde se hace con el propósito de disipar el calor contenido en la pieza moldeada, para facilitar su solidificación. Generalmente durante esta etapa de enfriamiento de la pieza, se prepara una nueva dosis o porción de material a inyectar, para un nuevo ciclo.

Una vez terminado el proceso de solidificación, se inicia la etapa de apertura del molde (mediante la acción del cilindro de prensa), para luego entrar a la etapa de expulsión. En esta etapa se extrae la(s) pieza(s) ya procesada(s) por cualquiera de los sistemas de expulsión. Con el desmoldeo de la pieza inyectada, termina el proceso, y está en condiciones de repetirlo.

1.2. PARTES PRINCIPALES Y FUNCIONAMIENTO BÁSICO.

Las partes principales de la máquina inyectora, se representan en la figura No.1.1 y se divide en tres unidades.

1. Unidad de prensa
2. Unidad de inyección
3. Unidad de fuerza hidráulica

1.2.1. UNIDAD DE PRENSA.

Generalidades.

Esta sección presentará una descripción de todos los componentes principales de la prensa. Ella explicará el

funcionamiento básico de la prensa.

1.2.1.1. COMPONENTES DE LA PRENSA.

La unidad de la prensa comprende varios componentes. Todos los componentes principales están descritos en una lista siguiente. También están ilustrados en las figuras No.1.4 y 1.4.A.

1. Platina de ajuste de la altura del molde.

Esta platina se utiliza para el ajustar el ensamble de la prensa para acomodar moldes con una variedad de alturas (espesores de las matrices).

2. Vástago del cilindro de prensa.

3. Mecanismo de la junta acodillada.

El mecanismo de la junta acodillada acopla la platina móvil con la platina de ajuste de la altura del molde. Es este mecanismo que mantiene la presión desarrollada por la prensa durante la sucesión de inyección.

4. Platina móvil.

La platina móvil proporciona una zona para montar la mitad del molde. Esta platina se transfiere hacia adelante (para cerrar) y hacia atrás (para abrir) el molde.

5. Platina fija.

La platina fija proporciona una zona para montar la otra mitad del molde. Esta platina también sirve como objeto fijo para el desarrollo de presión por la platina móvil.

6. Barra de expulsión o eyección.

Los pasadores de desmoldeo en el molde están acoplados a la barra de eyección. Por eso cuando la barra se traslade hacia adelante y hacia atrás, los pasadores también se mueven hacia adelante y hacia atrás. Este movimiento de los pasadores arranca las piezas del molde.

7. Mecanismo de eyección Hidráulica.

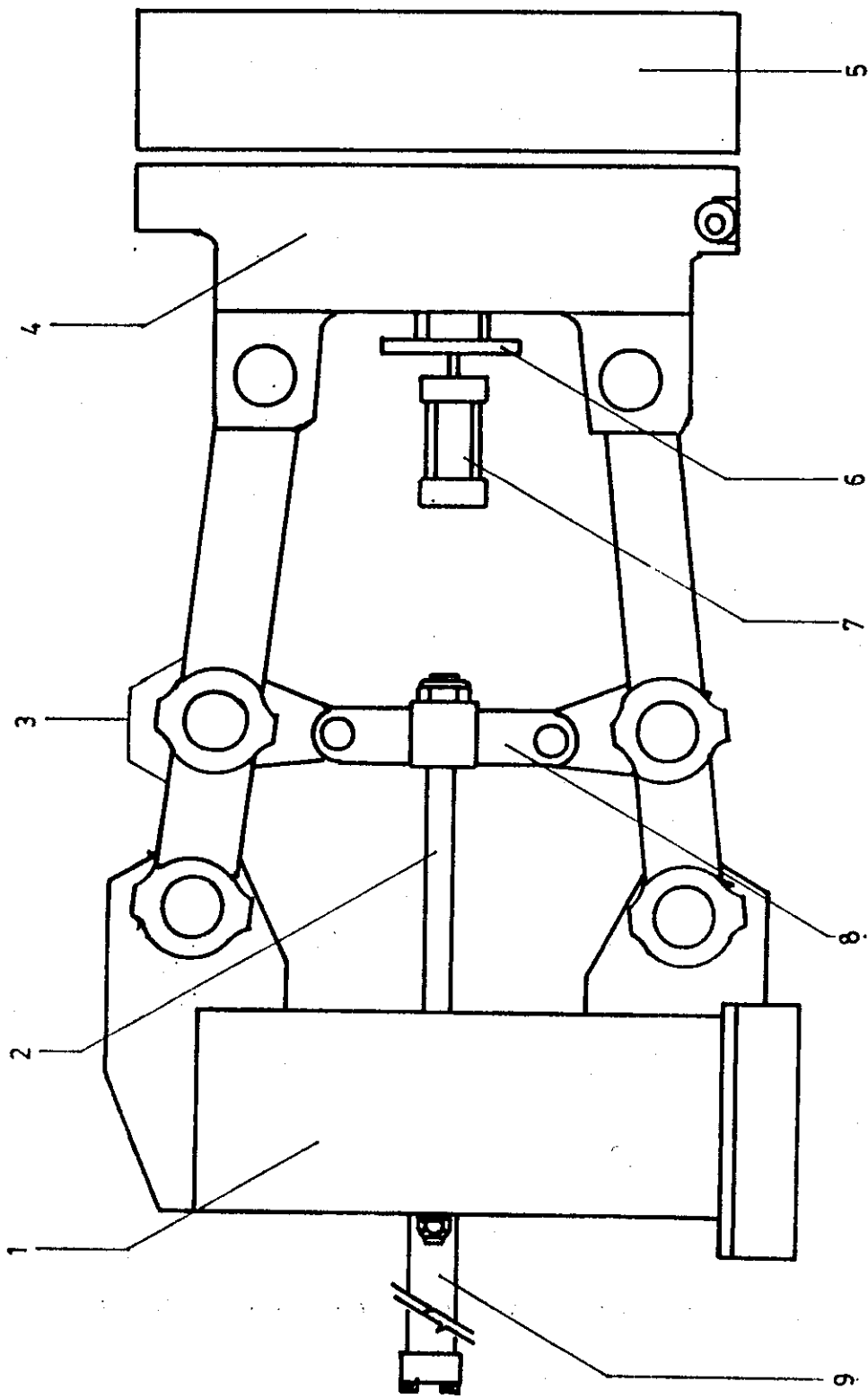
El mecanismo de eyección(extracción) hidráulica se utiliza para arrancar las piezas del molde después de que el proceso de moldeado se acabe. Este mecanismo incluye un cilindro y una barra de eyección. El vástago del cilindro está acoplado al centro de la barra de eyección, y es utilizado para mover la barra hacia adelante y hacia atrás.

B. Cruceta.

La cruceta es la articulación o el acoplamiento entre el cilindro de la prensa y el mecanismo de la junta acodillada.

9. Cilindro de prensa.

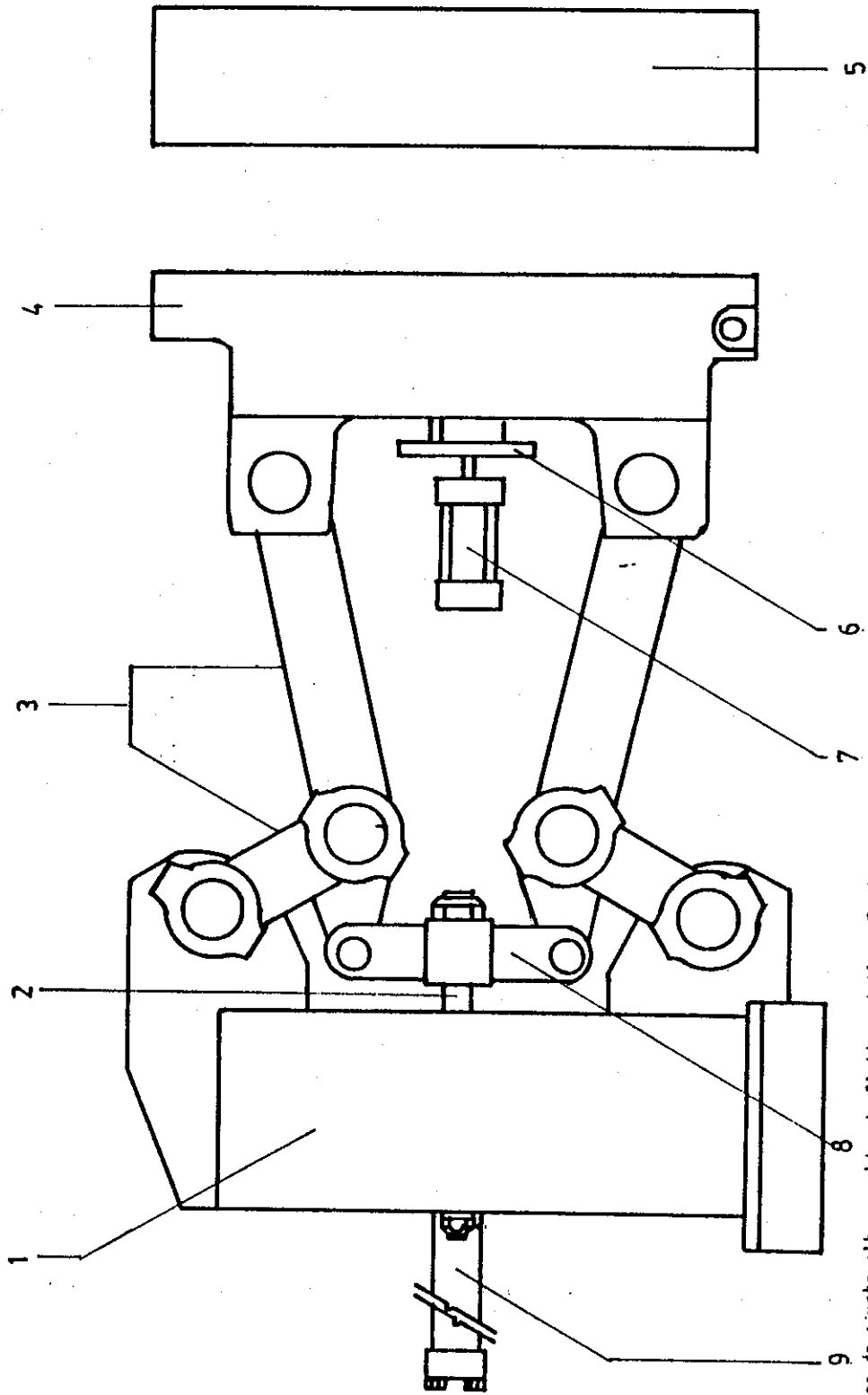
El cilindro de la prensa está montado en la parte trasera de la platina de ajuste de la altura del molde. Este



- 1. Platina de ajuste altura molde
- 2. Vástago del cilindro de prensa
- 3. Mecanismo junta acodillada
- 4. Platina móvil
- 5. Platina fija
- 6. Barra expulsión
- 7. Mecanismo eyección hidráulica
- 8. Cruceta
- 9. Cilindro de prensa

Fig.14. UNIDAD DE PRENSA, ETAPA DE CIERRE

(Ver pág. 6)



- 1. Platina de ajuste altura molde
- 2. Vástago del cilindro de prensa
- 3. Mecanismo junta acodillada
- 4. Platina móvil
- 5. Platina fija
- 6. Barra expulsión
- 7. Mecanismo eyección hidráulica
- 8. Cruzeta
- 9. Cilindro de prensa

Fig 1.4.A. UNIDAD DE PRENSA, ETAPA DE APERTURA

(Ver págs. 6 y 9)

cilindro causa que abra y cierre el molde. Cuando la prensa está cerrándose, el vástago del cilindro empuja la cruceta. Esto causa la rotación del mecanismo de la junta acodillada, la cual empuja la platina móvil hacia la platina fija, así cerrando el molde. Cuando la prensa está abriendo, el vástago del cilindro jala la cruceta, el cual causa que la platina móvil se desprenda de la platina fija.

1.2.1.2. FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LA PRENSA.

El propósito de la unidad de la prensa es para abrir y cerrar el molde, y desarrollar la presión. Una mitad del molde está empernada a la platina fija, la cual no se mueve. La otra mitad del molde está empernada a la platina móvil, la cual sí se mueve. Por eso, se abre y se cierra el molde por cambiar la posición de la platina móvil, con respecto a la platina fija. El sistema articulado de la junta acodillada mantiene la presión (tonelaje) después de que la articulación se haya trabado. (Algunos diseños de máquinas mantienen la presión (tonelaje) únicamente con el (los) cilindro(s) hidráulico(s), (ver figuras No.1.5 y 1.6). Los siguientes párrafos delimitan el funcionamiento de la prensa de la máquina.

Cuando comienza un ciclo de la máquina, el aceite está dirigido al extremo con la tapa del cilindro de la prensa. Esto causa la extensión del vástago del cilindro. El vástago del cilindro empuja la cruceta, y la fuerza de éste empuje se transfiere a través del sistema articulado de la junta acodillada a la platina móvil, (ver figura No.1.4). Por eso, la platina móvil es forzada a moverse hacia la platina fija. En la figura No.1.5, se ilustra básicamente el cierre de la prensa completamente hidráulica.

Antes de que las mitades del molde se toquen, la velocidad de movimiento de la platina disminuye, para evitar el cierre de golpe de las mitades del molde. La presión de la prensa que se emplea en éste momento se reduce también para proteger el molde si por acaso algún obstáculo se meta entre las dos mitades del molde.

Después de que las dos mitades del molde se toquen, la presión en el circuito de la prensa aumenta para proporcionar la fuerza necesaria para trabar el sistema articulado de la junta acodillada. Cuando la articulación se ha trabado completamente, la presión máxima se desarrollara. (El tonelaje máximo depende de la posición de la platina de ajuste de altura del molde). Esta presión se mantiene hasta que los pasos de inyección sean completados y se haya permitido que las piezas producidas se enfrien.

El movimiento de apertura de la prensa comienza cuando el aceite está dirigido al extremo con vástago del cilindro de la prensa. Esto crea una fuerza que tira la cruceta. A medida que la cruceta se retrae, la platina móvil también se retrae. Esto abre el molde (ver figura No.1.4.A). En la

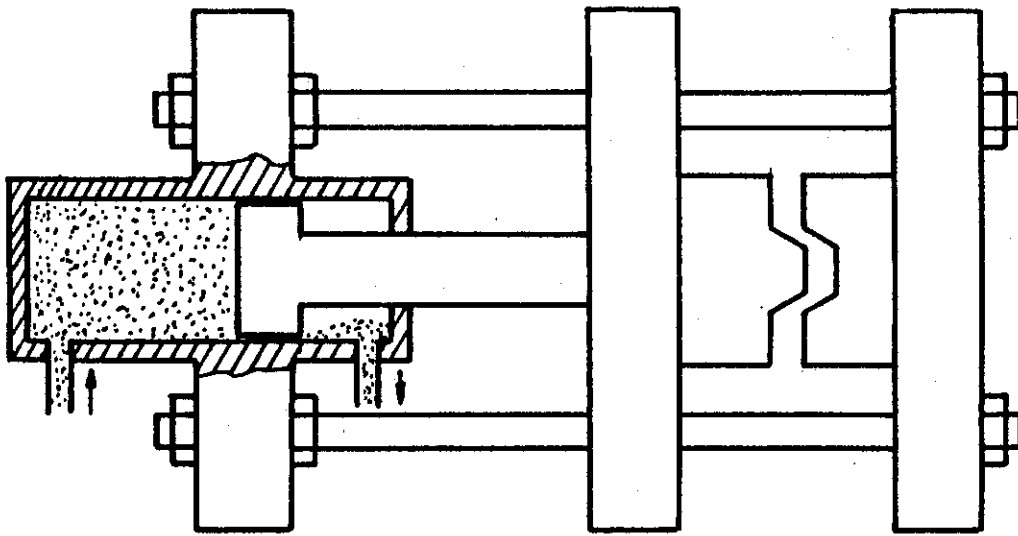


Fig15. CIERRE COMPLETAMENTE HIDRÁULICO

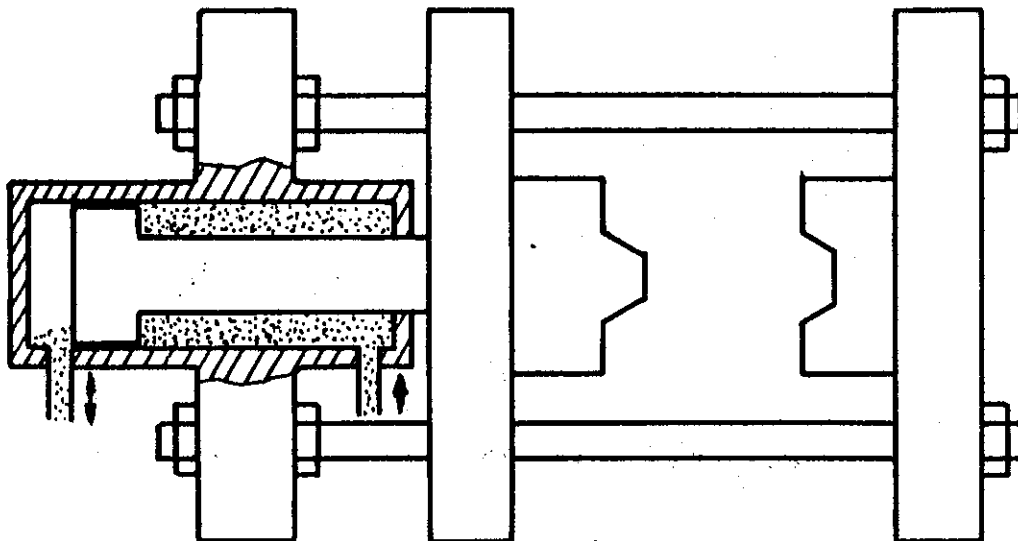


Fig16. APERTURA COMPLETAMENTE HIDRÁULICA

(Ver pág. 9)

figura No.1.6 se ilustra básicamente la apertura de la prensa completamente hidráulica.

1.2.2. UNIDAD DE INYECCIÓN.

Generalidades.

Esta sección presenta una descripción de todos los componentes principales de la unidad de inyección. El texto explica el funcionamiento básico de la unidad de inyección.

1.2.2.1. COMPONENTES DE LA UNIDAD DE INYECCIÓN.

La unidad de inyección comprende varios componentes. Todos los componentes principales están descritos abajo. Estos están ilustrados también en la figura No.1.7.

1. Boquilla.

Es un dispositivo que se utiliza como sello automático bajo presión, conexión directa y hermética entre el frente del cilindro y el bebedero, la cual permite el paso de la resina fundida hacia el molde.

2. Husillo.

El husillo de inyección se utiliza para forzar la materia por medio de una hélice desde la tolva hasta la parte delantera del cilindro. Entonces, después de desarrollar una dosis, se utiliza el husillo para empujar la masa fundida de materia dentro del molde.

3. Bandas calefactoras.

Las bandas calefactoras o resistencias, están colocadas en la parte exterior del cilindro y son las encargadas de proporcionar calor a la cámara interior a través del cilindro.

4. Platina con abertura para alimentación.

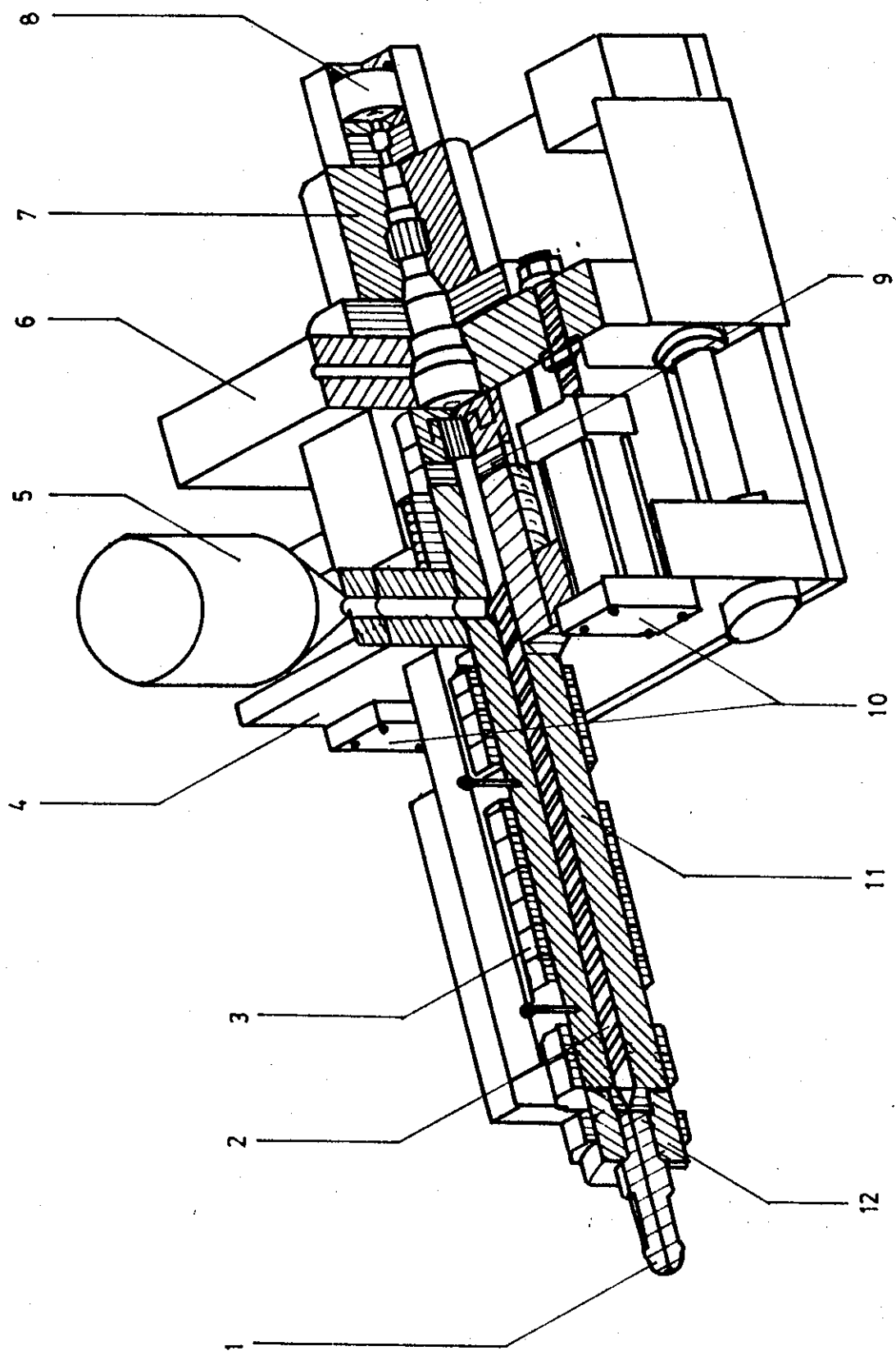
La platina con abertura para alimentación proporciona una zona para montar la tolva y los cilindros de inyección. La materia prima en la tolva se avanza al cilindro por una abertura (literalmente: un gollete de alimentación) en el centro de esta platina. Esta platina se enfría por agua que corre por una red de perforaciones interiores, para prevenir que la materia prima se funda hasta que haya entrado en el cilindro.

5. Tolva.

La tolva tiene como función guardar la materia prima que se utiliza en el proceso de moldeo.

6. Platina de inyección.

Esta platina proporciona una zona para montar el motor del extrusor. Una cavidad dentro de la platina de inyección permite el acoplamiento del motor de extrusión al husillo de



- 1. Boquilla
- 2. Husillo
- 3. Bandas calefactoras
- 4. Platina abertura alimentación
- 5. Tolva
- 6. Platina de inyección
- 7. Motor extrusor
- 8. Emboło descompresión
- 9. Anillo de retención
- 10. Cilindro de inyección
- 11. Cilindro
- 12. Adaptador al cilindro

(Ver pág. 11)

Fig.1.7. UNIDAD DE INYECCIÓN

inyección. El extremo trasero del husillo está sujetado dentro de la platina de inyección por medio de un anillo de retención. Así, el husillo se mueve hacia adelante y hacia atrás junto con la platina de inyección. La platina de inyección se llena con aceite hidráulico para proporcionar engrase para las piezas móviles dentro de la platina.

7. Motor del extrusor.

Es un motor hidráulico que se utiliza para dar vueltas al husillo de inyección. Se puede hacer funcionar este motor de un modo con baja velocidad / alto impulso rotativo o de un modo con alta velocidad / bajo impulso rotativo.

8. Émbolo de descompresión.

Cuando el husillo deja de girar, alcanza la posición de ajuste de disparo. En esta posición del husillo, la materia produce presión sobre el cilindro. Por lo que el émbolo, tiene la función de halar el husillo hacia atrás una corta distancia, para liberar la presión en el cilindro.

9. Anillo de retención.

10. Cilindros de inyección.

Los cilindros de inyección están montados en la platina con apertura para alimentación. Los vástagos de los cilindros están sujetos a la platina de inyección. Estos cilindros mueven la platina de inyección hacia adelante y hacia atrás, moviendo igualmente el husillo de inyección hacia adelante y hacia atrás. (En algunos diseños de máquinas inyectoras el movimiento del husillo de inyección hacia adelante y hacia atrás es accionado únicamente por un cilindro hidráulico).

11. Cilindro.

El cilindro sirve como albergue para el husillo de inyección. Después que la unidad de inyección haya desarrollado una dosis, el cilindro conserva la masa fundida de materia hasta que sea inyectada dentro del molde. El cilindro se calienta por medio de elementos calefactores del tipo banda, para ayudar en el proceso de plastificación.

12. Adaptador al cilindro.

1.2.2.2. FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LA UNIDAD DE INYECCIÓN.

La unidad de inyección se utiliza para plastificar la materia prima, y forzar ésta materia derretida dentro de un molde cerrado. Un ciclo de la máquina comienza con el cierre de la prensa. Después de cerrar el molde y desarrollar la presión, la sucesión de inyección comienza. El avance de los cilindros de inyección causa que la platina de inyección se mueva hacia adelante, el cual en su turno fuerza para adelante el husillo. El husillo de inyección se mueve hacia adelante, forzando la materia derretida hacia el interior del

molde cerrado. La velocidad de avance del husillo es ajustable por el operador.

En algún punto durante este movimiento de avance del husillo, se alcanza el punto de transferencia. El punto de transferencia es el punto donde la sucesión de inyección cambia desde el modo de transferencia al modo de presión. El operador puede ajustar el punto de transferencia, y se pueda establecer lo relativo a la posición del husillo, la presión hidráulica o el tiempo. Cuando el husillo alcanza el punto de transferencia, la velocidad de avance del husillo disminuye. A partir de este momento, el husillo utiliza el tiempo para apisonar la materia dentro del molde, hasta que termine el tiempo programado para continuar el proceso de inyección.

Finalizada la inyección, el motor de extrusión empieza a girar, causando la rotación del husillo de inyección. A medida que el husillo gira, transfiere la materia prima (bajo la tolva) hacia adelante. El material, al acumularse en el frente del husillo, produce una presión que obliga al husillo retroceder, hasta su posición de carga, para un nuevo disparo.

Finalizada la etapa de plastificación, los cilindros de inyección se retraen una corta distancia (descompresión), para aliviar la presión interna del cilindro. Ahora se puede abrir la prensa sin que la materia escurra por la boquilla.

1.2.3. UNIDAD DE FUERZA HIDRÁULICA.

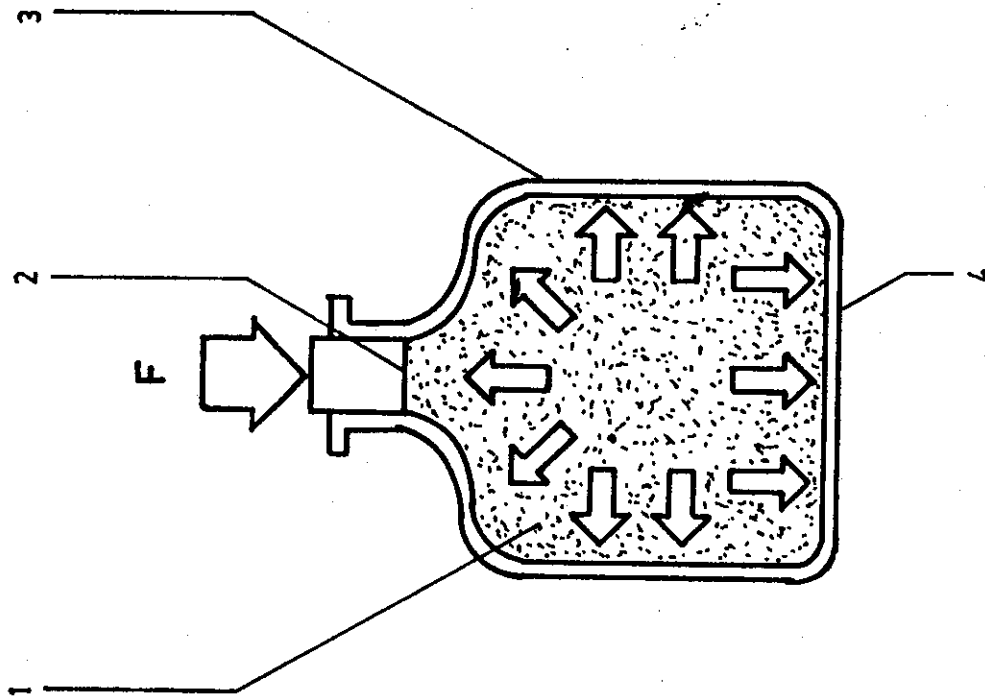
Generalidades.

En su mayoría, los elementos en las máquinas inyectoras son accionados por fuerza hidráulica. Esta sección describe la fuerza hidráulica como el principal medio de transmisión de fuerza en la máquina. Esta sección también presenta una descripción de los componentes principales del sistema hidráulico y su funcionamiento básico.

Introducción a la hidráulica.

El concepto de HIDRÁULICA (en cuanto a su relación a la máquina), se refiere a la transmisión de fuerza desde un objeto a otro por medio de un fluido encerrado. El fluido que se utiliza es el aceite hidráulico. Desde que el fluido hidráulico es básicamente incompresible, el aceite siempre ocupa cierta cantidad de espacio. Si se coloca este aceite en un envase encerrado, y si algo empuja el aceite en una dirección, la fuerza de ese empuje será transmitida por el aceite en todas las otras direcciones (ver figura No.1.8). El aceite hidráulico es atractivo como medio para la transmisión de fuerza por varias razones. Algunas de estas razones están descritas a continuación:

- a) Es eficiente. Se puede transmitir la fuerza de un objeto a otro con muy poca pérdida.



1. Líquido no comprimible
2. Fuerza $F = 10 \text{ lbs.}$ aplicada al tapón con una superficie de 1 plg^2
3. Resulta en 10 lbs. de fuerza sobre cada plg^2 (presión) de la pared del envase
4. Si el fondo tiene un área de 20 plg^2 , cada plg^2 recibe un empuje de 10 lbs. de fuerza, el fondo entero del envase recibe un empuje total de 200 lbs.

Fig.1.8 ENVASE CERRADO

(Ver pág. 14)

- b) Es fuerte. Debido a que el aceite hidráulico es casi incomprensible, él transmitirá cualquier fuerza que actúa sobre él.
- c) Es versátil. El aceite hidráulico es capaz de conformarse a toda forma. Además, se puede dividir o combinar el aceite para realizar una debida tarea.
- d) El aceite proporciona engrase. Mientras que se utiliza el aceite para mover distintos componentes de la máquina, él también proporciona lubricación para éstos componentes.

1.2.3.1. COMPONENTES DEL SISTEMA.

El sistema hidráulico incluye componentes que guardan el aceite, aplican presión, mueven, orientan y acondicionan el aceite. En la figura 1.9 se ilustra los componentes de la unidad de fuerza hidráulica.

1. Motor eléctrico.

Tiene la función de accionar las bombas de velocidad variable y velocidad constante.

2. Cubierta de forma campana.

3. y 4. Bombas de velocidad variable y velocidad constante respectivamente.

Son las que proporcionan el fluido de aceite necesario para las distintas funciones de la máquina.

El aceite es empujado por las líneas hidráulicas hasta que entre en cada uno de varios múltiples. Cada múltiple incluye lumbreras internas que dirigen el aceite a una o más montadas en el múltiple. Cada válvula, en turno, dirige el aceite a un componente específico de la máquina (un cilindro o un motor hidráulico) para ejecutar una función particular.

5. Respiradero.

Este está montado encima del depósito. Este respiradero se utiliza para mantener la presión atmosférica del depósito. Esta presión atmosférica empuja el aceite dentro de las bombas, al arrancar las bombas (cebado).

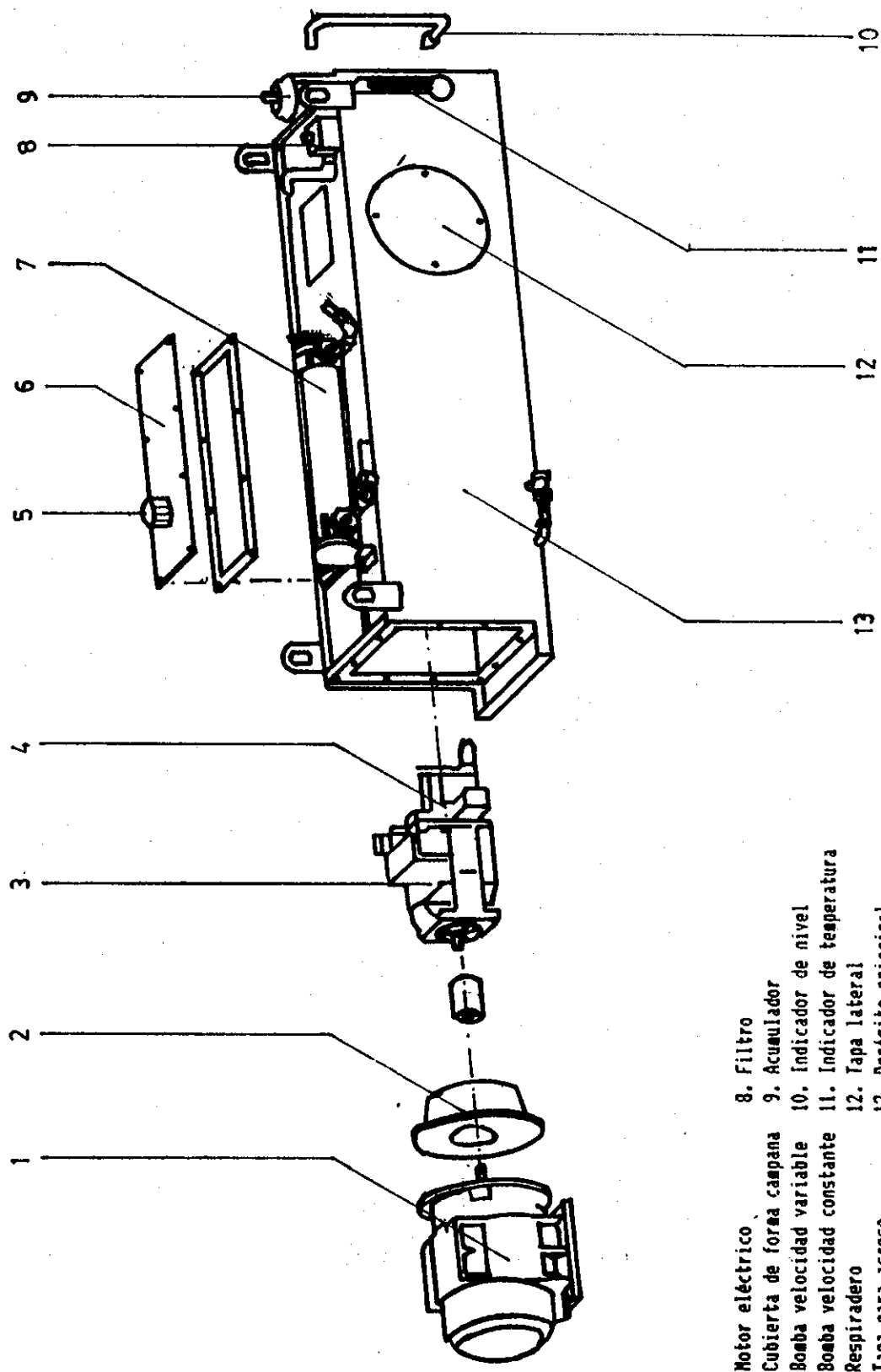
6. Tapa para acceso.

7. Intercambiador de calor.

El intercambiador de calor tiene la función de enfriar el aceite. Este comprende dos cavidades. El aceite fluye por una de éstas cavidades, y agua fría corre por la otra cavidad. El calor del aceite se transfiere al agua por las paredes de las cavidades, así permitiendo el enfriamiento del aceite (convección de calor).

8. Filtro.

Se encuentra montado en el depósito, tiene la función de



- 1. Motor eléctrico
- 2. Cubierta de forma campana
- 3. Bomba velocidad variable
- 4. Bomba velocidad constante
- 5. Respiradero
- 6. Tapa para acceso
- 7. Intercambiador de calor
- 8. Filtro
- 9. Acumulador
- 10. Indicador de nivel
- 11. Indicador de temperatura
- 12. Tapa lateral
- 13. Depósito principal

Fig.1.9 UNIDAD DE FUERZA HIDRÁULICA

(Ver pág. 16)

limpiar el aceite hidráulico. Al agregar aceite al depósito, debe agregarse en la lumbrera de relleno. Esto permite que el aceite esté limpiado por el filtro antes de que el aceite entre en el depósito. Cada bomba también lleva un colador en la entrada, que proporciona la filtración.

9. Acumulador.

Hay un acumulador montado en el lado del depósito. El acumulador contiene cierto volumen de aceite y mantiene una presión sobre éste aceite. Es básicamente un depósito pequeño bajo presión. El acumulador se utiliza para las funciones de inyección.

10. Indicador de nivel.

Montado en el lado del depósito. Tiene la función de verificar la cantidad de aceite que tiene el depósito.

11. Indicador de temperatura.

Montado en el lado del depósito. Tiene la función de señalar la temperatura del aceite en el depósito.

12. Tapa lateral.

13. Depósito principal.

Ubicado debajo de la unidad de inyección. Este depósito suministra el aceite para todas las funciones de la máquina.

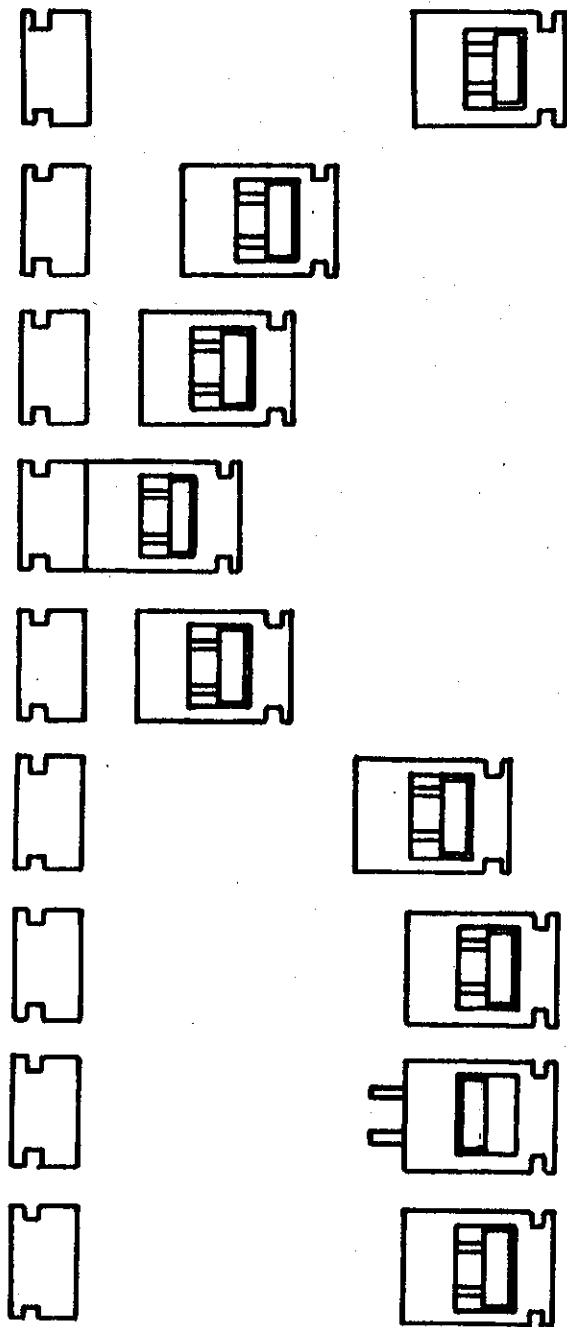
1.3. CICLO DE TRABAJO.

Después de conocer las partes principales de una máquina inyectora, así como la descripción del proceso de moldeo, podemos establecer un ciclo común de trabajo que ejerce la máquina inyectora.

El ciclo de trabajo de la máquina, está en función del molde, por lo que todos los movimientos y tiempos de trabajo están de acuerdo según la posición del molde. En la figura No.1.10 se encuentra las diferentes posiciones del molde, las cuales son:

1. Apertura completa, e inicio del cierre rápido
2. Inicio del cierre lento
3. Inicio de protección de molde (baja presión de cierre)
4. Cierre completo (accionamiento de la alta presión)
5. Apertura lenta inicial (desprendimiento)
6. Apertura rápida
7. Apertura lenta final
8. Expulsión
9. Retorno

En el comienzo del ciclo de trabajo, el molde se encuentra abierto y empieza la etapa de cierre, en el momento de accionar el switch de cierre, éste es accionado mediante el cierre de la compuerta o por medio de un botón pulsador.



1. Apertura completa, e inicio del cierre rápido

2. Inicio del cierre lento

3. Protección de molde

4. Cierre completo

5. Apertura lenta inicial

6. Apertura rápida

7. Apertura lenta inicial

8. Expulsión

9. Retorno

Fig. 1.10. POSICIONES DEL MOLDE

(Ver pág. 18)

1.3.1. ETAPA DE CIERRE.

Cuando el aceite está dirigido al extremo con tapa del cilindro de la prensa, el cierre inicia. La etapa de cierre del molde, comprende cuatro sub-etapas.

a) Cierre rápido.

Esta sub-etapa permite que el molde cierre a toda la velocidad posible, ya que tiene la función solamente de recorrer la distancia establecida en el ajuste de la máquina, lo más rápido posible, para luego accionar el limit switch de cierre lento.

b) Cierre Lento.

La velocidad de la platina móvil disminuye, evitando así, el cierre de golpe de las dos mitades del molde.

c) Protección de molde.

Tiene la función estrictamente de proteger el molde por cualquier obstáculo que encuentre en el recorrido de cierre. Al encontrar un obstáculo, por pequeño que sea, la máquina detiene su ciclo de trabajo. La presión de cierre es relativamente baja, durante la etapa de protección de molde, con el fin permitir dos funciones:

1. Presión suficiente para terminar su carrera y accionar el "limit switch" del tonelaje (cierre del molde a alta presión), y
2. Si encuentra algún obstáculo en éste recorrido, la presión de protección de molde no tiene la capacidad de poder prensarlo, ni poder terminar su carrera. Por lo que ordena una señal al sistema de control, que inmediatamente detiene el ciclo de producción y acciona la alarma.

d) Cierre completo

Cuando termina la sub-etapa de protección de molde, es cuando las dos mitades de molde se tocan. Aquí la presión en el circuito de la prensa aumenta para proporcionar la fuerza necesaria, para trabar el sistema articulado de la junta acodillada. Cuando la articulación se ha trabado completamente, la presión máxima se desarrolla.

1.3.2. ETAPA DE INYECCIÓN.

Luego de cerrado el molde y desarrollada la presión máxima, la sucesión de inyección comienza. La inyección está dividida en dos funciones que son: a) presión de relleno y b) presión de empaque. Hay que tener en mente que los diferentes fabricantes de las máquinas usan distintos nombres para señalar estas presiones, sin embargo las funciones son las mismas.

a) La presión de relleno.

Es la encargada de llenar la cavidad del molde. Esta

presión debe ser ajustada lo más alta posible, para forzar la materia fundida al molde que se encuentra frío y lleno de aire. Por lo tanto la materia fundida debe ser puesta lo más rápido posible y con la presión más alta posible para así asegurar un relleno rápido, para que todas las áreas estén llenas de plástico y el aire sea empujado afuera. En este momento la velocidad del husillo es ajustable por el operador.

Hay que tomar en cuenta que terminada la etapa de relleno, no es necesario mantener la presión alta, debido a que ésta podría expulsar el plástico a través de las aberturas y causen fuego. Por medio del punto de transferencia ajustable, adelante del husillo, se dá inicio a la siguiente etapa de presión.

b) La presión de empaque.

Llamada también presión baja o de apisonamiento. Esta presión es accionada por medio del punto de transferencia. El punto de transferencia puede ser, por la posición del husillo, por presión hidráulica o por tiempo. Cuando el husillo alcanza el punto de transferencia, la velocidad de avance del husillo disminuye.

1.3.3. ETAPA DE PLASTIFICACIÓN.

El tornillo se pone a girar, mediante un motor hidráulico, llamado motor extrusor. Esto causa la rotación del husillo de inyección. A medida que el husillo gira, la materia se adelanta por medio de los racadores de hélice o filetes, pasando por las tres zonas que tiene el husillo, hasta llegar a la parte delantera del cilindro. Esta acumulación de materia en la parte delantera del cilindro fuerza que el husillo se mueva hacia atrás, hasta alcanzar el punto de disparo. Luego descompresiona, para quitar la presión de la materia sobre el cilindro.

1.3.4. ETAPA DE ENFRIAMIENTO.

Con el inicio de llenado del molde empieza la fase de refrigeración, que termina cuando el material a solidificado; hasta formar una(s) pieza(s) estable(s). Por lo general, durante el tiempo de enfriamiento de la(s) pieza(s), se aprovecha para preparar una nueva dosis de material para ser inyectar nuevamente.

El enfriamiento del molde, se hace por medio de perforaciones que forman circuitos, por donde circula agua a baja temperatura. Esto disipa el calor, solidificando la(s) pieza(s).

1.3.5. ETAPA DE APERTURA DEL MOLDE.

La etapa de apertura comienza cuando el aceite está dirigido al extremo con vástago del cilindro de prensa. Esta está dividida en tres sub-etapas.

a) Desprendimiento.

La prensa comienza a abrirse despacio hasta que el límite de apertura rápida se alcance.

b) Apertura rápida.

La apertura rápida tiene solamente la función de alcanzar la suficiente posición, o espacio necesario, para poder expulsar y botar la(s) pieza(s) producida(s).

c) Apertura lenta.

La apertura lenta tiene la función de frenar la apertura rápida de la prensa.

1.3.6. ETAPA DE EXPULSIÓN.

Esta etapa de expulsión puede ser mecánica, hidráulica, neumática o combinada. La cual tiene como función extraer la(s) pieza(s) del molde luego que haya terminado la apertura lenta generalmente, para luego terminar el ciclo con el retorno del expulsor. En el capítulo 2 se estudiará con más detalle los distintos tipos de expulsión y sus combinaciones.

1.4. OPERACIÓN SEMI-AUTOMÁTICA Y AUTOMÁTICA.

1.4.1. OPERACIÓN SEMI-AUTOMÁTICA.

Aunque todas las máquinas de moldear son capaces de funcionar sin maquinista, y la mayoría de moldes pueden funcionar automáticamente, algunos moldes (por diseño), necesitan la ayuda de un maquinista para extraer el producto moldeado.

La introducción de una persona al ciclo de trabajo, implica operación semi-automática.

El maquinista debe cuidar que la máquina funcione dentro de un marco de tiempo constante.

La velocidad del maquinista incide directamente en el tiempo que permanece la masa derretida, en el interior del cilindro. Mientras más tiempo permanece el material dentro del cilindro, más calor absorberá, por lo tanto, tendremos variaciones del tiempo de residencia para producir piezas.

Debido a lo anterior, cuando sea necesario el uso de un maquinista, éste debe estar debidamente entrenado, no obstante, nunca se puede sobre acentuar que el maquinista debe formar parte de la máquina. Hay que considerar programas de entrenamiento, que deben constantemente traer en la mente dos conceptos: a) mantener el uso del ciclo y b) el interés de la operación del moldeo en producir piezas buenas.

Por tanto el ciclo de trabajo siempre a de iniciarse desde el cierre de la compuerta de la máquina.

1.4.2. OPERACIÓN AUTOMÁTICA.

La operación automática, en el ciclo de trabajo de

moldeo por inyección, es muy importante debido a varias ventajas ante la operación semi-automática, enumeraremos las más importantes:

1. Consistencia en el ciclo de trabajo.

Cuando el ciclo de trabajo es constante, generalmente se tiene un mejor número de piezas buenas, siempre y cuando los ajustes de la máquina hayan sido los correctos.

2. La seguridad para el maquinista.

Debido a que el maquinista, necesita extraer la pieza dentro del molde, nos trae un riesgo más alto de accidentes.

3. Menos personal.

Si la mayoría de máquinas trabajan automáticamente, el maquinista no necesariamente tiene que estar en una única máquina recibiendo el producto. Le daría tiempo de recibir producto en otra(s) máquina(s).

4. Mejor ciclo de trabajo.

Al trabajar una máquina de modo automático, generalmente su ciclo de trabajo es más corto y constante, comparado con la operación semi-automática. Aumentando así la productividad y reteniendo la depreciación de la máquina.

CAPÍTULO 2

2. SISTEMAS DE EXPULSIÓN

Con la pieza suficientemente solidificada, el molde empieza su etapa de apertura. Entonces, cuando el molde se encuentra lo suficientemente abierto, o terminada su carrera de apertura, se inicia la etapa de expulsión.

Debido al cambio térmico y presiones que sufre el material, nos provoca tensiones internas en la pieza, adherencia entre la pieza de plástico y la superficie del molde. Por este motivo es necesario sistemas de desmoldeo que separen la pieza del molde y que actúen en lo posible de tal forma, que la pieza pueda caer libremente sin otra ayuda.

Existe una cantidad considerable de combinaciones del sistema de expulsión para desmoldear la(s) pieza(s). El desmoldeo se realiza de acuerdo al diseño del sistema de expulsión del molde, de acuerdo a ésto, si el molde necesita empuje, o solamente movimiento para poder extraer la pieza, etc., la máquina se lo proporcionara, mediante sus sistemas de expulsión, que puede ser mecánico, hidráulico, y/o neumático.

Los sistemas de expulsión se pueden agrupar en dos categorías, según el origen de los mecanismos de expulsión, los cuales son:

1. Sistemas de expulsión inherentes al molde
2. Sistemas de expulsión inherentes a la máquina

2.1. SISTEMAS DE EXPULSIÓN INHERENTES AL MOLDE.

Estos sistemas de expulsión, son el que los diseñadores le ha proporcionado al molde, de manera que pueda ejecutar sus trabajo de expulsión, siempre y cuando puedan ser accionados por los sistemas de expulsión inherentes en la máquina.

Existe una variedad de sistemas de expulsión inherentes al molde, para el desmoldeo de la(s) pieza(s), pero todos tienen la misma función, de ver que la(s) pieza(s) pueda(n) caer sin ningún problema. A continuación se enumeran, algunos sistemas de expulsión particulares de algunos moldes.

1. Placas expulsoras
2. Válvula(s) neumática(s)
3. Jaladores de cadena
4. Por medio de quijadas
5. Cilindro(s) hidráulico(s)

1. Placas expulsoras.

Las placas expulsoras de expulsión, son mecanismos de traslación, las cuales están provistas de pines extractores que efectúan el trabajo de expulsión de la(s) pieza(s)

procesada(s). Las placas expulsoras son accionadas por medio de sistemas de expulsión mecánico o hidráulico. Si su accionamiento es mecánico, el desmoldeo será de la siguiente manera:

- a) La placa expulsora es accionada hacia adelante, por medio de un tope expulsor, trasladando la placa hacia adelante, provista de pines expulsores, que efectúan el trabajo de extracción de la(s) pieza(s) procesada(s).
- b) El retorno de la placa expulsora, generalmente es por medio de resortes de empuje que desarrollan su energía de elongación, cuando la parte móvil del molde empieza la etapa de cierre. Es decir, que el retorno de la placa expulsora da inicio cuando la prensa inicia la etapa de cierre y termina su retorno, cuando la prensa ha recorrido lo suficiente para liberar completamente los resortes, comprimidos por el extractor o tope.

En las figuras No.2.1 y 2.2, se muestra una placa expulsora. Si la máquina posee el sistema hidráulico de expulsión, no es necesario el uso de éstos resortes, ya que el vástago del cilindro del sistema de expulsión hidráulico es acoplado a la placa expulsora, efectuando así el avance y retorno de la placa expulsora; ésto se muestra en el sistema de expulsión hidráulica.

2. Válvula(s) neumática(s).

Esta(s) válvula(s) neumática(s) puede(n) ser accionada(s) por medio de electroválvulas o accionamientos por posición de la prensa.

Debido a los cambios térmicos que ha sufrido el material, de caliente a frío, éste último provoca que el producto procesado se adhiera al molde, por lo que es necesario que el molde esté provisto de un sistema de expulsión, mediante una(s) válvula(s) que tiene dos funciones principales, las cuales son:

- a) Desprendimiento únicamente. Cuando el peso del producto es alto, o por su forma no es muy fácil su desprendimiento y expulsión, es necesario el uso de una(s) válvula(s) neumática(s), para desprender el producto y así, ser expulsado por cualquier otro sistema de expulsión.
- b) Expulsión completa. Cuando el producto es relativamente ligero o por su diseño es fácil de expulsar. La utilización de una(s) válvula(s) neumática(s), permite el desprendimiento y expulsión completa, dejando caer libremente el producto, sin la utilización de cualquier otro sistema de expulsión.

En las figuras No.2.6 y 2.7, se ilustra una válvula neumática inherente al molde.

3. Haladores de cadena.

Este es un sistema de expulsión que utiliza la extracción de la(s) pieza(s) procesada(s), mediante la posición de la prensa. Este sistema de expulsión inherente al molde, se utiliza cuando la(s) pieza(s) queda(n) sujeta(s) a la parte fija del molde, y no puede(n) ser expulsada(s) por el sistema mecánico o hidráulico de expulsión inherentes a la máquina.

El molde está provisto de una placa expulsora en la parte fija, dicha placa expulsora tiene pines extractores que efectúan el trabajo de desmoldear la(s) pieza(s). La placa expulsora es movida por cadenas, las cuales están unidas tanto en la parte móvil del molde como en la placa expulsora de la parte fija del molde. Cuando el molde inicia la etapa de apertura, las cadenas tienden a tensarse, de manera que al seguir abriendo la prensa las cadenas unidas a la parte móvil del molde jalan la placa expulsora de la parte fija del molde, por ende, la(s) pieza(s) es(son) extraída(s).

4. Por medio de quijadas.

Este sistema de expulsión por quijadas, es un sistema que se aplica generalmente para la elaboración de productos con agarrador (oreja(s)), por ejemplo: tazas, pichales, etc..

El sistema consta de quijadas que tienen la función de liberar en forma gradual la pieza ya procesada, la liberación de la pieza la hacen por medio de resortes a compresión, los cuales mantienen su energía de elongación cuando la prensa está completamente cerrada. Cuando la prensa inicia la apertura inmediatamente los resortes liberan su energía de elongación gradualmente, entonces las quijadas tienden a separarse, liberando así la pieza elaborada. Después de que se libera la pieza, se inicia el sistema de expulsión, el cual generalmente es un pin expulsor, accionado por un sistema de expulsión mecánico, hidráulico o neumático.

5. Cilindro(s) hidráulico(s).

Los cilindros hidráulicos generalmente se utilizan, para mover placas expulsoras que se encuentran en la parte fija del molde, o movimientos especiales para la expulsión de productos procesados.

Cuando se quiere mover placas expulsoras, el sistema de expulsión es similar al sistema de expulsión por cadenas, pero éste sistema es más eficiente y eficaz, debido a que la velocidad y presión de expulsión se puede controlar directamente, sin importar la posición de la prensa. Los cilindros que efectúan el movimiento de la placa expulsora están instalados en la parte fija del molde y la placa expulsora, teniendo así un movimiento directo.

Cuando se requieren movimientos especiales, es cuando los sistemas de expulsión inherentes a la máquina no son capaces de expulsar la(s) pieza(s), o por el diseño del molde, ya que para que el molde pueda trabajar automático, el diseñador elabora distintos movimientos de expulsión con el fin de que la pieza pueda caer libremente sin dificultad.

Estos sistemas de cilindros hidráulicos de expulsión tienen también el fin de que la(s) pieza(s) elaborada(s) tenga(n) un acabado superficial excelente. Ya que no tendríamos marcas de inyección vistas en la superficie, ni tampoco marcas que producen los pines extractores. La inyección y expulsión se realiza en la misma cara del producto elaborado.

Estos sistemas de expulsión tienen un costo inicial más alto, pero son rentables cuando el producto mantiene una estabilidad de venta y se requiere un acabado sin marcas superficiales.

2.2. SISTEMAS DE EXPULSIÓN INHERENTES A LA MÁQUINA.

Los sistemas de expulsión inherentes a la máquina, son los que tienen la función de accionar los sistemas de expulsión inherentes al molde. Cada diseñador de moldes trata la manera de que el producto a diseñar pueda ser expulsado por los distintos sistemas de expulsión de la máquina.

Los medios de accionamiento se pueden catalogar de dos formas:

1. Los que utiliza el movimiento de la máquina; por ejemplo: topes, jaladores de cadenas, etc.. Los cuales están clasificados como sistemas de expulsión del tipo mecánico. Más adelante se estudiará con detalle éste sistemas de expulsión mecánico.
2. Los que tienen controles independientes; o sea los que están operados por medio de cilindros neumáticos o hidráulicos o válvulas electroneumáticas. Se clasifican en dos sistemas de expulsión, según la fuente que proporcionan la fuerza para movimientos, los cuales son:
 - a) En sistemas de expulsión del tipo hidráulico.
 - b) En sistemas de expulsión del tipo neumático.

A continuación se estudian los distintos tipos de expulsión.

2.3. TIPOS DE EXPULSIÓN.

El sistema de expulsión tiene la función de extraer o desmoldear la(s) pieza(s) ya procesada(s). Existen tres tipos de expulsión o extracción y combinaciones de éstos para ejecutar su trabajo; se clasifican por la fuente de energía que proporcionan los movimientos necesarios.

2.3.1. EXPULSIÓN MECÁNICA.

2.3.1.1. DESCRIPCIÓN.

La expulsión mecánica se basa únicamente en los movimientos de la prensa, ejecutando su trabajo de expulsión completa cuando termina su carrera de apertura.

En las figuras No.2.1 y 2.2 se ilustra el desmoldeamiento de un sistema de expulsión mecánica.

2.3.1.2. VENTAJAS.

1. Longitud de expulsión.

En el sistema de expulsión mecánico, podemos limitar la carrera de expulsión dependiendo de la posición de la prensa. Si en un molde la expulsión es por cadenas, la longitud de expulsión depende únicamente de la posición de la prensa; ahora si es de placa expulsora (en la parte móvil), entonces la longitud de expulsión depende tanto de la apertura de la prensa como de la longitud del extractor o tope, necesarios para la expulsión de la pieza.

2. Velocidad y presión de expulsión.

La velocidad y presión de expulsión se hace de acuerdo a la velocidad y presión de la prensa en la etapa de apertura. Por lo que el sistema de expulsión depende completamente de la velocidad y presión de apertura de la prensa.

3. Costo.

Su coste es más barato que los demás sistema de expulsión.

2.3.1.3. DESVENTAJAS.

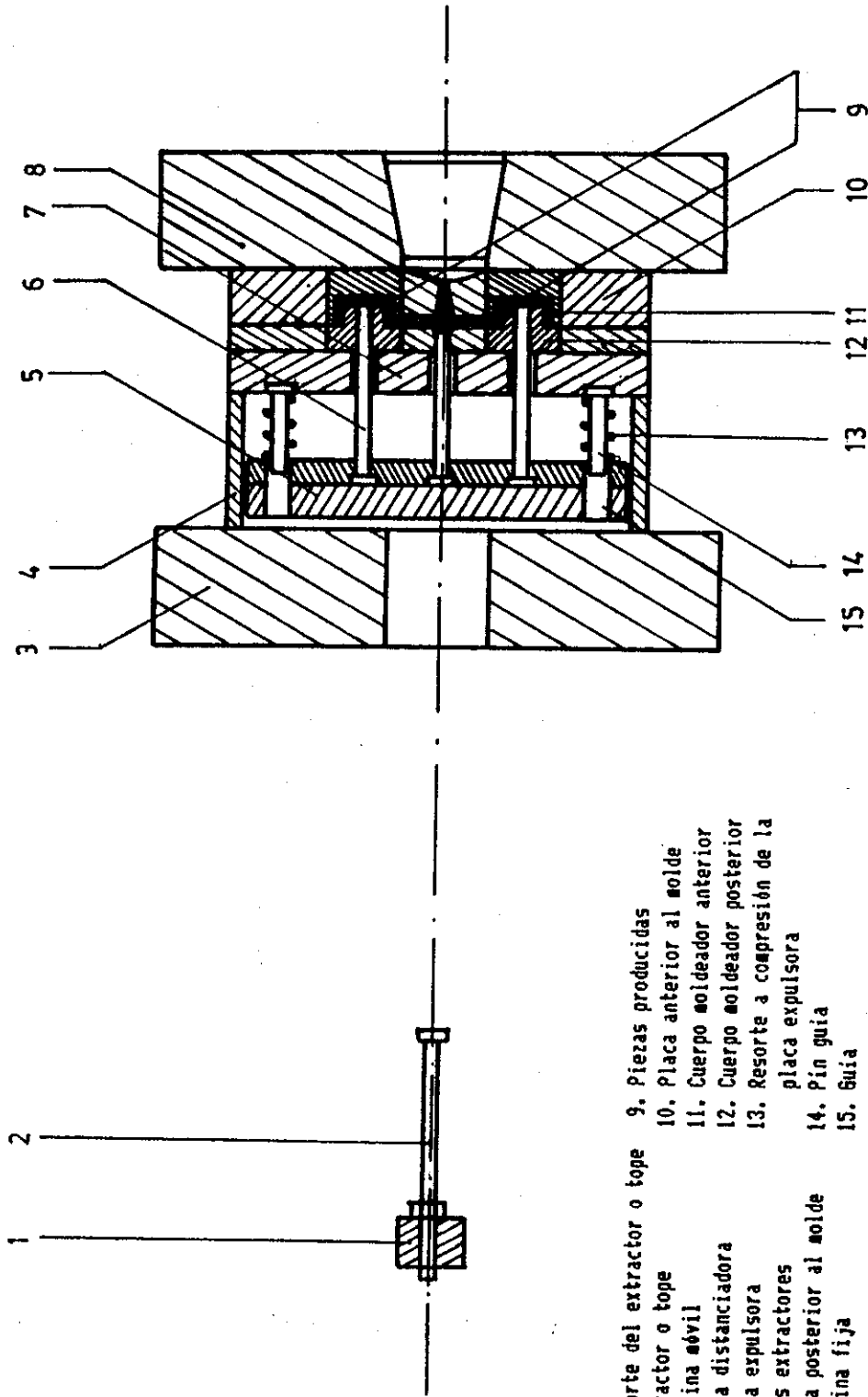
1. Accionamiento.

Su accionamiento depende completamente de la posición de la prensa, por lo que su expulsión completa se realiza hasta que la carrera de apertura sea terminada, de lo contrario la pieza procesada no podría desmoldearse completamente.

Ya que el sistema de expulsión depende de la posición de la prensa, no puede accionarse antes, para minimizar el tiempo del ciclo de trabajo de la máquina.

2. La expulsión no tiene repeticiones.

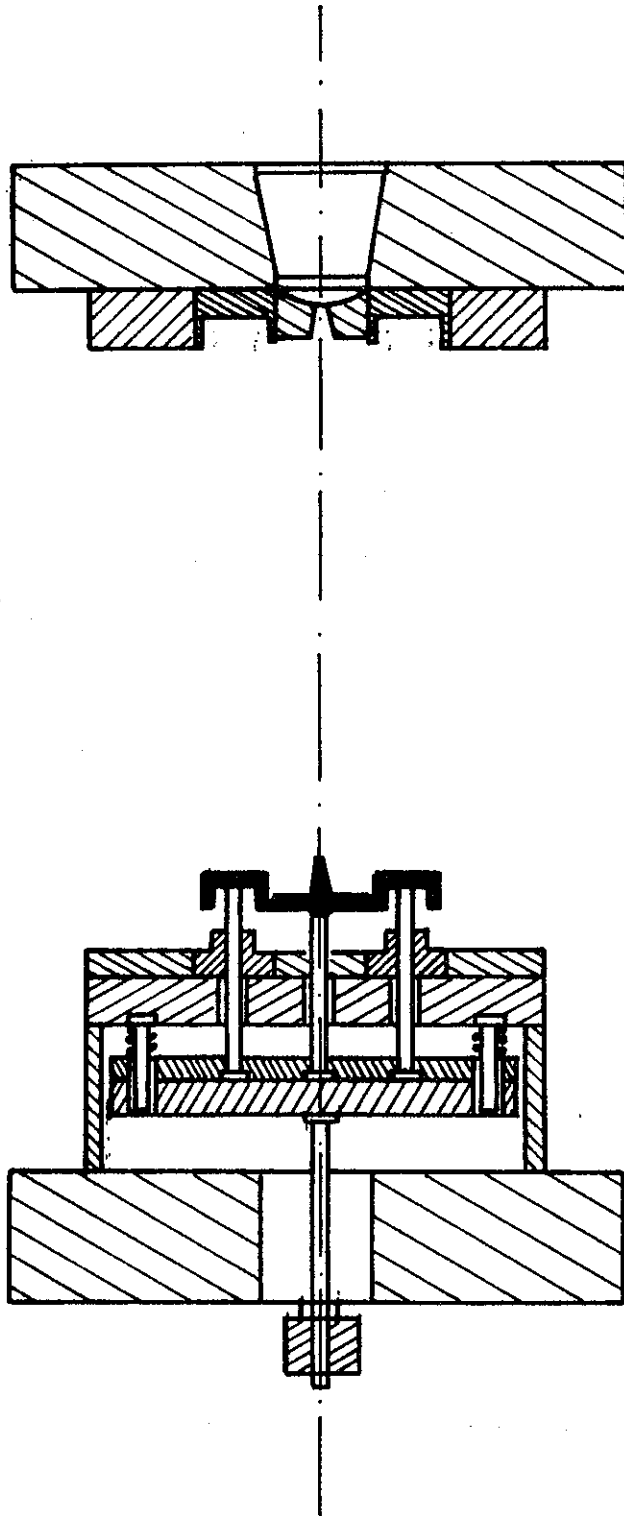
En ocasiones la pieza procesada no cae inmediatamente después de ser expulsada, y necesita una repetición de expulsión, para que pueda caer libremente. A veces esto repercute que el ciclo de la máquina sea semi-automático, necesitando maquinista, o que se rediseñe el molde, que en ocasiones no vale la pena.



- 1. Soporte del extractor o tope
- 2. Extractor o tope
- 3. Platina móvil
- 4. Placa distanciadora
- 5. Placa expulsora
- 6. Pines extractores
- 7. Placa posterior al molde
- 8. Platina fija
- 9. Piezas producidas
- 10. Placa anterior al molde
- 11. Cuerpo moldeador anterior
- 12. Cuerpo moldeador posterior
- 13. Resorte a compresión de la placa expulsora
- 14. Pin guía
- 15. Guía

Fig. 2.1. SISTEMA DE EXPULSIÓN MECÁNICO

(Ver pág. 28)



(Ver pág. 28)

Fig. 2.2. EXPULSIÓN EFECTUADA, MECANICAMENTE

2.3.2. EXPULSIÓN HIDRÁULICA.

2.3.2.1. DESCRIPCIÓN.

El sistema de expulsión hidráulica, es un sistema muy eficiente y eficaz. Debido a que son sistemas que se pueden controlar directamente.

Este está provisto generalmente por un cilindro hidráulico que permite un movimiento traslacional del perno extractor (vástago del cilindro) acoplado al sistema de expulsión inherente al molde, dándole movimiento. El sistema hidráulico de expulsión puede ser equipado con pernos extractores. Estos pernos pueden ser fijados a la placa extractora en posiciones laterales y el perno extractor en posición central (vástago del cilindro), que permite el retorno de la placa expulsora.

En las figuras No.2.3, 2.4 y 2.5 se ilustra un sistema de expulsión hidráulico.

2.3.2.2. VENTAJAS.

1. Accionamiento.

El accionamiento del sistema de expulsión hidráulico, es directo y generalmente se hace de acuerdo a la posición del molde. El funcionamiento puede hacerse cuando el molde tenga la apertura necesaria para que la(s) pieza(s) pueda(n) caer libremente. Su accionamiento, no necesariamente tiene que realizarse hasta que el molde se encuentre completamente abierto. En ocasiones debido al tamaño del producto o a otras condiciones, el molde tiene que abrirse completamente para luego dar inicio al sistema de expulsión.

2. Velocidad y presión controladas.

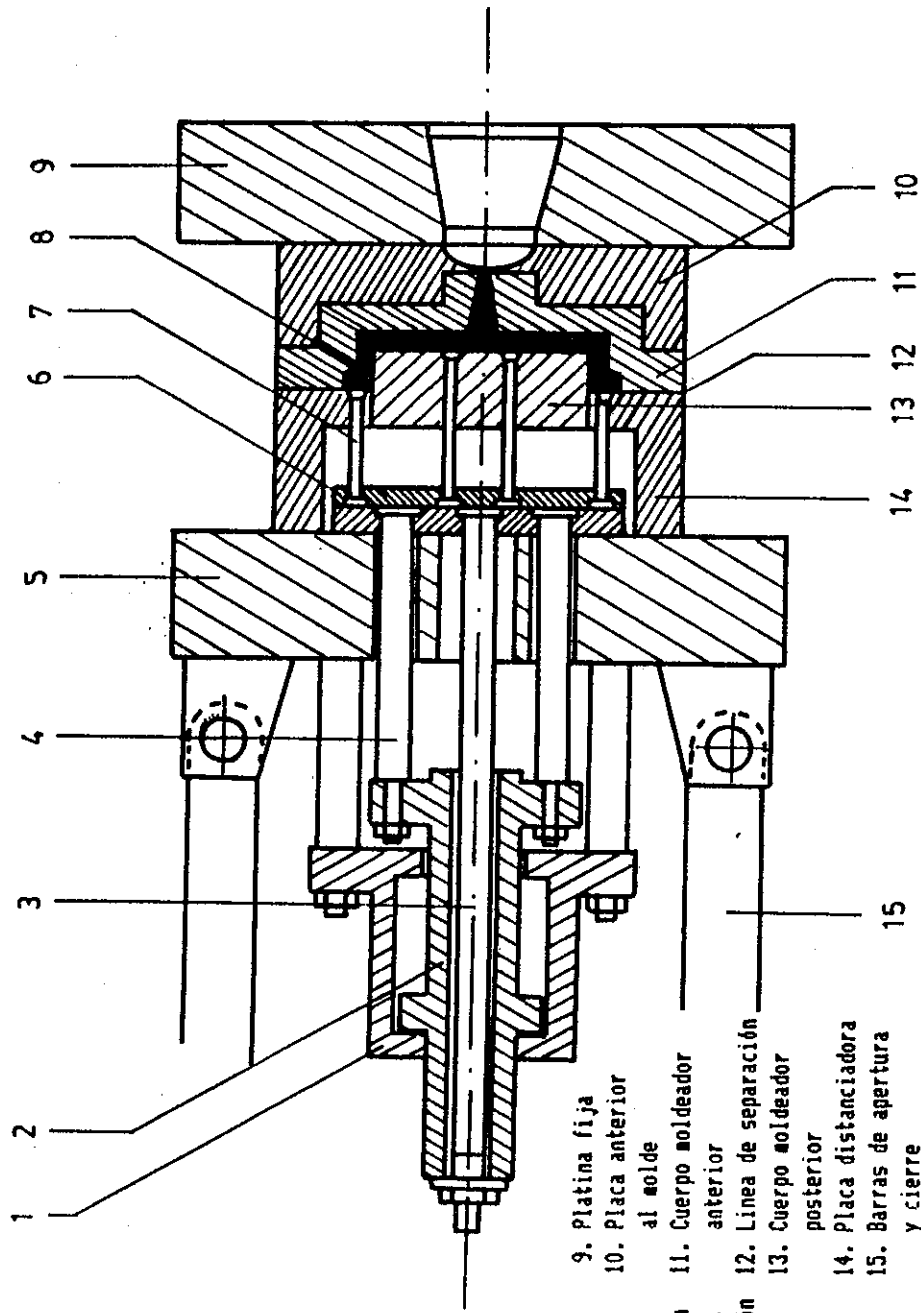
La velocidad y la presión de expulsión y retorno, pueden ser controladas mediante válvulas de flujo y de presión respectivamente, debido a que el aceite tiene la propiedad de no ser compresible relativamente. Los movimiento del sistema de expulsión y retorno son controlables directamente.

3. Repeticiones.

Debido a que los movimientos del sistema de expulsión hidráulica son controlables, pueden hacerse repeticiones de expulsión si es necesario.

2.3.2.3. DESVENTAJAS.

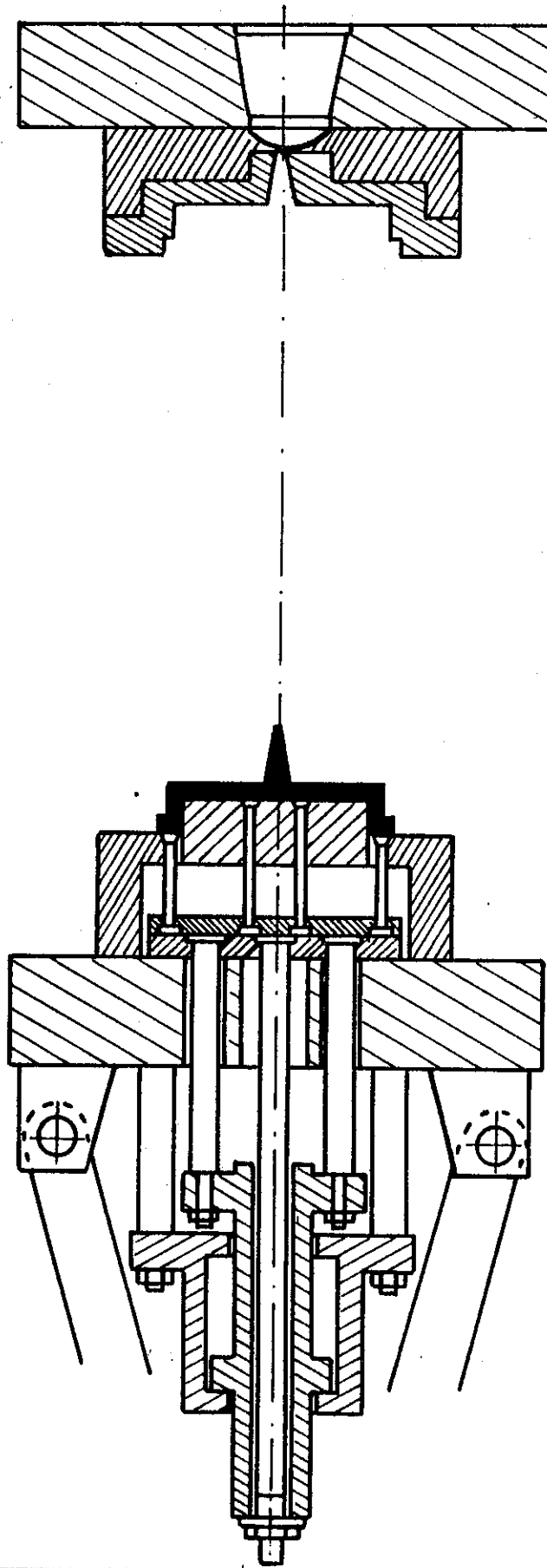
1. Su coste es más alto que los sistemas mecánico y neumático.



- 1. Cilindro expulsor
- 2. Embolo expulsor hidráulico
- 3. Perno de expulsión y retorno, central
- 4. Pernos de expulsión laterales
- 5. Platina móvil
- 6. Placa expulsora
- 7. Pines extractores
- 8. Pieza procesada
- 9. Platina fija
- 10. Placa anterior al molde
- 11. Cuerpo moldeador anterior
- 12. Línea de separación
- 13. Cuerpo moldeador posterior
- 14. Placa distanciadora
- 15. Barras de apertura y cierre

Fig. 23. SISTEMA DE EXPULSIÓN HIDRÁLICO

(Ver pág. 32)



(Ver pág. 32)

Fig. 2.4. APERTURA NECESARIA, DEL SISTEMA HIDRÁULICO

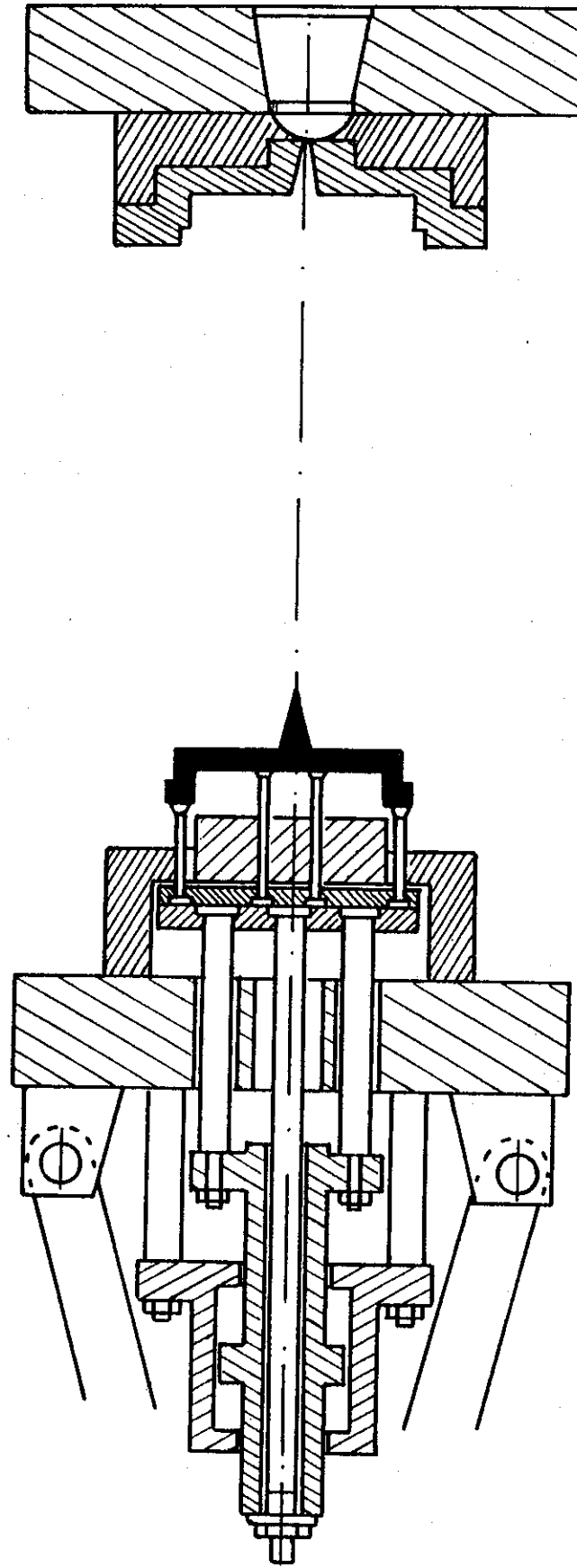


Fig. 2.5. EXPUSIÓN EFECTUADA, HIDRÁULICAMENTE

(Ver pág. 32.)

2.3.3. EXPULSIÓN NEUMÁTICA.

2.3.3.1. DESCRIPCIÓN.

El sistema de expulsión neumática, es un sistema relativamente económico. Si la pieza a producir es relativamente ligera, la expulsión puede ser únicamente neumática, ahora si el producto es algo pesado o por su forma el difícil expulsarlo, es necesario la utilización de otro sistema de expulsión para que el producto sea expulsado, y pueda caer libremente.

La máquina cuenta con sistemas electroneumáticos que permiten el paso del aire comprimido, para los distintos movimientos que sean necesarios en la extracción del producto.

En las figuras No.2.6 y 2.7, se ilustra un sistema de expulsión neumático.

2.3.3.2. VENTAJAS.

1. Accionamiento.

El accionamiento del sistema de expulsión neumático, puede hacerse en la posición que se desee, siempre y cuando el molde se encuentre lo suficientemente abierto, para que el producto procesado pueda caer libremente; por lo que su accionamiento puede ser controlado directamente.

2. Limpieza.

El uso de la neumática en el sistema de expulsión, nos da esta ventaja tan importante, debido a que el sistema neumático generalmente está inherente al molde, y por lo general el sistema neumático expulsa el producto ya procesado directamente, manteniendo un buen control de calidad.

3. Repeticiones.

Al igual que el sistema hidráulico el sistema neumático puede tener repeticiones de expulsión; por que es controlado directamente.

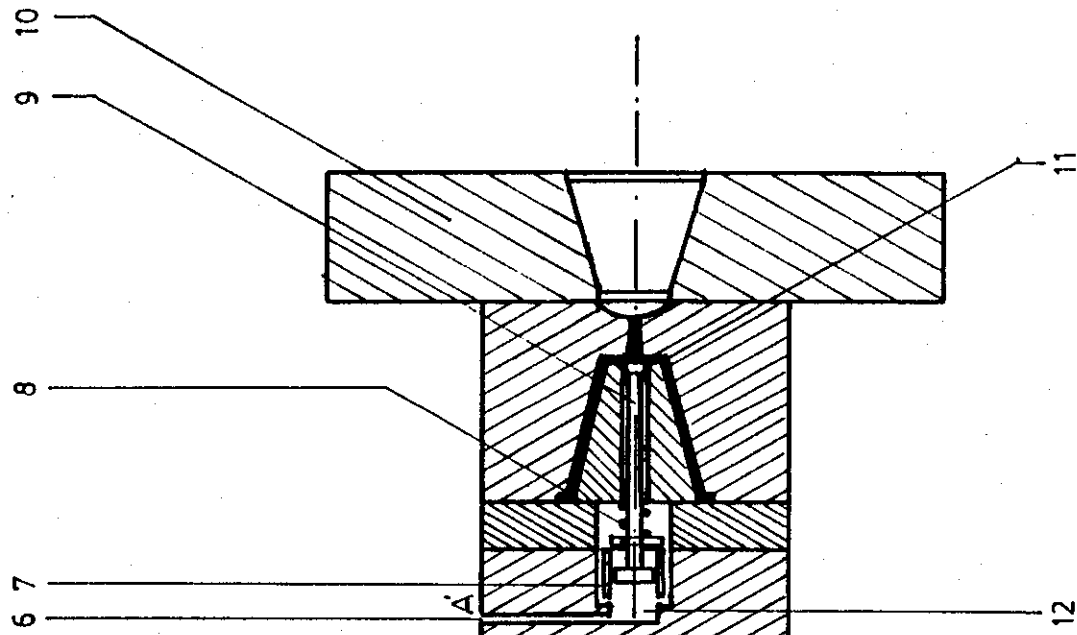
2.3.3.3. DESVENTAJAS.

1. Velocidad y presión no son constantes.

La velocidad y la presión del sistema de expulsión neumático, no son constantes debido a que el aire es compresible.

2.3.4. COMBINACIONES DE SISTEMAS DE EXPULSIÓN.

Las combinaciones de expulsión pueden ser de distintas maneras, y se hacen de acuerdo al diseño del molde. Existen una serie de combinaciones de sistemas de expulsión tanto inherentes al molde como inherentes a la máquina, todas



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

- 1. Fuente de energía (alimentación de aire comprimido)
- 2. Muelle
- 3. Válvula distribuidora 3/2 (3 vías 2 posiciones)
- 4. Rodillo escamoteable
- 5. Platina móvil
- 6. Entrada de aire comprimido al molde
- 7. Canales
- 8. Resorte a compresión
- 9. Válvula neumática (accionada a traves de aire comprimido)
- 10. Platina fija
- 11. Pieza soldada
- 12. Cilindro neumático

Fig. 2.6. SISTEMA DE EXPULSIÓN NEUMÁTICO

(Ver pág. 35)

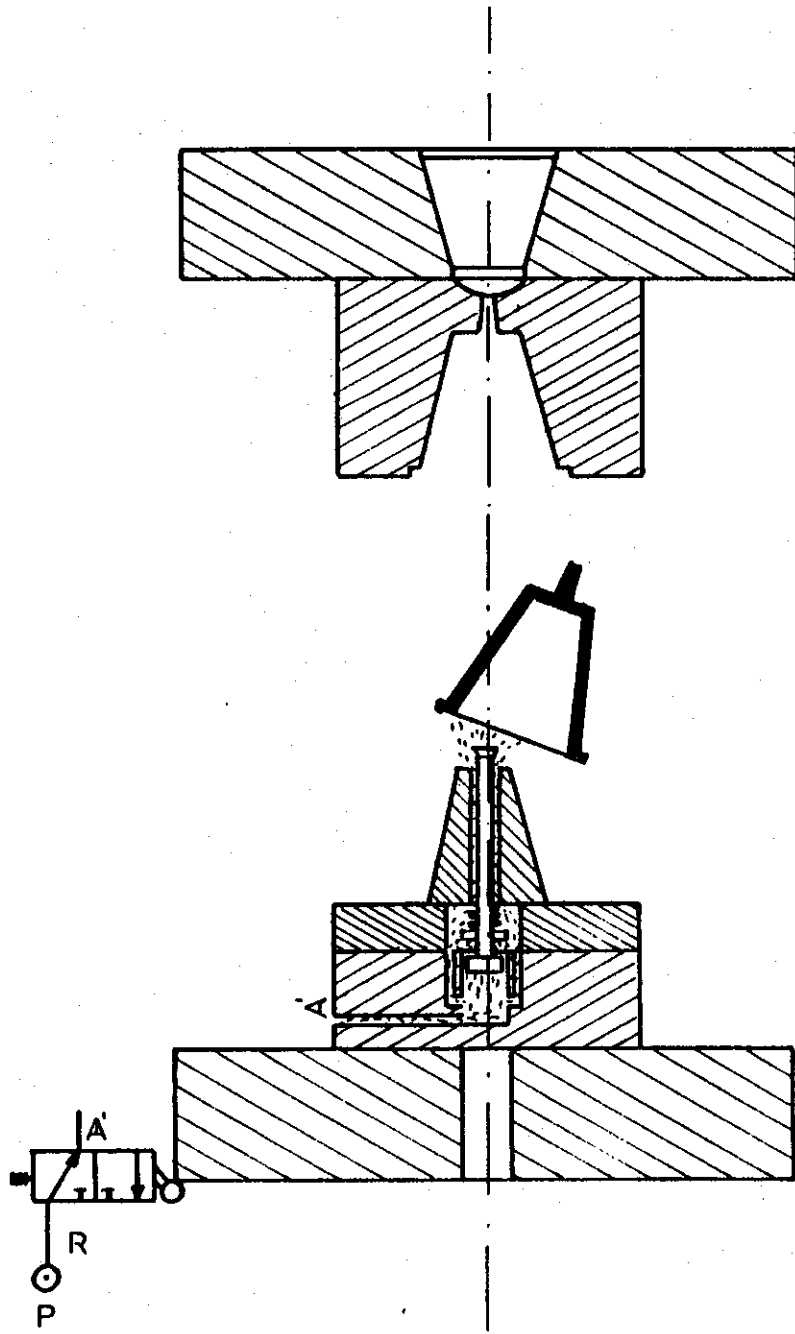


Fig. 2.7. EXPULSIÓN EFECTUADA, NEUMÁTICAMENTE

(Ver pág. 35)

tienen la misma función, de ver que el producto pueda caer libremente, sin ninguna dificultad.

Ejemplo.

Para fines de ilustración de un sistema combinado en el mismo molde, se presentan las figuras No. 2.3, 2.4 y 2.5. En ellas se muestra el desmoldeo de una pieza con sistema de expulsión de placa expulsora inherente al molde y cilindro hidráulico de expulsión inherente a la máquina.

Mencionando a continuación las posiciones y movimientos principales en esta etapa de expulsión.

1. Línea de separación.

Ilustrada en la figura No.2.3.

La línea de separación, es el área que define las dos mitades del molde.

Puesto que la pieza procesada a sufrido cambios térmicos, de calor a frío, éste último tiende a que la pieza se contraiga hacia el molde, por lo que no fácilmente se puede deslizar la pieza. En ocasiones es necesario el uso de un circuito neumático, para que la pieza pueda desprenderse y luego pueda ser expulsada. Si no se aplicara esto provocaría que se rompiera o se dañara la pieza procesada.

Cuando el producto es lo suficientemente ligero, únicamente se utiliza una válvula neumática para desprender y expulsar la pieza.

Para éste caso la expulsión no necesita de un circuito neumático, debido a la forma, peso y tamaño de la pieza a expulsar.

2. Apertura necesaria del molde e inicio de expulsión.

Ilustrada en la figura No. 2.4.

Luego de que el molde inicie la etapa de apertura necesaria, el sistema de expulsión o extracción de la pieza, se activa.

El operador puede ajustar el inicio de la expulsión cuando tenga la apertura necesaria del molde y finalizar la expulsión cuando el molde termine su carrera de apertura. La expulsión no necesariamente tiene que ser hasta que el molde termine su carrera de apertura o este completamente abierto, ya que contamos con un sistema de expulsión hidráulico (para ilustración la expulsión la realizaremos hasta que el molde se encuentre completamente abierto). Esto se hace con el fin de disminuir el ciclo de trabajo de la máquina.

3. Expulsión completa.

Ilustrada en la figura No.2.5.

Cuando se activa el sistema de expulsión, éste tiende a empujar la pieza hacia adelante, de manera que la pieza procesada pueda caer libremente. Esto se puede hacer mediante un tope que se encuentra al final de la carrera de

apertura, y para este caso la expulsión se hace por medio del accionamiento de un cilindro hidráulico de expulsión hacia adelante.

4. Retorno.

En la figura No.2.4, se ilustra cómo el expulsor regresa a la posición mostrada.

El retorno del expulsor, puede hacerse de diferentes formas, ya sea por medios mecánicos, hidráulicos y/o neumáticos; o bien inherentes al molde únicamente (por ejemplo: resotes a compresión).

Para este caso el retorno del expulsor se hace por medio del vástago (perno central) del cilindro hidráulico, acoplado a la placa expulsora inherente al molde. Finalizando así la expulsión de la pieza, con esto termina el ciclo de trabajo; por lo que la máquina está en condiciones de repetir nuevamente el ciclo de trabajo.

CAPÍTULO 3

3. ELECCIÓN DEL SISTEMA DE EXPULSIÓN

3.1. PROPÓSITO.

El propósito que se persigue en la elaboración de éste proyecto, es automatizar el ciclo de trabajo de los de moldes que por su diseño de expulsión no pueden trabajar automáticos, como es el caso del problema de expulsión del molde bote basurero 20 gls..

Conociendo ya un poco del proceso de moldeo por inyección de plásticos, y estudiado con más detalle los distintos sistemas de expulsión, tanto inherentes al molde como inherentes a la máquina; puede establecerse que aún teniendo estos sistemas de expulsión, algunos moldes, debido a su diseño no pueden trabajar completamente automáticos. Por lo que se necesita diseñar otro sistema de expulsión que cumpla con las exigencias que necesitan los moldes, para que su proceso sea completamente automático. Con lo cual el maquinista no tendría por que usar sus manos para recibir y sacar la pieza ya moldeada.

Al automatizar el proceso de moldeo por inyección se obtiene un mejor funcionamiento de la máquina y otras mejorías enumeradas a continuación:

1. Seguridad del maquinista
2. Ciclo constante de trabajo
3. Generalmente el ciclo de trabajo es más corto, aumentando la productividad
4. Reducción del deterioro de la máquina inyectora

Debido a que los distintos sistemas de expulsión no pueden realizar el trabajo de extraer y expulsar el bote basurero 20 gls. satisfactoriamente, se pensó en la necesidad de elaborar un brazo neumático de extracción, que pueda extraer la pieza ya procesada, para luego expulsarla; automatizando el ciclo de trabajo.

3.2. CONDICIONES Y LIMITANTES.

Las condiciones y limitanes en la elaboración de éste proyecto, están divididas en tres; las cuales mencionan también todas la posibilidades que el sistema de extracción tiene, para el desmoldeo y expulsión del producto.

Los recursos con que se cuenta para la elaboración de este proyecto, se dividieron así:

1. En la planta
2. En la máquina
3. En el molde

3.2.1. CONDICIONES Y LIMITANTES EN LA PLANTA.

Existen sistemas neumáticos, hidráulicos y eléctricos para lograr que funcione correctamente el sistema de

expulsión (brazo neumático) a elaborar. Por lo que las condiciones y limitantes principales que se tienen en plata, están enumeradas a continuación.

1. Energía eléctrica.

La energía eléctrica, permite accionar los distintos solenoides que se utilizan en el accionamiento de las válvulas, para poder dar los movimientos a los cilindros.

Los mandos eléctricos disponibles en la planta, pueden ser de distintos voltajes. La planta cuenta con una serie de voltajes, los cuales son de: 120, 240 y 440 voltios. Pero para éste diseño la fuerza necesaria para accionar los solenoides, no necesitan tanto voltaje, por lo que utilizaremos 120 voltios.

La energía eléctrica permite una velocidad de mando rápida y silenciosa, comparada con los mandos neumáticos e hidráulicos. Además se evita tener un serie de mangueras que ocupan más espacio, que la utilización de cables.

Por lo que los mandos para accionar los distintos movimientos que se necesitan, se harán eléctricos, mediante un microprocesador.

2. Espacio.

Para la instalación del brazo neumático, no hay restricción de área sobre ambas platinas (móvil y fija), la cual es suficientemente amplia, por lo que no es una limitante.

Además, debido al tamaño de la máquina, existe un sistema de elevador neumático, que tiene la función de recibir la pieza procesada debajo del molde, para luego transportar la pieza y elevarla fuera de la máquina, para que el operador la reciba. Este elevador funciona siempre y cuando el proceso sea automático, de lo contrario no tendría caso la utilización del mismo.

3. Suministro de aire comprimido.

Mediante el uso de aire comprimido, podemos generar movimientos necesarios para la extracción de la pieza moldeada; así como la limpieza que se necesita para obtener un producto de alta calidad superficial.

En la planta se cuenta con aire comprimido.

3.2.2 CONDICIONES Y LIMITANTES EN LA MÁQUINA.

Las condiciones y limitantes que tenemos en la máquina inyectora, donde se implementara el brazo neumático de extracción se enumeran a continuación.

1. Sistemas de expulsión.

Los sistemas de expulsión de la máquina inyectora a prueba son los siguientes:

- Expulsión hidráulica.

Este sistema de expulsión hidráulica, tiene la función de

expulsar el producto hacia adelante una longitud determinada, la cual no utilizaremos, debido a que el molde a utilizar en la prueba no consta de un sistema de expulsión que pueda ser accionado por éste sistema de expulsión hidráulica.

- Sistema de expulsión electroneumática.

Este sistema de expulsión electroneumática, si lo podemos aplicar al desmoldeamiento de la pieza, pero debido a la cavidad del molde, el aire comprimido que utilizamos para desmoldear la pieza, solamente desprende la pieza del molde, y luego crea un vacío que no permite que la pieza sea expulsada completamente. Por lo que éste sistema de expulsión lo utilizaremos únicamente para el desprendimiento de la pieza sujeta al macho del molde (parte móvil del molde).

2. Platinas.

Existen dos opciones que permiten la instalación del sistema neumático de expulsión (brazo neumático), las cuales son:

- a) La platina móvil
- b) La platina fija

El diseño del brazo neumático da lugar a que pueda ser instalado, tanto en la platina móvil como en la platina fija. La instalación del brazo neumático, en cualquiera de las dos platinas (móvil o fija), está regida principalmente a lo siguiente.

Es adecuado instalar el brazo neumático, en donde la pieza procesada queda sujeta, es decir, que si la pieza procesada queda sujeta en la parte fija, es aconsejable instalar el brazo neumático en la platina fija, ahora como en éste caso del bote basurero 20 gls., queda sujeto al macho del molde (parte móvil del molde), es adecuado que el brazo neumático esté instalado en la platina móvil; ya que si el brazo fuera instalado en la platina fija, los cilindros a utilizar en la extracción tendrían que ser demasiado grandes, esto perjudica, en la eficiencia del brazo neumático, así como un costo más alto de la inversión.

Las dimensiones de las platinas se escriben a continuación. Ilustradas en las figuras No.3.1 y 3.2.

Platina fija.

- Altura = 69 1/2"
- Longitud = 79"
- Espesor = 16 3/4"

Platina móvil.

- Altura = 69 1/2"
- Longitud = 79"
- Espesor = 10 1/4"

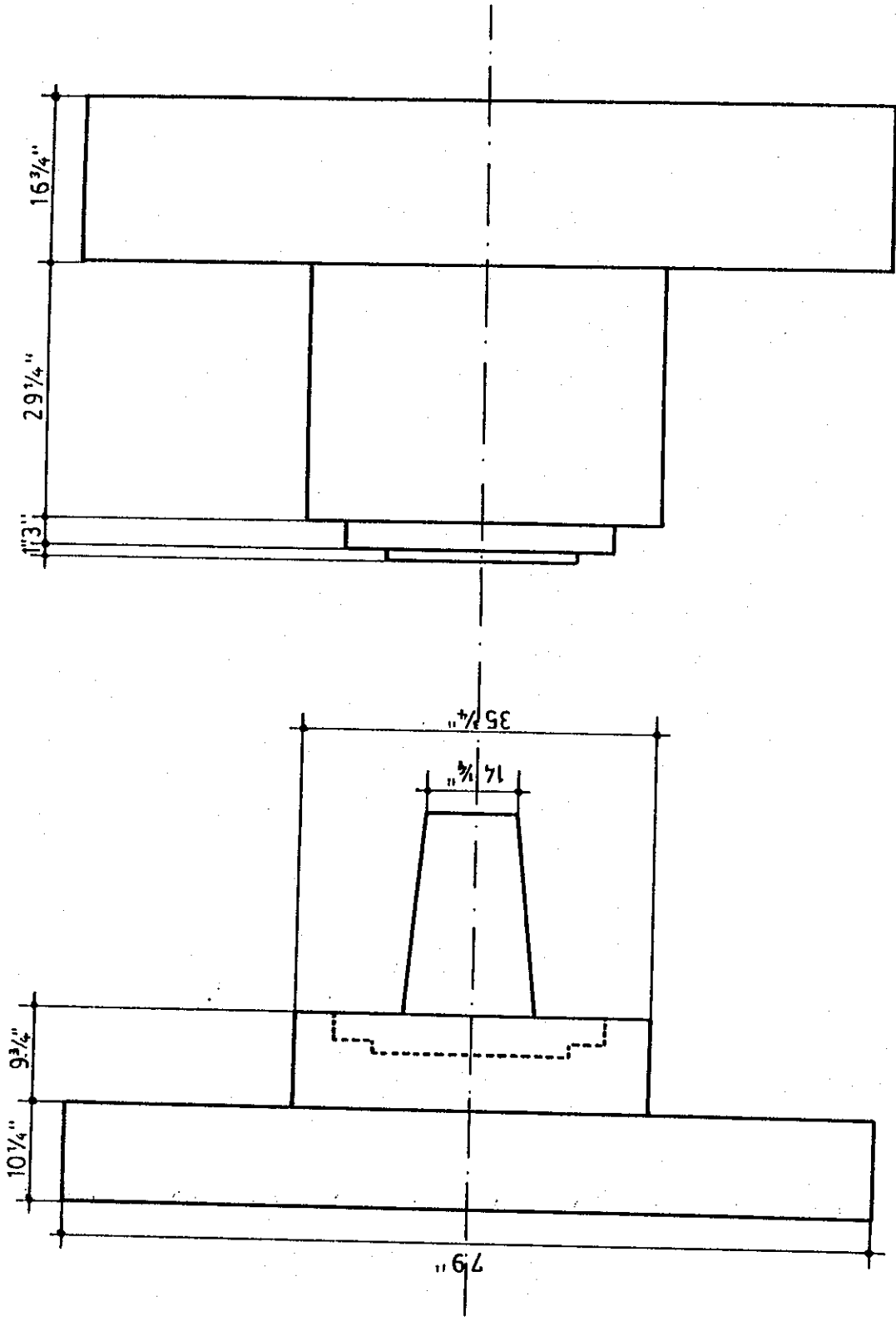
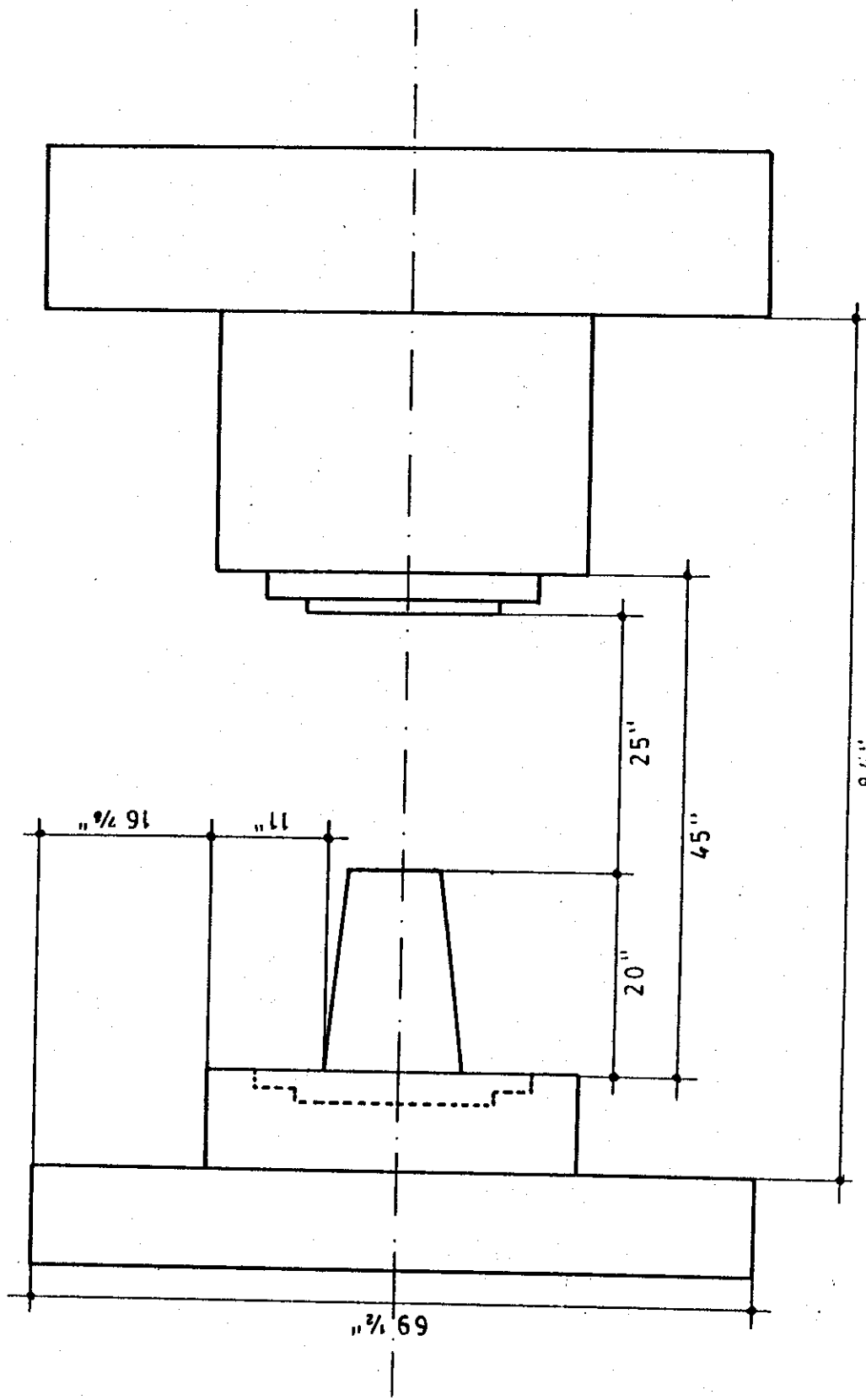


Fig. 3.1. PLANTA DEL MOLDE Y PLATINAS

ESCALA: 1"-1/16"
(Ver pág. 42)



ESCALA: 1" = 1/16"
(Ver. pág. 42)

Fig. 3.2. PERFIL DEL MOLDE Y PLATINAS

Con las medidas de las platinas, pueden diseñarse tanto la base del brazo neumático como el tamaño necesario del mismo. De manera que el brazo pueda ser acoplado tanto en la platina fija como en la platina móvil.

3. Apertura máxima.

La apertura máxima de la prensa, es de mucha importancia, debido a que si el tamaño del molde es demasiado grande o la pieza a producir es demasiado grande; se necesita mucho espacio libre para que pueda caer libremente. Por lo que es una limitante si el molde o la pieza es demasiado grande.

La apertura que se necesita en este molde en particular no es la máxima de la prensa, por lo que podemos extraer y expulsar satisfactoriamente la pieza.

3.2.3. CONDICIONES Y LIMITANTES EN EL MOLDE.

Este proyecto de extracción de las piezas moldeadas, debe estar provisto de varias formas de sujetar una serie de productos, según el molde a probar.

Para la prueba de este proyecto de extracción mediante un brazo neumático, el molde a utilizar, es el bote basurero 20 gls.; con el cual podemos saber en que forma sujetar y extraer la pieza. A continuación enumeraremos las características del molde. Se encuentra también ilustrado en las figuras No.3.1 y 3.2.

1. Nombre del molde = Bote basurero 20 gls.
2. Diámetro de la parte móvil = 35 3/4"
3. Longitud de la parte móvil = 29 3/4"
4. Longitud del macho al perfil = 20"
5. Expulsiones inherentes al molde = Válvula neumática
6. Cavidades = 1
7. Pieza a producir.
 - Forma, ilustrado en la figura No.3.3.
 - Peso = 22 lbs
 - Diámetro superior A = 20"
 - Diámetro superior B = 18"
 - Diámetro inferior = 14 1/2"
 - Altura = 24"
 - Espesor = 3/32"
8. Longitud necesaria de extracción = 25".

3.3. SISTEMA SUGERIDO.

El sistema sugerido de extracción se obtuvo en base a las condiciones y limitantes de la máquina inyectora, del molde, y otros.

El sistema de extracción es de tipo neumático, para dar movimientos mecánicos, accionados por medio de cilindros y válvulas neumáticas. El sistema sugerido de expulsión; para la automatización de la máquina inyectora, se llamará SISTEMA DE EXPULSION PARA MÁQUINAS INYECTORAS DE PLÁSTICO

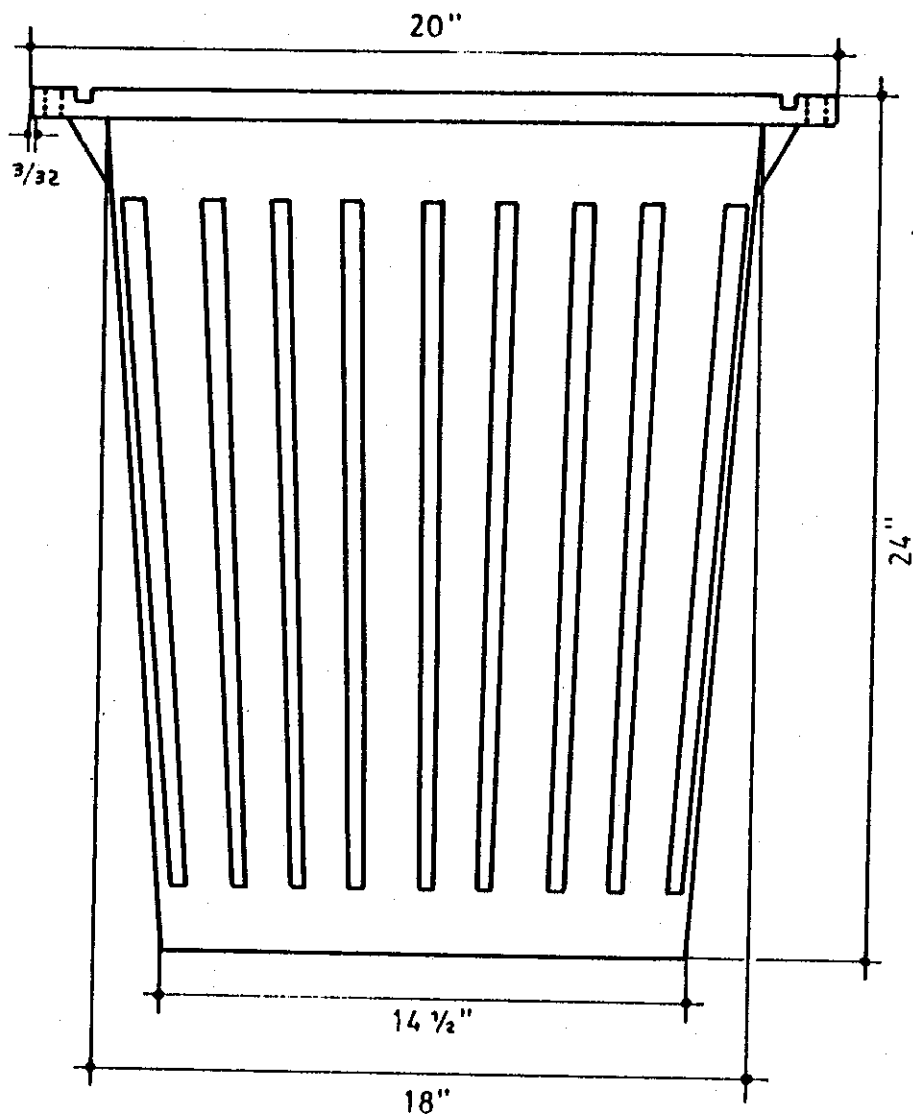


Fig.33. BOTE BASURERO 20 GALONES

ESCALA: 1" = 3/16"

(Ver pág. 45)

(BRAZO NEUMÁTICO).

Se optó por utilizar sistema neumático y no hidráulico, debido a las siguientes condiciones y limitantes más importantes que son utilizadas en el desmoldeamiento y extracción de la(s) pieza(s) procesada(s), enumeradas a continuación.

1. Limpieza.

La limpieza que debe tenerse en el desmoldeamiento de la pieza, debe ser excelente, para mantener la calidad total del producto producido.

El aire como fluido tiene la ventaja de mantener una limpieza aceptable, comparada con el aceite como fluido, cualquier fuga de aceite, causaría manchas no deseables en los productos a desmoldear.

2. Presión.

La presión para los distintos movimientos, no necesariamente tiene que ser tan alta, ya que no se necesita demasiada fuerza para poder desmoldear y expulsar la(s) pieza(s).

La presión de agarre de la pieza a producir es muy importante, para que la pieza no sea dañada. Por lo que la compresibilidad del aire como fluido, es de mucha importancia en la maniobra de agarre de la pieza, debido a que el aire es compresible y con la fuerza necesaria para poder sujetar la pieza, el desmoldeo y expulsión será satisfactorio. Por lo que tendríamos protección de la pieza al ser desmoldeada y expulsada; además, protección del molde, que es muy importante.

3. Velocidad.

La velocidad de accionamiento de la pieza no necesariamente tiene que ser tan precisa, por lo que la expulsión tiene la importancia de que su funcionamiento sea de terminar su carrera, con lo cual la expulsión de la pieza debe ser de la forma más correcta, con seguridad de que pueda ser desmoldeada y que pueda caer libremente.

Aunque, si bien es cierto, la hidráulica se acciona más rápido, la diferencia es relativamente pequeña, por lo que no es ningún inconveniente utilizar la neumática en éste proyecto en particular.

4. Economía.

El sistema neumático es más económico que el sistema hidráulico, en accesorios y sobretodo en el fluido como energía.

- Accesorios.

Los accesorios utilizados en la neumática son más económicos que los utilizados en la hidráulica, debido a que las presiones que se utilizan en la neumática no son tan altas como las que se utilizan en la hidráulica. La

construcción de los distintos accesorios neumáticos no tienen que ser tan robustos o de materiales altamente resistentes.

- Fluido de energía.

Como se sabe el fluido de energía que se utiliza en la neumática es el aire comprimido. Tiene la ventaja de encontrarse disponible en todas partes, en cantidades ilimitadas, de fácil transportación, no se necesita regresarlo a su lugar de origen, es almacenable, etc.. Por lo que no establece ningún coste.

Luego de establecer por que en éste proyecto se utiliza el sistema neumático para los distintos movimientos necesarios para la expulsión; se escribirá a continuación un enunciado más detallado de los movimientos que se necesitan.

3.3.1. MOVIMIENTOS NECESARIOS PARA LA EXPULSIÓN DE LA PIEZA.

En la figura No.3.4, se muestra los distintos movimientos del sistema de expulsión sugerido.

Con base en los movimientos puede establecerse el ciclo de trabajo del sistema de expulsión, así como también, mediante las maniobras que se utilizarán para la expulsión de la pieza; se puede también saber el equipo neumático que se utilizará para la construcción del brazo neumático (ilustrado en la figura No.3.5).

Ciclo de trabajo de extracción.

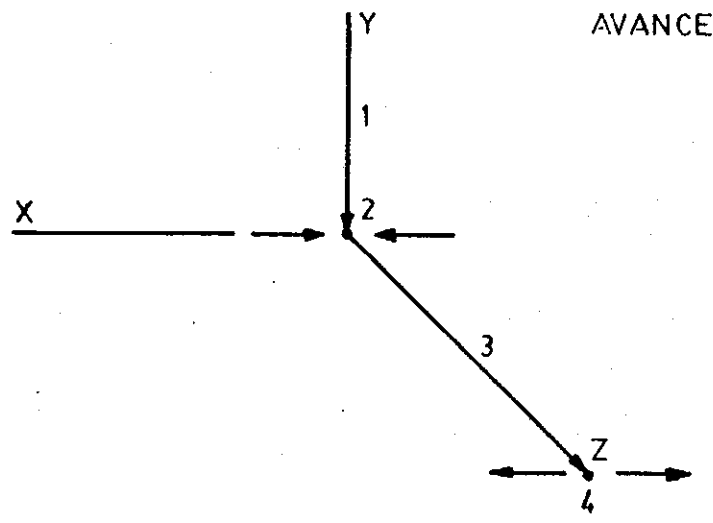
El ciclo de trabajo que tiene que realizar el brazo neumático para extraer la pieza, lo dividiremos en dos: avance y retorno. Ilustrados en la figura No.3.4.

Avance.

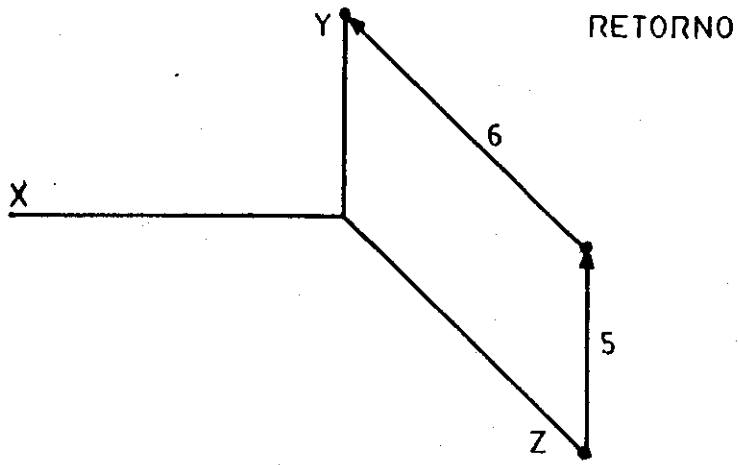
1. Avance vertical (movimiento hacia abajo del cilindro 1).

Cuando la prensa tiene la apertura necesaria, podemos dar inicio al ciclo de trabajo de extracción, el cual sería el primer movimiento del brazo neumático. El movimiento que tendríamos para éste molde en particular, es el de avance vertical hacia abajo, para poder alcanzar la pieza a desmoldear y dar lugar a que el agarrador realice su trabajo.

Siempre y cuando antes de que el agarrador realice su trabajo, se encuentre activado el sistema electroneumático de la máquina y accionado el sistema de expulsión inherente al molde (válvula neumática), la cual tiene como función desprender la pieza del molde, ya que el material, luego de haber sufrido un cambio térmico, la pieza ya moldeada tiende a contraerse, adheriéndose al macho (parte móvil del molde), por lo que necesitamos desprenderlo del macho, ésto se hace mediante la aplicación del sistema de expulsión electroneumática. Damos inicio al segundo movimiento del brazo neumático.



AVANCE

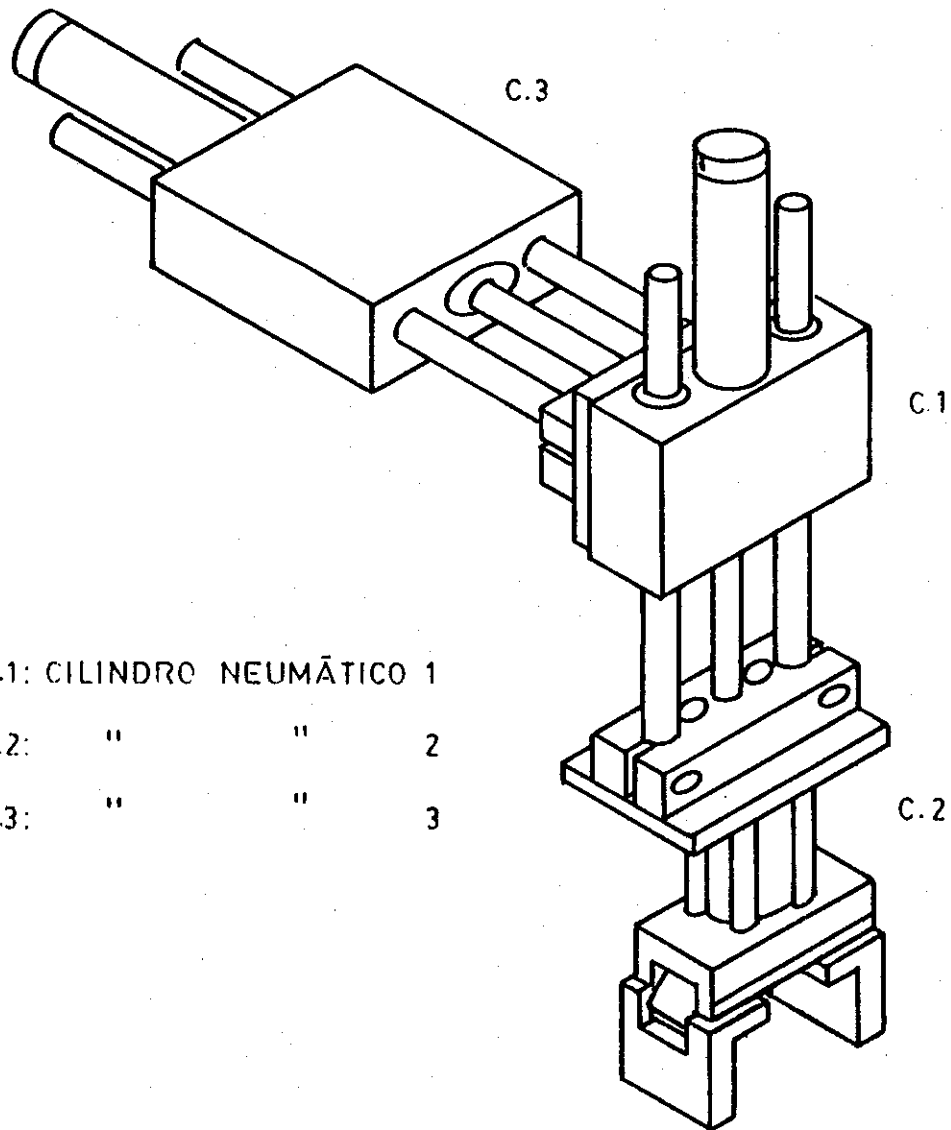


RETORNO

1. Avance vertical del cilindro 1
2. Sujeción del cilindro 2
3. Avance horizontal del cilindro 3
4. Liberación del cilindro 2
5. Retorno vertical del cilindro 1
6. Retorno horizontal del cilindro 3

Fig.3.4. MOVIMIENTOS DEL BRAZO NEUMÁTICO

(Ver pág. 48)



C.1: CILINDRO NEUMÁTICO 1

C.2: " " 2

C.3: " " 3

Fig.3.5. BRAZO NEUMÁTICO

(Ver pág. 48)

2. Sujeción (movimiento hacia atrás del cilindro 2).

Luego de terminado el primer movimiento del brazo neumático y activado el sistema electroneumático, se inicia el segundo movimiento, el cual es sujetar la pieza, mediante el agarrador del brazo neumático, que se activa por el movimiento de retracción del cilindro 2.

3. Avance horizontal (movimiento hacia adelante del cilindro 3).

Después que se tiene sujeta la pieza correctamente, mediante el agarrador, se inicia el tercer movimiento del brazo neumático, el cual permite el avance de traslación horizontal de la pieza a desmoldear, a una distancia lo suficientemente amplia, para que la pieza pueda ser liberada.

4. Liberación (movimiento hacia adelante del cilindro 2).

Luego que la pieza tiene la suficiente posición para que pueda caer libremente, se inicia el cuarto movimiento; el cual permite liberar la pieza sujeta, mediante el movimiento del cilindro del agarrador. Por lo que queda liberada la pieza y cae libremente, obteniendo como resultado la expulsión completa. Terminado así la primera mitad del ciclo de expulsión (avance), dando inicio a la otra mitad del ciclo (retorno) de expulsión.

Retorno.

5. Retorno vertical (movimiento hacia arriba del cilindro 1).

Luego que se libera la pieza y cae libremente sin ninguna dificultad, se da por terminado la expulsión satisfactoria. Ahora inicia el quinto movimiento, el cual es el retorno del cilindro vertical a la posición original, terminado éste, inicia el sexto o último movimiento.

6. Retorno horizontal (movimiento hacia atrás del cilindro 3).

Después de que hace su retorno el cilindro vertical, inicia el sexto movimiento, el cual permite el retorno del cilindro horizontal, es decir, movimiento hacia atrás, llevándolo a su lugar de origen.

Con este último movimiento, termina el ciclo de extracción de la pieza y se encuentra en condiciones de iniciar un ciclo nuevo.

El proceso de extracción es repetitivo, se acciona siempre que se abre la prensa, y su fin da inicio al cierre de la misma, para continuar el ciclo.

En el siguiente capítulo se estudia, con más detalle y con base en diagramas, este sistema de expulsión para máquinas inyectoras de plástico o brazo neumático sugerido, se utilizará en el proceso de expulsión de la pieza a producir.

Nota.

Cuando se habla del sistema de expulsión de piezas, se está viendo desde el punto de vista de la máquina. Por lo que el sistema de extracción viene siendo lo mismo, solamente que se tiene el punto de vista del brazo neumático. Es decir, si el brazo neumático lo tomamos como parte de la máquina, se le llama sistema de expulsión, ahora si se toma el brazo neumático como independiente de la máquina, se le puede llamar sistema de extracción para máquinas inyectoras de plástico.

CAPITULO 4

4. DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE EXPULSIÓN

4.1. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE NEUMÁTICA.

En la neumática, se trabaja con la mezcla gaseosa terrestre que es el aire.

El aire es una mezcla gaseosa que se compone esencialmente de dos gases:

- Nitrógeno (N_2) aproximadamente el 78% del volumen
- Oxígeno (O_2) aproximadamente el 21% del volumen

Además, contiene en pequeñas cantidades: dióxido de carbono, argón, hidrógeno, neón, helio, criptón y xenón. Aparte de estos gases, el aire que nos rodea posee un tanto por ciento variable de vapor de agua (humedad).

Como modelo se pueden imaginar las moléculas gaseosas como diminutas bolitas elásticas. En un cm^3 , se encuentra una cantidad increíblemente grande de ellas ($27 \cdot 10^{18}$).

Las moléculas gaseosas no se encuentran en reposo, sino que están en intenso movimiento, chocando entre sí continuamente. Debido a este movimiento se explica por qué un gas ocupa continuamente todo el espacio disponible en el recipiente que lo contiene. Las moléculas del gas chocan ininterrumpidamente contra las paredes del recipiente y originan una presión.

4.1.1. DEFINICIÓN DE NEUMÁTICA.

Parte de la física que estudia las propiedades del aire comprimido y sus diferentes aplicaciones.

4.1.2. AIRE COMPRIMIDO.

Si se llenara de aire un balón se notaría como se le mete gran cantidad de aire sin que su volumen aumente, claro está que si el aire es demasiado el balón estallará, pero suponiendo que este balón fuera de hierro; entonces se le podría meter muchísimo más aire, sin variar su volumen, lo que se acaba de decir es posible gracias a la propiedad que recibe el nombre de COMPRESIBILIDAD.

Compresibilidad:

Propiedad que tienen los gases para reducir su volumen.

Expansibilidad:

Propiedad que tienen los gases de aumentar su volumen. A esta propiedad se le conoce también como elasticidad.

A primera vista puede sorprender que la neumática se haya extendido de forma tan intensa y rápida en un espacio de tiempo tan corto; esto se debe, entre una y otras cosas, a que algunos problemas de automatización no se puede emplear ningún otro medio de trabajo tan sencillo y económico, sobre

todo en la denominada pequeña automatización.

Las ventajas y desventajas del aire comprimido se escriben a continuación.

Ventajas.

1. El aire se encuentra disponible en todas partes en cantidades ilimitadas.
2. El aire comprimido es transportable cómodamente mediante tuberías, incluso a grandes distancias.
3. El aire comprimido puede ser almacenado fácilmente.
4. No es necesario devolver el aire comprimido a su lugar de origen. Una vez realizado su trabajo, puede dejarse escapar al exterior.
5. El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura. De esta forma se garantiza un trabajo seguro, incluso en condiciones extremas de temperatura.
6. El aire comprimido está a prueba de explosiones. De esta forma no se precisa ningún dispositivo costoso de protección contra explosiones.
7. El aire comprimido es limpio. Esto es especialmente importante en la industria de productos plásticos, en la industria textil, en la industria de la madera, etc.
8. La construcción de los elementos de trabajo para el funcionamiento con aire comprimido es sencilla y económica.
9. El aire comprimido es rápido, lo que le permite obtener elevadas velocidades de trabajo.
10. Las velocidades y la fuerza de los elementos neumáticos son regulables sin escalonamientos.
11. Las herramientas y los elementos de trabajo están a pruebas de sobrecargas.
12. Se pueden obtener directamente movimientos rectilíneos.

Desventajas.

1. El aire comprimido es una fuente de energía relativamente cara. No obstante éste elevado costo de energía se absorbe en gran parte, por la utilización de elementos y aparatos más sencillos, más compactos y económicos.
2. El aire comprimido exige una buena preparación. No debe acarrear consigo ningún resto de suciedad o humedad. (Provocaría desgaste de las herramientas y de los aparatos).
3. No es posible obtener velocidades uniformes y constantes en la carrera de un cilindro, debido a que el aire es fácilmente compresible.
4. El aire de los escapes es ruidoso. No obstante, este problema está resuelto hasta hoy, en parte, gracias al creciente desarrollo de materiales para la fabricación de silenciadores de escape.
5. La niebla aceitosa, que se aporta al aire para lubricar los aparatos, se pierde al escapar el aire a la atmósfera.

Producción del aire comprimido.

El aire comprimido es producido mediante un compresor y distribuido al punto de trabajo mediante las tuberías de distribución.

4.1.3. PARAMETROS.

Para comprender mejor el comportamiento del aire a presión, deben considerarse las magnitudes físicas que rigen en su comportamiento.

Magnitud física.

Propiedad, procesos o estados que pueden medirse, por ejemplo: Velocidad, tiempo, presión, etc.

Para el estudio de la neumática, son necesarias las siguientes magnitudes básicas.

- Longitud en metros (m)
- Masa en kilogramos (kg)
- Tiempo en segundos (s)
- Temperatura en grados Kelvin (k) o Celcius (°C)

A partir de estas magnitudes, se pueden describir los parámetros principales que se utilizan en la neumática.

- Volumen en plg.³ ó m³.
- Caudal en m³/min.
- Area en plg.² ó m².
- Fuerza en lbf, N, ó Kgf.
- Presión en bares, kpa, ó psi.(medida inglesa)

4.1.4. SIMBOLOGÍA.

A las características de un aparato neumático pertenecen también los símbolos de conexión (ISO 1219). Esta fue incluida en la norma alemana y toma el puesto de DIN/ISO 1219. En la tabla No.4.1, se resumen los más importantes símbolos según ésta norma. Resultan diferencias de poca importancia en comparación con DIN 24300, tanto en símbolo como en la denominación. Donde nos parece oportuno, se agregan explicaciones de la norma antigua.

4.2. CRITERIO DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPULSION, CON BASE EN DIAGRAMAS.

Conociendo la simbología podemos entrar al criterio del diseño del sistema de expulsión, mediante la realización de diagramas.

Estos diagramas determina el contenido y funcionamiento del equipo neumático de mando, no se consideran las longitudes de las líneas de mando o tuberías de unión, solo se representa la localización de los elementos de mando y potencia, así como su funcionamiento.

SÍMBOLOGÍA

Denominación de las conexiones

Líneas de utilización.....	A, B, C
Alimentación, towa de aire comprimido.....	P
Escape, purga.....	R, S, T
Fuga.....	L
Líneas de mando.....	X, Y, Z

Denominación	Significado	Símbolo
Transformación de la energía		
Compresor	Con volumen de desplazamiento constante (solo un sentido de flujo)	
Motor neumático	Con volumen de desplazamiento constante	
	Con un sentido de flujo	
	Con dos sentidos de flujo	
	Con volumen de desplazamiento variable	
Con un sentido de flujo		
	Con dos sentidos de flujo	
Motor giratorio	Neumático (motor neumático con giro limitado)	
Cilindro de simple efecto	Cilindros, en los que la presión solo tiene efecto en un mismo sentido (para avance)	
	Retroceso por una fuerza no determinada	
	Retroceso por muelle	
Cilindro de doble efecto	Cilindros en los que la presión tiene efecto en ambos sentidos, a voluntad (avance y retroceso)	
	Con un solo vástago	
	Con doble vástago	

Denominación	Significado	Símbolo
Cilindro con amortiguación	Con amortiguación simple no regulable (efecto solo en un sentido)	
	Con amortiguación en ambos lados, no regulable (efecto en ambos lados)	
	Con amortiguación simple, regulable	
	Con amortiguación en ambos lados, regulable	
Freno hidráulico	Regulación en un sentido	
	Regulación en ambos sentidos	
Amortiguación hidráulica	Regulación en un sentido	
Unidad de avance oleo neumática	Unidad que consta de cilindro neumático y freno hidráulico con regulación de velocidad en dos sentidos.	
Cilindro con accionamiento constante	Cilindro neumático, en el que una vez conectado el aire comprimido y alcanzada una posición final del émbolo, el movimiento del émbolo se invierte automáticamente hasta que se cierra el aire de entrada.	
Multiplicador de presión	Dispositivo que convierte una presión X a una presión Y mayor. Para medios de presión con idénticas características, p.e. una presión neumática X se convierte a una presión Y mayor.	
	Para dos medios de presión diferentes, p.e. una presión neumática X se convierte a una presión Y hidráulica mayor.	
Convertidor de presión	Dispositivo que convierte una presión neumática a una presión hidráulica siempre igual, ó viceversa.	

TABLA 4.1

(Ver pág. 55)

Denominación	Significado	Símbolo
Válvulas de mando		
2/2 vías	Dos conexiones, posición de reposo cerrada	
	Dos conexiones, posición de reposo abierta	
3/2 vías	En primera posición de conexión, entrada cerrada, p. e. un cilindro de simple efecto a escape o conectado a una conducción de pilotaje.	
	En reposo, entrada abierta, conectada la utilización.	
4/2 vías	Con dos posiciones de conexión, p. e., para cilindros de doble efecto	
5/2 vías	Con dos posiciones de conexión, p. e., para cilindros de doble efecto	
3/3 vías	Con posición central cerrada y tres posiciones	
4/3 vías (ejemplos)	Con posición central a depósito y 2 posiciones de distribución	
	Con posición central, salidas a escape y 2 posiciones de distribución	
5/3 vías	Con posición central cerrada y dos posiciones de distribución	
5/4 vías	Con posición central cerrada y 3 posiciones de distribución	
3/6 vías	La entrada P está unida a una de las 6 salidas. Las salidas que no conectan están a escape.	
Válvula anti-retorno	Sin muelle Abre cuando la presión de entrada es mayor que la presión de salida Bajo presión del muelle abre, cuando la presión de entrada es mayor que la presión de salida, sobre la fuerza de apriete del muelle.	
Válvula selectora	Cualquiera de las dos entradas conecta con la salida, mientras que la otra entrada queda cerrada cuando se establece presión en una de ellas.	

Denominación	Significado	Símbolo
Válvula de escape rápido	Cuando la abertura de entrada está sin aplicación de presión, entonces la salida está a libre escape a la atmósfera.	
Válvula de estrangulación	Con estrangulación regulable	
Regulador unidireccional (válvula anti-retorno con estrangulación)	Regulador con paso de aire en un sentido y estrangulación constante en el otro sentido. Con estrangulación regulable	
Válvula secuencial	Cuando la presión en la entrada sobrepasa un cierto valor, se abre su paso hacia la salida	
Válvula reguladora de presión	Válvula que mantiene ampliamente constante la presión de salida, a pesar de alteraciones en la presión de entrada Sin escape (no se compensan los regímenes excesivos) Con escape (se compensan los regímenes excesivos)	
Regulador de presión diferencial	La presión de salida se reduce a un valor fijo, que depende de la presión de entrada.	
Válvula de aislamiento o cierre		
Válvula de simultaneidad	La salida solamente conduce aire a presión cuando las dos entradas se hallen bajo presión	
Transmisión y acondicionamiento de la energía		
Fuente de presión		
Conducción de trabajo	Conducción para transmisión de energía	
Conducción de mando	Conducción para transmisión de la energía de mando (ajuste y regulación incluidos)	
Conducción de salida o fuga	Conducción para escape de aire	
Unión de conducción flexible	Para unir piezas móviles	
Conducción eléctrica	Conducción para transmisión de energía eléctrica	
Unión entre conducciones	Uniones fijas, p. e. soldado, atornillado (inclusive Filtings y racores)	

Denominación	Significado	Símbolo
Cruce de conducciones	Conducciones no unidas entre sí	
Lugar de escape del aire		
Orificio de salida	Sin dispositivo para conexión	
	Con rosca para conexión	
Toma de energía	Conexión de presión en aparatos y conducciones para toma de energía o para mediciones Con tapón de cierre Con conducción de conexión	
Acoplamiento rápidos	Unido, sin válvula antirretorno que abre mecánicamente	
	Unido, con válvulas antirretorno que abren mecánicamente	
	Desacoplado, con final abierto	
	Desacoplado, fin cerrado mediante válvula antirretorno sin muelle	
Unión de giro	Unión de conducción que permite giro en ángulo durante el funcionamiento	
	1 paso 3 pasos	
Silenciador		
Recipiente (depósito aire comprimido)		
Filtro	Aparato para separar partículas de suciedad	
Separador de agua	Accionamiento manual	
	Con purga automática	
Filtro con separador de agua	Este aparato es una combinación de filtro y separador de agua Accionamiento manual Con purga automática	
Secador de aire	Aparato en el que se seca el aire (p. e. mediante químicos)	
Lubricador	Aparato en el que se enriquece el aire con un pequeño flujo de aceite para la lubricación de los elementos de trabajo	
Manómetro		

Denominación	Significado	Símbolo
Unidad de mantenimiento	Unidad de aparatos que consiste de filtro, regulador de presión, manómetro, y lubricador	
	Símbolo simplificado	
Indicación óptica	Indicación de presión mediante color	

Tipos de accionamiento

Accionamiento muscular	En general (sin indicación del tipo de accionamiento)	
	Mediante pulsador	
	Mediante palanca Mediante pedal	
Accionamiento mecánico	Mediante leva (básico)	
	Mediante muelle	
	Mediante rodillo escamoteable, trabaja solo en un sentido (retroceso en vacío)	
Accionamiento neumático	Efecto directo por medio de la aplicación de presión	
	Mediante escape en el pilotaje	
	Mediante diferentes superficies de mando. El rectángulo mayor en el símbolo representa la mayor superficie de mando, es decir, la fase con prioridad	
Accionamiento indirecto, servopilotado	Accionamiento indirecto, servopilotado	
	Mediante aplicación de presión de la válvula servopilotada	
	Mediante compensación de la válvula servopilotada	
Accionamiento eléctrico	Mediante electroimán con un bobinado	
	Con dos bobinados de efecto del mismo sentido	
	Con dos bobinados de efecto en sentido inverso	
Accionamiento combinado	Mediante electroimán y válvula servopilotada	
	Mediante electroimán ó válvula servopilotada	
Enclavamiento	Dispositivo que mantiene una posición pre fijada	
Mecanismo de avance	Evita, p. e., que un émbolo que se encuentra en posición media se quede parado	

Los diferentes diagramas necesarios para lograr el diseño del brazo neumático son los siguientes:

1. Diagrama espacio/tiempo
2. Diagrama o circuito, neumático
3. Diagrama de mando eléctrico por microprocesador.

4.2.1. DIAGRAMA ESPACIO / TIEMPO.

Es la representación gráfica de la secuencia lógica del ciclo de funcionamiento del equipo neumático (ilustrado en la figura No.4.1). En este diagrama la función de los órganos motrices se descompone en operaciones individuales en función del tiempo.

En las figuras 3.1 y 3.2, del capítulo anterior, se muestra el sistema sugerido, y se determinaron los distintos movimientos que se necesitan para la expulsión satisfactoria de la pieza. Con base en estos movimientos necesarios, se puede realizar el diagrama espacio/tiempo, para la expulsión automática; ilustrada en la figura No.4.1.

Teniendo como base el diagrama espacio/tiempo, se puede realizar el circuito neumático que se utilizará en éste diseño de expulsión.

4.2.2. DIAGRAMA O CIRCUITO NEUMÁTICO.

El diagrama o circuito neumático, es el gráfico donde se representa el contenido y disposición del equipo neumático de mando y potencia. En este tipo de plano no es necesario un diseño a escala, puesto que, no interesa las longitudes de las líneas, si no que, se consideran la interrelación mutua de los componetes individuales, funciones y magnitudes.

La complejidad del sistema neumático determina la realización del circuito. Se toma como base el número de cadenas de mando y se representarán una al lado de otra en la secuencia del accionamiento si ello es posible.

Todas las cadenas de mando se dibujan de abajo hacia arriba en el sentido de flujo de energía, en la parte inferior los emisores de señal y en la parte superior los órganos motrices.

En la figura No.4.2, se ilustra el diagrama o circuito neumático.

Luego de establecer el circuito neumático, se puede elaborar el diagrama de mando eléctrico mediante un microprocesador.

DIAGRAMA ESPACIO/TIEMPO, PARA EL MANDO AUTOMÁTICO DEL SISTEMA DE EXPULSIÓN NEUMÁTICO

ELEMENTO NEUMÁTICO		ESTADO DEL ELEMENTO		TIEMPO DE OPERACIÓN (SEGUNDOS)	
No.	DESIGNACIÓN	OPERACIÓN	ESTADO	0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
C.1	CILINDRO DE D.E.	MOVIMIENTO VERTICAL	AVANCE		
			SOSTENIDO		
			RETORNO		
C.2	CILINDRO DE D.E.	SUJETAR	AVANCE		
			RETORNO		
			AVANCE		
C.3	CILINDRO DE D.E.	MOVIMIENTO HORIZONTAL	AVANCE		
			SOSTENIDO		
			RETORNO		
V.1.1	VÁLVULA 4/3	ORDENA A C.1	ACTIVA a		
			REPOSO		
			ACTIVA b		
V.2.1	VÁLVULA 4/2	ORDENA A C.2	REPOSO		
			ACTIVADA		
			ACTIVA a		
V.3.1	VÁLVULA 4/3	ORDENA A C.3	REPOSO		
			ACTIVA b		
			ACTIVA a		

Fig.4.1

(Ver pag. 59)

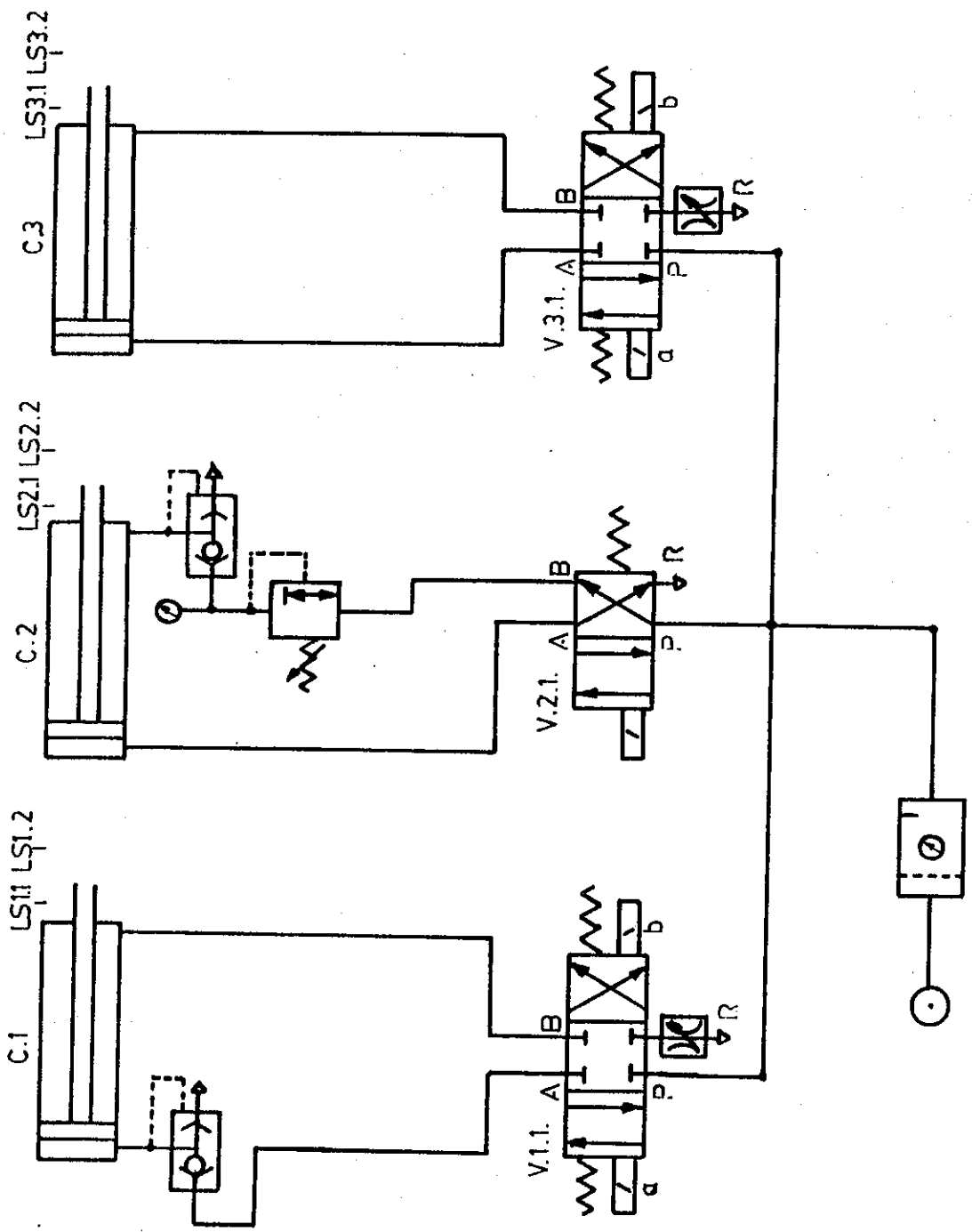


Fig. 4.2 CIRCUITO NEUMÁTICO

(Ver pag. 59)

4.2.3. DIAGRAMA DE MANDO ELÉCTRICO POR MICROPROCESADOR.

Los mandos eléctricos, permiten un mando a distancia sin pérdidas en la señal y con gran velocidad. Lo cual representa una gran ventaja comparados con los mandos neumáticos.

Actualmente, es difícil encontrar un diseño neumático de maquinaria que no considere a los mandos eléctricos como gran auxiliar. En la figura No.4.3, se encuentra el diagrama eléctrico de mando por microprocesador. El cual nos permite conocer como el microprocesador ejecuta su trabajo, mediante señales por posición (limit switch), recibidas del brazo neumático, y mediante su programación, éste tiende energizar y desenergizar los distintos solenoides, que actúan las distintas válvulas neumáticas, efectuando así el ciclo del brazo neumático.

En el diagrama espacio/tiempo (fig. 4.1), se puede ver cuando un solenoide es energizado y/o desenergizado, según la posición del brazo neumático.

Luego de terminado el ciclo del brazo neumático, el microprocesador envía una señal a la máquina, la cual consiste en que todas las operaciones fueron efectuadas, y que el ciclo de trabajo de la máquina puede iniciarse, esto se realiza con el dispositivo de cierre de prensa.

Este sistema de expulsión, permite automatizar el proceso de moldeo de plásticos por inyección, teniendo como objetivo, no interrumpir el proceso y mantener un ciclo constante de trabajo.

Por protección a intereses de la empresa, no se permite conocer el programa del microprocesador, elaborado por el especialista en sistemas computarizados.

Explicación de la operación del brazo neumático.

La operación está basada en los tres diagramas.

Se inicia la operación, estando el brazo neumático en posición de reposo, para lo cual el microprocesador recibe las señales que vienen de la máquina (automático y fin de prensa), con estas señales el solenoide 1.1 de la válvula 1.1 es energizado (posición a), con esto el cilindro 1 avanza verticalmente hacia abajo.

Terminada la carrera del cilindro 1, este activa el "limit switch" 1.2, el cual desenergiza el solenoide 1.1, con lo cual la válvula 1.1 queda en posición central, al mismo tiempo, es energizando el solenoide 2.1, con esto inicia la carrera del cilindro 2.

Terminada la carrera del cilindro 2, cuando se retrae, se activa el "limit switch" 2.1 (tomar en cuenta que el cilindro 2, es el sujetador y su vástago se encuentra externo, en posición de reposo). Este "limit switch"

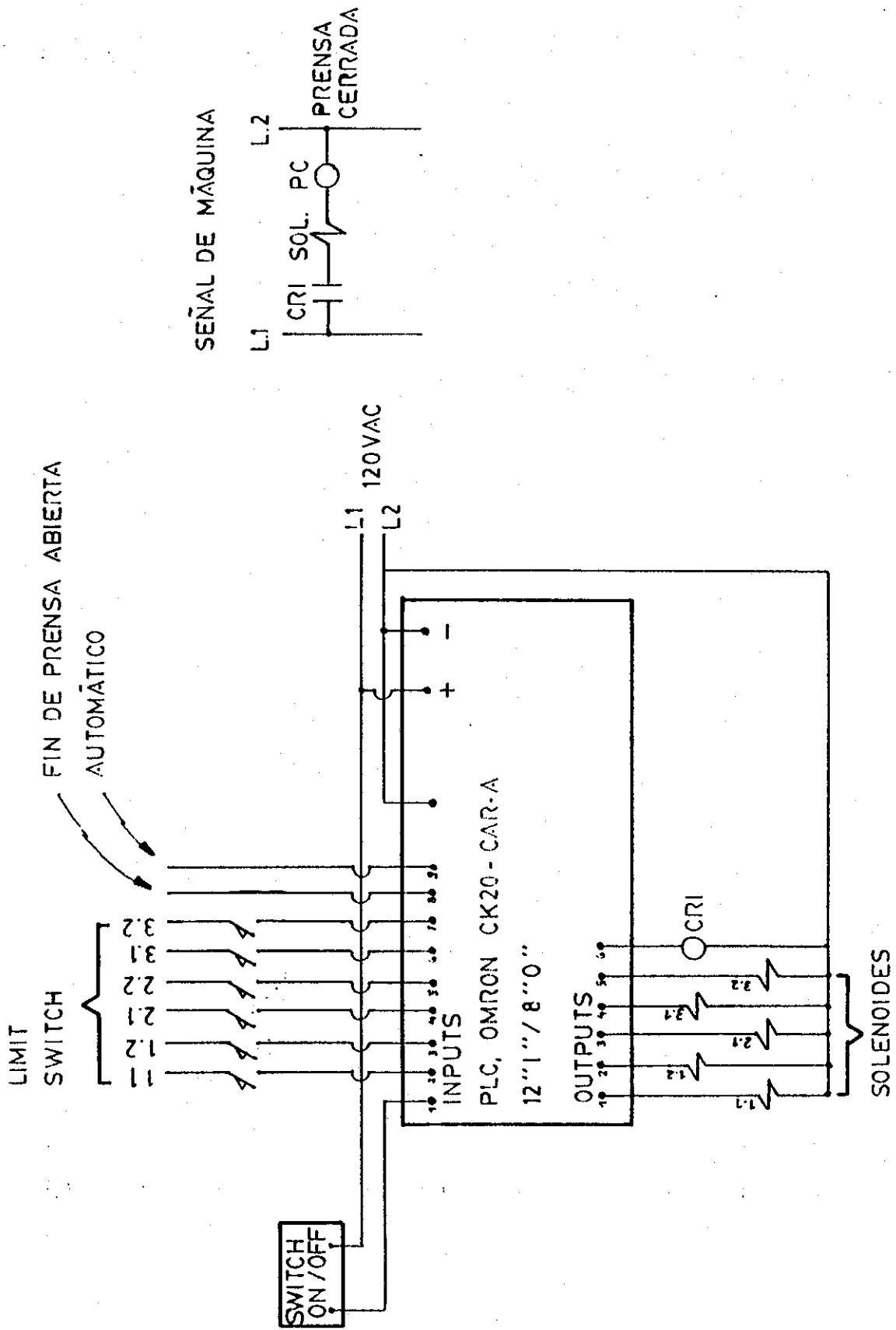


Fig. 4.3. DIAGRAMA ELÉCTRICO POR MICROPROCESADOR

(Ver pag. 62)

energiza el solenoide 3.1 (posición a, manteniéndose energizado el solenoide 2.1 de la válvula 2.1), con esto el vástago del cilindro 3, avanza horizontalmente hasta llegar al "limit switch" 3.2.

El "limit switch" 3.2, tiene las funciones instantáneas de: desenergizar el solenoide 3.1, el cual deja a la válvula 3.1 en posición central; desenergiza el solenoide 2.1, de la válvula 2.1, con lo cual el cilindro 2 avanza (liberación de la pieza), dejando la válvula 2.1 en reposo, normalmente abierta; y energizar el solenoide 1.2 (posición b), de la válvula 1.1, con lo cual se retrae el cilindro 1.

Al retraerse el cilindro 1, activa el "limit switch" 1.1, el cual tiene la función de desenergizar el solenoide 1.2, de la válvula 1.1, dejandola en posición central; y energizar el solenoide 3.2, que activa la válvula 3.1, que permite el retorno del cilindro 3, hasta el "limit switch" 3.1.

Activado el "limit switch" 3.1, termina el ciclo del brazo neumático, y se activa el inicio de cierre de prensa, para un nuevo ciclo de la máquina. Automatizando el proceso del moldeo por inyección de plásticos, sin interrumpir el proceso.

4.3. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO A UTILIZAR.

Luego de haber establecido el criterio del diseño del sistema de expulsión (brazo neumático), se sabe lo que se necesita para ejecutar este proyecto, con respecto al brazo neumático únicamente. Enumerado a continuación:

1. Un compresor de émbolo oscilante, de 2 etapas, con una fuerza de trabajo de 1 HP (disponible en la planta). Estas especificaciones del compresor fueron obtenidas en los cálculos del consumo de aire.
2. Una unidad de mantenimiento, que comprende:
 - Un filtro,
 - Un regulador de presión,
 - Un manómetro,
 - Un lubricador.
3. Un manómetro (adicional).
4. Dos válvulas 4/3 (cuatro vías y tres posiciones), en posición de reposo cerrado, con accionamiento eléctrico.
5. Una válvula 4/2 (cuatro vías y dos posiciones), con accionamiento eléctrico.
6. Una válvula reguladora de presión.
7. Dos válvulas de estrangulación regulable.

8. Dos válvulas de escape rápido.
9. Dos cilindros de doble efecto y un solo vástago.
10. Un cilindro de doble efecto y un solo vástago con su mecanismo agarrador.
11. Un microprocesador, marca OMRON, CK20, CAR-AC 120 VAC de 12 input/ 8 output.
12. Seis "limit switch" 120VAC.
13. Cinco solenoides 120VAC.
14. Base del brazo neumático.
15. Alzas para el brazo neumático.
16. Quijadas para sujeción.

4.4. CÁLCULOS DE LOS CILINDROS.

4.4.1. FUERZA DEL ÉMBOLO.

La fuerza ejercida por un elemento de trabajo depende de la presión de aire, del diámetro del cilindro y el rozamiento de las juntas.

La fuerza teórica del émbolo se calcula de la siguiente manera:

$$(4.a) \quad F_t = A * P$$

donde:

F_t = Fuerza teórica del émbolo (N)
 A = Superficie útil del émbolo (m^2)
 P = Presión de trabajo (kpa, $10^3 N/m^2$)

En la práctica es necesario conocer la fuerza real; para determinarla hay que tener en cuenta los rozamientos. En condiciones normales de servicio (presiones de 400 a 800kpa /4 a 8 bar), se puede suponer que las fuerzas de rozamiento representan de un 3 a un 20% de la fuerza calculada. Por lo que la fuerza del émbolo queda de la siguiente manera.

Para cilindro de simple efecto (en el avance).

$$(4.b) \quad F_n = A * P - (F_r - F_f)$$

Para cilindro de doble efecto (en avance).

$$(4.c) \quad F_n = A * P - F_r$$

Para cilindro de doble efecto (en el retorno).

$$(4.d) \quad F_n = A' * P - F_r$$

donde:

F_n = Fuerza efectiva o real de trabajo (N)
 A = Superficie útil del émbolo (m^2)

$$= \frac{(D^2 * 3.1416)}{4}$$

A' = Superficie útil del anillo del émbolo (m^2)

$$= \frac{(D^2 - d^2) * 3.1416}{4}$$

P = presión de trabajo (kpa, $10^3 N/m^2$)
 F_r = Fuerza de rozamiento (3-20%, o la que indique el fabricante) (N)
 F_f = Fuerza del muelle de recuperación (N)
 D = Diámetro del émbolo (m)
 d = Diámetro del Vástago (m)

4.4.2. CONSUMO DE AIRE.

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación.

El consumo de aire para un cilindro a una determinada presión de trabajo, se puede calcular de la siguiente forma.

Relación de compresión * Superficie del émbolo * Carrera

La presión total ejercida en un sistema neumático es la presión atmosférica más la presión de trabajo, que es la presión manométrica del sistema. Existe una relación entre la presión total y la presión atmosférica, a la cual se le llama relación de compresión.

La relación de compresión referida al nivel del mar se calcula de la siguiente manera.

$$R_c = [101.3 + \text{presión de trabajo (kPa)}] / 101.3$$

donde:

R_c = Relación de compresión
101.3 kPa = Es la presión atmosférica al nivel del mar

Por lo tanto el consumo de aire, queda expresado en los cálculos, en litros (aire aspirado) por minuto (l/min); y queda de la siguiente manera.

Para cilindro de simple efecto.

$$(4.e) \quad Q = L * N * A * R_c$$

Para cilindro de doble efecto.

$$(4.f) \quad Q = L * N * (A + A') * R_c$$

donde:

Q = Consumo total de aire (l/min, 10³cm³/min)

L = Longitud de carrera (cm)

N = Ciclos por minuto (min⁻¹)

A = Superficie útil del émbolo (cm²)
(mencionada anteriormente)

A' = Superficie útil del anillo del émbolo (cm²)
(mencionada anteriormente)

Rc = Relación de compresión

Nota: En los cilindros neumáticos de doble efecto, un ciclo corresponde a dos carreras, de avance y retorno.

Para el cálculo del consumo total real de aire en todo el sistema, se considera un 20% más sobre el valor calculado. Con esto se toma en cuenta los espacios muertos del sistema, como las manguera y ductos utilizados para el aire comprimido, vaciados dentro del cilindro, etc., que no ayudan en la carrera del émbolo.

4.4.3. CÁLCULOS DE LAS FUERZAS REALES DE AVANCE Y RETORNO DE LOS CILINDROS.

PARA EL CILINDRO 1.

Datos:

P = 8 bares = 800 kpa

D = 5.08 cm

d = 2.50 cm

Fr = Se tiene un rozamiento medio del 12%.

a) Cálculos para la fuerza efectiva o real de trabajo de avance del émbolo (Fn).

$$A = \frac{D^2 * 3.1416}{4} = \frac{5.08^2 * 3.1416}{4}$$

$$= 20.27 \text{ cm}^2 = 2.027 \text{ E-3 m}^2$$

$$A' = \frac{(D^2 - d^2) * 3.1416}{4} = \frac{(5.08^2 - 2.50^2) * 3.1416}{4}$$

$$= 15.36 \text{ cm}^2 = 1.536 \text{ E-3 m}^2$$

$$F_t = A * P = 2.027 \text{ E-3 m}^2 * 800 \text{ kPa} = 1.62 \text{ kN}$$

$$F_r = 0.12 * 1.62 \text{ kN} = 0.19 \text{ kN}$$

$$F_n = A * P - F_r = 2.027 \text{ E-3 m}^2 * 800 \text{ kPa} - 0.19 \text{ kN} \\ = 1.43 \text{ kN}$$

b) Cálculos para la fuerza real de tracción del émbolo en el retorno (Fn).

$$F_t = A' * P = 1.536 \text{ E-3 m}^2 * 800 \text{ kPa} = 1.2288 \text{ kN}$$

$$F_r = 0.12 * 1.2288 \text{ kN} = 0.15 \text{ kN}$$

$$F_n = A' * P - F_r = 1.536 \text{ E-3 m}^2 * 800 \text{ kPa} - 0.15 \text{ kN} \\ = 1.079 \text{ kN}$$

Los cálculos de las fuerza reales de avance y retorno de los cilindros 2 y 3, se calculan de la misma forma, en que se calcularon para el cilindro 1. Por lo que las respuestas vienen de la siguiente manera:

PARA EL CILINDRO 2.

Datos:

$$P = 5 \text{ bar} = 500 \text{ kPa}$$

$$D = 3.98 \text{ cm}$$

$$d = 2.06 \text{ cm}$$

$$F_r = \text{Se tiene un rozamiento de } 8\%$$

a) Resultados del cálculos para determinar la fuerza efectiva o real de trabajo de avance del émbolo (Fn).

$$A = 12.44 \text{ cm}^2$$

$$A' = 9.11 \text{ cm}^2$$

$$F_t = 0.622 \text{ kN}$$

$$F_r = 0.05 \text{ kN}$$

$$F_n = 0.572 \text{ kN}$$

b) Resultados de los cálculos para la fuerza real de tracción del émbolo en el retorno (Fn).

$$F_t = 0.4555 \text{ kN}$$

$$F_r = 0.036 \text{ kN}$$

$$F_n = 0.42 \text{ kN}$$

PARA EL CILINDRO 3.

El cilindro 3, es el mismo modelo que el cilindro 1, por lo que las fuerzas reales del émbolo, tanto de avance como de retorno son las mismas.

4.4.4. CÁLCULOS DEL CONSUMO TOTAL DE AIRE DEL SISTEMA.

Como se vio anteriormente, el consumo real total de aire, viene establecido de la siguiente manera:

Consumo real total = consumo de total de los cilindros +
consumo de accesorios (20% del consumo
total de los cilindros)

Por lo tanto se inicia con el cálculo del consumo de
aire de cada cilindro.

PARA EL CILINDRO 1 (Q₁).

Datos:

$$P = 8 \text{ bar} = 800 \text{ kPa}$$

$$D = 5.08 \text{ cm}$$

$$d = 2.50 \text{ cm}$$

$$L = 91.44 \text{ cm}$$

$$N = 0.97 \text{ ciclos por minuto}$$

El consumo de aire para el cilindro 1, se calcula de la
siguiente manera.

$$A = \frac{D^2 * 3.1416}{4} = \frac{5.08^2 * 3.1416}{4}$$

$$= 20.27 \text{ cm}^2$$

$$A' = \frac{(D^2 - d^2) * 3.1416}{4} = \frac{(5.08^2 - 2.50^2) * 3.1416}{4}$$

$$= 15.36 \text{ cm}^2$$

$$R_c = \frac{101.3 \text{ kPa} + 800 \text{ kPa}}{101.3 \text{ kPa}} = 8.9$$

$$Q_1 = L * N * (A + A') * R_c$$

$$= 91.44 \text{ cm} * 0.97 \text{ min}^{-1} * (20.27 \text{ cm} + 15.36 \text{ cm}) * 8.9$$

$$= 28,126.37 \text{ cm}^3/\text{min} = 28.126 \text{ l/min}$$

PARA EL CILINDRO 2 (Q₂).

Datos:

$$P = 4 \text{ bar} = 400 \text{ kPa}$$

$$D = 3.98 \text{ cm}$$

$$d = 2.06 \text{ cm}$$

$$L = 1.59 \text{ cm}$$

$$N = 0.97 \text{ ciclos por minuto}$$

Resultados del los cálculos para obtener el consumo de aire en el cilindro 2 (Q_2).

$$\begin{aligned} A &= 12.44 \text{ cm}^2 \\ A' &= 9.11 \text{ cm}^2 \\ R_c &= 4.9 \\ Q_2 &= 0.163 \text{ l/min} \end{aligned}$$

PARA EL CILINDRO 3 (Q_3).

El cilindro 3, es el mismo modelo que el cilindro 1, por lo que el consumo viene siendo igual.

$$Q_1 = Q_3 = 28.126 \text{ l/min}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo total} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 = 28.126 + 0.163 + 28.126 \\ &= 56.415 \text{ l/min} \end{aligned}$$

$$\text{Consumo de accesorios} = 0.20 * 56.415 = 11.283 \text{ l/min}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo total real} &= \text{Consumo total} + \text{consumo de accesorrios} \\ &\text{(del sistema)} \\ &= 56.415 + 11.283 \\ &= 67.698 \text{ l/min.} \\ &= 67.698 \text{ l/min} * \frac{1 \text{ gal.}}{3.785 \text{ l.}} * \frac{0.1337 \text{ pies}^3}{1 \text{ gal.}} \\ &= 2.39 \text{ pies}^3/\text{min.} \end{aligned}$$

Conociendo el consumo de aire total del sistema y la presión máxima de trabajo, se puede saber de que tamaño y que tipo de máquina para óptimo servicio debe ser el compresor.

El compresor se especifica por el número de etapas, los HP requeridos y la capacidad recomendada para el tanque receptor.

Un aspecto a considerar es si el compresor debe ser de una o dos etapas para sus necesidades. He aquí algunos datos aplicables a la mayoría de los compresores.

Una etapa.

1. El costo inicial es menor
2. Baja presión (menos de 150 psi)
3. Adecuado para servicio intermitente
4. No es tan eficiente (menos de 70%)
5. El costo de operación es un poco más alto
6. El costo de mantenimiento es algo mayor

Dos etapas.

1. Construido para mayor duración
2. La eficiencia suele ser mayor (más del 75%)

3. Es mejor para servicio continuo
4. Para alta presión (más de 150 psi)
5. Requiere menos mantenimiento
6. Ahorra hasta 25% de energía eléctrica

Un trabajo que requiera una descarga de aire, una vez por minuto durante 10 ó 15 segundos, se aproxima al servicio continuo.

Como se sabe el ciclo del sistema es de .97 por minuto, ésto establece que el "servicio sea continuo".

La presión máxima de trabajo en este sistema de expulsión, es alrededor de 150 psi; por lo que nos permite entre ésta y otras cosas seleccionar un compresor de "dos etapas"; según los aspectos que consideramos anteriormente.

En conclusión, se sabe que el servicio de este sistema es continuo, el cual es de 2.39 pies³/min.; con una presión máxima de 150 psi..

Según la tabla No.4.2 (Fuente: equipos industriales; ver referencias), en la primera columna, se especifica la intercalación y corte del compresor la cual es de 120-150 psi., con lo cual indica que se puede optar por un compresor de 1 HP. En la segunda columna se encuentra el aire continuo, y como el consumo continuo del sistema esta entre 2.2 y 2.9 p³/min., esto especifica un compresor de 1 HP y de una etapa. Ahora; podría escogerse un compresor de 2 etapas, según los aspectos que consideramos anteriormente, donde se comparan los compresores de una y dos etapas.

Por lo que requiere un compresor de 2 etapas y 1 HP.

La capacidad del tanque receptor, se establece según los caballos de fuerza del compresor, que para este caso es de 1 HP. En la tabla 4.3, se da el tamaño del tanque en (galones), el cual es de 60 gls.

4.5. INSTALACION.

El brazo neumático puede desempeñar mejor su funcionamiento montado en la platina móvil (para éste caso), debido a que, como se explicó anteriormente, el bote basurero de 20 gls., queda sujeto en la parte móvil del molde, por lo que es mucho más fácil el desmoldeamiento si el brazo se encuentra instalado sobre la platina móvil, dedibo a que las longitudes de carrera de los cilindros no son demasiado largas, por ende, la extracción y expulsión del bote basurero de 20 gls. se puede realizar más eficiente y eficaz. Por lo que los movimientos que tiene que realizar el brazo neumático, mencionados e ilustrados anteriormente, están diseñados para que funcione sobre la platina móvil.

TABLA 4.2
TAMAÑO Y TIPO DE MAQUINA PARA OPTIMO SERVICIO

INSTALACIÓN Y CORTE DEL COMPRESOR (PSI)	AIRE CONTINUO UTILIZADO (P ³ /MIN. TOTALES)	HP REQUERIDOS EN EL COMPRESOR	
		DOS ETAPAS	UNA ETAPA
70 - 100	HASTA 1.9		1/2
	2.0 - 3.0		3/4
	3.1 - 3.9		1
	HASTA 4.2	1	
70 - 100	4.0 - 5.8		1 1/2
	4.3 - 6.4	1 1/2	
	5.9 - 7.6		2
	6.5 - 8.7	2	
70 - 100	8.8 - 13.2	3	
	13.3 - 20.0	5	
	20.1 - 29.2	7 1/2	
	29.3 - 40.0	10	
120 - 150	HASTA 1.1		1/2
	1.2 - 2.1		3/4
	2.2 - 2.9		1
	Up - 3.6	1	
120 - 150	3.0 - 4.3		1 1/2
	3.7 - 5.7	1 1/2	
	4.4 - 5.7		2
	5.8 - 7.4	2	
120 - 150	7.5 - 11.2	3	
	11.3 - 17.3	5	
	17.4 - 27.0	7 1/2	
	27.1 - 37.0	10	
145 - 175	HASTA 3.4	1	
	3.5 - 5.3	1 1/2	
	5.4 - 6.9	2	
	7.0 - 10.4	3	
145 - 175	10.5 - 17.0	5	
	17.1 - 26.4	7 1/2	
	26.5 - 35.3	10	

- a) Estas cifras no se deben considerar como capacidad real del compresor en volumen de aire libre. Se ha utilizado un factor para tener en cuenta la operación intermitente.
- b) Usar estas cifras cuando la naturaleza del aparato es tal que requiere suministro continuo de aire comprimido en su operación normal. Las cifras representan el aire libre real entregado por los compresores listados.

(Ver pág. 71)

TABLA 4.3.
CAPACIDAD RECOMENDADA PARA EL TANQUE RECEPTOR

CABALLOS DE FUERZA DEL COMPRESOR	TAMAÑO DEL TANQUE (EN GALONES)
1/2	30
3/4	30
1	60
1 1/2	60 o 80
2	80
3	80
5	80
7 1/2	120
10	120

NOTA: Usar dos tanques aumenta la eficiencia y da un mejor control de humedad. Esto se logra duplicando la capacidad hasta 1 1/2 veces los HP y añadiendo otro tanque de 60 galones a todos los compresores hasta los 10 HP inclusive.

La base del brazo neumático, se ilustra en la figura No.4.4, donde:

1. Asentamiento del cilindro 3.
2. Ranura para la sujeción de la base a la platina móvil, ajustable horizontalmente.
3. Ranura para la sujeción del cilindro 3, mediante pernos, ajustable horizontalmente.
4. Alzas para ajustar la altura del brazo neumático si es necesario.

El diseño de la base para la sujeción del brazo neumático, se estableció según:

- Se necesita asentar y asegurar la base del cilindro 3, para que ejecute sus movimientos con toda libertad y seguridad.
- Se establecen alzas para permitir un ajuste de la altura a la cual tiene que permanecer en reposo el brazo neumático.
- Se establece ajuste horizontal, para que el brazo actúe, en una determinada posición.

Las quijadas del agarrador, se ilustra en la figura No.4.5, donde:

1. Guía para el ajuste horizontal.
2. Agujeros para la sujeción de la quijada al agarrador.
3. Pernos para la sujeción de las guías horizontal y vertical.
4. Almoadillas para la sujeción directa de la pieza.
5. Guía para el ajuste vertical.

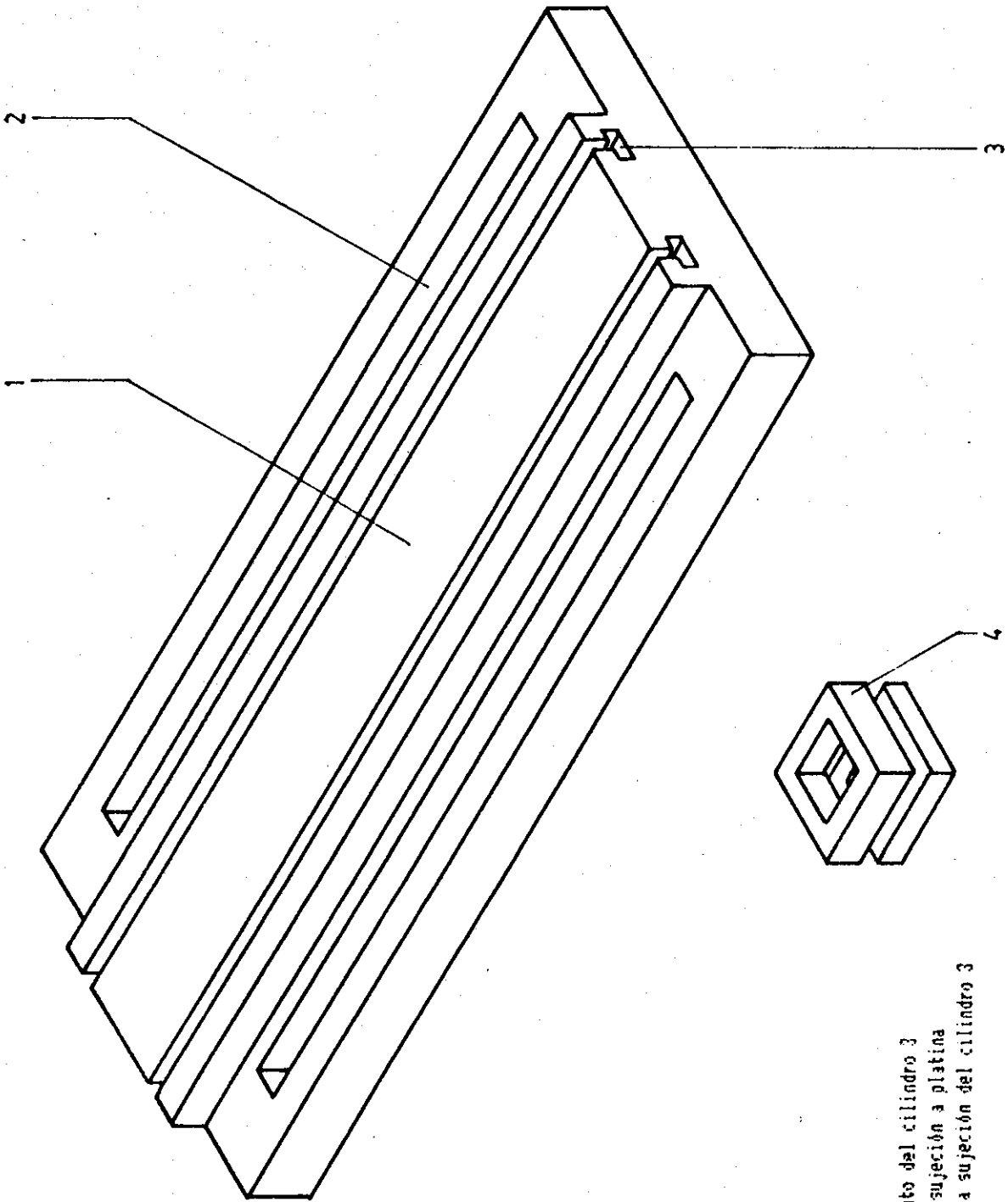
El diseño de las quijadas, se hizo con base en lo siguiente:

- La forma de la pieza.
- Se necesita una apertura de las quijadas, lo necesario para que sujete y libere satisfactoriamente la pieza. Por lo que tiene que ser ajustable.
- Se necesitan almoadillas u otro material adecuado, para sujetar directamente la pieza, con el fin de no dañarla al ser sujeta.
- Se necesita también un ajuste en la altura de las quijadas, para que la pieza sea sujeta correctamente.

En la figura No.4.6 se ilustra la instalación del brazo neumático sobre la platina móvil.

CAPITULO 5

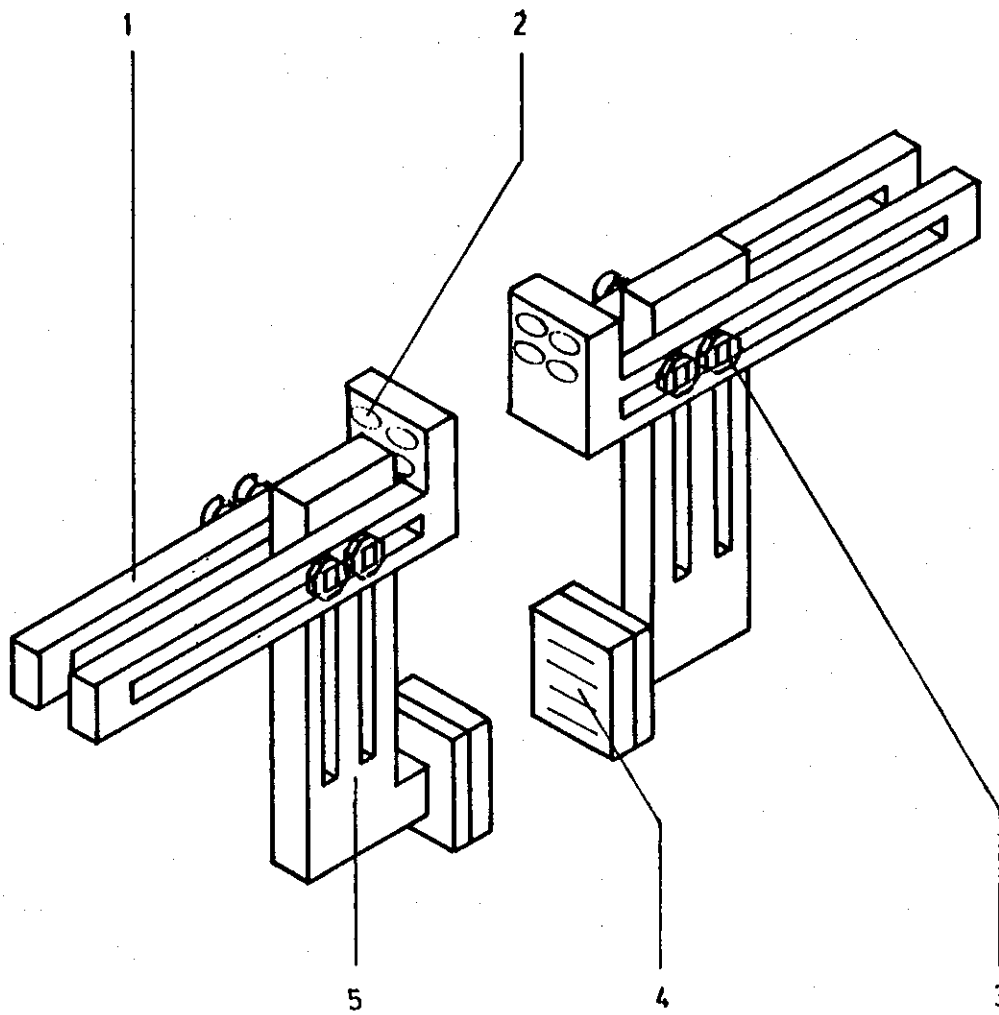




- 1. Asentamiento del cilindro 3
- 2. Ranura de sujeción a platina
- 3. Ranura para sujeción del cilindro 3
- 4. Alzas

Fig. 4.4. BASE DEL BRAZO NEUMÁTICO

(Ver pág. 74)



- 1. Guía para ajuste horizontal
- 2. Agujeros para sujeción al agarrador
- 3. Pernos
- 4. Almoadillas
- 5. Guías para ajuste vertical

Fig.4.5. QUIJADAS DEL BRAZO NEUMÁTICO

(Ver pág. 74)

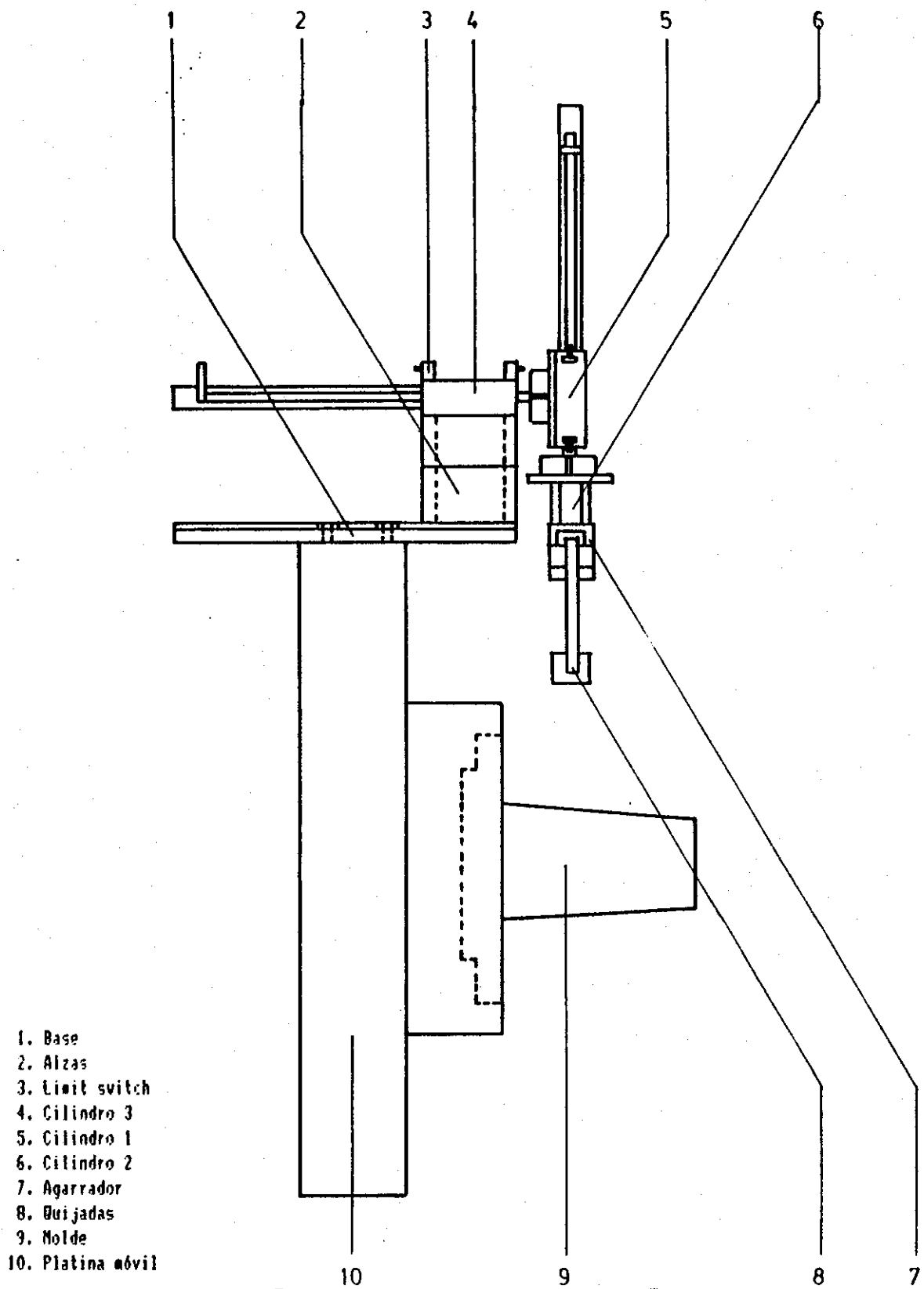


Fig.4.6. INSTALACIÓN DEL BRAZO NEUMÁTICO SOBRE LA PLATINA MÓVIL (Ver pág. 74)

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de los resultados, se estudiarán de acuerdo al ciclo de trabajo, el cual incluye el ciclo del sistema de expulsión (brazo neumático).

El sistema de expulsión que se diseño para la expulsión satisfactoria del moldeo por inyección, tiene como objetivos:

- Aumentar el rendimiento de la máquina
- Aumentar la productividad

Conociendo el rendimiento de la máquina y la productividad, podemos obtener una comparación más efectiva del proceso semi-automático y el proceso automático (utilizando el sistema de expulsión - brazo neumático), con base en lo siguiente:

- Ciclo de trabajo
- Rendimiento de la máquina
- Productividad
- Comparación del proceso semi-automático y automático
- Rentabilidad

5.1. CICLO DE TRABAJO.

Las variaciones en el ciclo de trabajo, provienen regularmente del sistema de expulsión. Por lo que se analizará únicamente, la etapa de expulsión.

5.1.1. ETAPA DE EXPULSIÓN EN MODO SEMI-AUTOMÁTICO.

La etapa de expulsión semi-automática, tiene la necesidad de un maquinista, quien es el que extrae la pieza de la máquina. La etapa de expulsión semi-automática se escribe a continuación.

5.1.1.1. APERTURA COMPLETA.

En modo semi-automático, es necesario el uso de un maquinista que pueda entrar a la máquina, para luego recibir la pieza.

La puerta que permite el acceso del maquinista, se abre únicamente hasta que el molde termine su carrera de apertura completa, para seguridad del maquinista; no se le permite al maquinista el acceso al interior de la máquina para recibir la pieza, cuando ésta se encuentra en movimiento, ya que podría ocasionar accidentes. Esta condición repercute en el ciclo de la máquina; por lo tanto, el maquinista toma la pieza y la extrae del molde.

5.1.1.2. EXPULSIÓN.

La expulsión, para este molde en particular, se realiza hasta que el molde se encuentra completamente abierto. Un sistema de expulsión neumático, accionado eléctricamente,

permite desprender el bote del macho (parte móvil del molde); luego el maquinista toma la pieza y la extrae del molde. El maquinista puede reiniciar el ciclo de trabajo accionando un botón pulsador el cual activa el cierre de la puerta de acceso, y esto a su termino, el cierre de la prensa.

5.1.2. ETAPA DE EXPULSIÓN EN MODO AUTOMÁTICO.

Existen variaciones respecto al modo semi-automático, puesto que en el modo automático se empleará un brazo automatizado para la expulsión (sin la intervención del maquinista).

5.1.2.1. APERTURA NECESARIA.

Se denomina así al espacio o distancia mínima entre las caras de los moldes (fija y móvil), que permite la caída libre del producto en la expulsión.

Debido a la intervención del brazo automatizado, la apertura necesaria se reduce respecto a la apertura total o completa de la prensa, puesto que no necesita abrir adicionalmente para que se introduzca el maquinista.

5.1.2.2. EXPULSIÓN.

El sistema de expulsión está dividida en tres etapas, las cuales se describen a continuación:

1. Expulsión inherente a la máquina.

El procesador de la máquina proporciona las señales (o mandos) necesarios para accionar los dispositivos eléctricos de expulsión inherentes al molde. Estas señales son programables.

2. Expulsión inherente al molde.

El sistema de expulsión inherente al molde, corresponde a válvulas neumáticas de accionamiento eléctrico. Estas válvulas al activarse permiten el paso de aire comprimido hacia el interior del molde y rompiendo el vacío generado en su interior; logrando así el desprendimiento de la pieza del macho de la parte móvil del molde, para que pueda ser extraída y expulsada fácilmente la pieza, mediante el uso del brazo neumático.

3. Expulsión mediante el brazo neumático.

El brazo neumático sustituye al maquinista en la etapa de extracción, evitando así riesgos innecesarios al maquinista, así como un ciclo constante de trabajo, lo cual permite también que la máquina trabaje completamente automática y en un ciclo más corto.

A continuación se describen los pasos que ejecuta el brazo neumático:

- a) Inicialmente, se aproxima (en sentido vertical) el mecanismo hacia la pieza.
- b) Luego el sujetador prensa moderadamente la pieza, con el fin de trasladarla horizontalmente.
- c) Después que se ha sujetado la pieza correctamente, tiene la función de trasladar la pieza hasta el punto donde se libera, para que pueda caer sin dificultad, hacia una fosa debajo de la máquina; terminando así la expulsión de la pieza.
- d) Finalizada la etapa de expulsión, inicia el retorno del brazo neumático, en orden inverso de las etapas anteriores. Finalizando el retorno del brazo neumático, se activa el mando que habilita el cierre del molde.

5.2. RENDIMIENTO DE LA MÁQUINA.

Con la utilización del brazo neumático de expulsión, se automatiza el proceso, con lo que se tiene un mejor funcionamiento de la máquina.

Cuando se automatiza generalmente se uniformiza el ciclo de trabajo.

Para efecto de comparación del rendimiento de la máquina, se comparan, el tiempo total que le lleva a la máquina en producir cierta cantidad de piezas, en modo semi-automático y modo automático.

La fórmula (5.a) siguiente permite conocer el tiempo total que le lleva a la máquina en producir cierta cantidad de piezas en modo automático.

$$(5.a) \quad T_t = \frac{T * X}{3600 * Y}$$

donde:

- T = Tiempo del ciclo de trabajo (segundos)
- X = Número de piezas a producir (unidades)
- Y = Número de piezas que produce el molde (unidades)
- Tt = Tiempo total (horas)
- 3,600 = Es una conversión de segundos a horas

El ciclo de trabajo semi-automático, implica el uso del maquinista, con lo cual el ciclo "no" es constante.

Es necesario usar una tabulación de ciclos y usar el ciclo promedio para el cálculo del tiempo total que le lleva a la máquina en producir cierta cantidad de piezas. En la tabla 5.1 se presenta la tabulación y el promedio del ciclo de trabajo resultante en modo semi-automático. Sustituyendo en la fórmula 5.a, T por Tp (tiempo promedio), se obtiene el tiempo total en modo semi-automático, y la fórmula queda de la siguiente manera:

TABLA 5.1
TABULACION DE CICLOS REALES Y SU CICLO PROMEDIO (SEGUNDOS)

No. DE CICLOS	CICLO REAL (SEGUNDOS)
1	62
2	60
3	59
4	62
5	65
6	60
7	65
8	60
9	64
10	59
11	70
12	59
13	60
14	65
15	60

	930
PROMEDIO (Tp) = 62 Segundos	

$$(5.b) \quad T_t = \frac{T_p * X}{3600 * Y}$$

Por lo tanto, mediante un ejemplo de producción, se puede diferenciar el tiempo total que le lleva a la máquina para producir, en modo semi-automático y automático.

Ejemplo de una producción:

Se necesita producir 5,000 piezas del molde bote basurero 20 gls.. Sabiendo que cuando se produce en modo semi-automático el ciclo promedio es de 62 segundos (ver tabla 5.1) y que en modo automático el ciclo es de 58 segundos (utilizando el brazo neumático). Cuál es el tiempo total de cada modo y cuál es su diferencia; sabiendo que el molde es de una sola cavidad.

Solución:

a) Tiempo total en modo semi-automático.

Datos:

Tp = 62 segundos
 X = 5,000 unidad
 Y = 1 unidad

Sustituyendo datos en la fórmula 5.b, tenemos que:

$$T_t = \frac{62 \text{ seg} * 5,000 \text{ unidades}}{3,600 * 1 \text{ unidad}}$$

Resultado:

Tt = 86.11 horas = 86 horas 6 minutos y 40 seg.

Nota: Este valor corresponde al tiempo empleado en la producción de 5,000 piezas, asumiendo que el 100% del lote se aceptó.

b) Tiempo total en modo automático.

Datos:

T = 58 segundos
 X = 5,000 unidades
 Y = 1 unidad

Sustituyendo los datos en la fórmula 5.a, tenemos que:

$$T_t = \frac{58 \text{ seg} * 5,000 \text{ unidades}}{3,600 * 1 \text{ unidad}}$$

Resultado:

$T_t = 80.55$ horas = 80 horas 33 minutos y 20 seg.

Nota: igual a la anterior.

c) Diferencia.

Luego de hacer los cálculos del tiempo que le lleva a la máquina en producir las 5,000 unidades, tanto en modo semi-automático como en modo automático, podemos hacer una diferencia de los tiempos y ver la eficiencia que se tiene al automatizar el proceso del moldeo por inyección.

Tiempo de producción semi-automático	=	86.11 seg.
Tiempo de producción automático	=	80.55 seg. -

		5.56 seg.

El tiempo de producción en modo automático es más corto que en modo semi-automático, con lo que estamos produciendo la misma cantidad de piezas en un tiempo más corto; además disminuimos el costo de producción, al utilizar menos energía para producir la misma cantidad de piezas, por lo tanto, es más rentable producir en modo automático.

Tomar nota que cuando se trabaja en modo semi-automático, la inconsistencia del ciclo de trabajo provoca más piezas defectuosas, que en modo automático.

5.3. PRODUCTIVIDAD.

5.3.1. DEFINICIÓN DE PRODUCTIVIDAD.

Es la relación que existe entre el costo de bienes y servicios en un periodo o estado determinado, y los costos de insumos gastados para lograrla. Se determina de la siguiente manera:

$$(5.c) \quad P_d = \frac{C_p}{C_i}$$

donde:

P_d = Productividad

C_p = Costo del producto (Q.)

C_i = Costo de insumos (Q.)

Insumos.

Es el factor de producción, es decir, los medios empleados para conseguir la producción. Entre ellos se tienen:

1. Materia prima

2. Energía y combustible
3. Mano de obra
4. Capital de instalaciones, maquinaria y equipo

Índice de productividad.

Es el cociente entre el índice de costos de productos, sobre el índice de costos de insumos en un determinado periodo o estado y el índice de costos de productos, sobre el índice de costos de insumos de otro periodo o estado. De manera que la expresión queda de la siguiente forma:

$$(5.d) \quad I_p = \frac{Pd2}{Pd1}$$

donde:

I_p = Índice de productividad

$Pd1$ = Costos del producto 1 / costos de insumos 1 (Q)

$Pd2$ = Costos del producto 2 / costos de insumos 2 (Q)

Tasa de crecimiento de la productividad.

Si al índice de productividad se le resta 1, y el resultado se multiplica por 100, se obtiene la tasa de crecimiento de la productividad en el periodo o estado considerado. Expresada de la siguiente manera:

$$(5.e) \quad T_{cp} = (I_p - 1) * 100$$

donde:

T_{cp} = Tasa de crecimiento de la productividad

Conociendo el concepto de productividad, los cálculos necesarios para determinar los índices de productividad y la tasa de crecimiento de productividad, podemos aplicarlas a la productividad que obtenemos en la automatización del proceso de moldeo por inyección de termoplásticos.

5.3.2. CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD.

El cálculo de la productividad para la comparación del proceso de moldeo por inyección en modo semi-automático y automático viene de la siguiente manera.

Suposiciones:

1. Se necesitan producir 5,000 unidades.
2. Se consideran 2 procesos.
 - Proceso semi-automático.
El cual tiene un ciclo promedio de trabajo de 62 segundos por unidad; por lo que el tiempo que le lleva en producir las 5,000 unidades es 86.11 horas.
 - Proceso automático.
El ciclo de trabajo en modo automático es de 58 segundos, por tanto, las 5,000 unidades se producirán

en 80.55 horas.

3. El costo fijo (materia prima, colorantes, equipo, etc.) en producir cada unidad, es de Q.20.00.
4. El costo variable (mano de obra, eléc., etc) es de Q.10.00/hora.

Necesitamos saber cuál es la tasa de crecimiento, al automatizar el proceso.

Realizando un cuadro de explotación tenemos:

PRODUCTO: BASURERO 20 GLS. BOTE	MODO SEMI-AUTOMATICO	MODO AUTOMATICO
COSTOS FIJOS:	5,000 u a Q.20.00 c/u = Q.100,000.00	5,000 u a Q.20.00 c/u = Q.100,000.00
COSTOS VARIABLES	86.11 hrs * $\frac{Q.10.00}{hr}$ = Q.861.10	80.55 hrs * $\frac{Q.10.00}{hr}$ = Q.805.50

CALCULOS:

Productividad de trabajo en modo semi-automático (Pd1).

$$Pd1 = \frac{Cp1}{Ci1} = \frac{Q.100,000.00}{Q.861.10} = 116.13$$

Productividad de trabajo en modo automático (Pd2).

$$Pd2 = \frac{Cp2}{Ci2} = \frac{Q.100,000.00}{Q.805.50} = 124.15$$

Índice de productividad (Ip).

$$Ip = \frac{Pd2}{Pd1} = \frac{124.15}{116.13} = 1.07$$

Tasa de Crecimiento (Tc).

$$Tc = (I_p - 1) * 100 = (1.07 - 1) * 100 = 7\%$$

Por lo que se tiene un crecimiento del 7%.

5.4. COMPARACIÓN DEL PROCESO SEMI-AUTOMÁTICO Y AUTOMÁTICO.

La comparación de los procesos semi-automático y automático, la haremos principalmente en base al ciclo de trabajo, rendimiento de la máquina y su productividad.

Como se vio anteriormente, al automatizar el proceso, tenemos:

1. Un ciclo de trabajo constante. Al automatizar el proceso se tiene una producción más alta de piezas buenas.
2. Al automatizar, se reduce el costo de la depreciación de la máquina inyectora por unidad producida. El costo se distribuye entre un mayor número de unidades.
3. En menos tiempo de producción implica más piezas buenas y por lo tanto más disponibilidad de máquina.

5.5. COSTOS DE INVERSIÓN.

El valor económico de éste proyecto, es definitivamente alto, ya que no sólo se invierte en la compra del equipo a utilizar, sino que, se tienen que tomar en cuenta la mano de obra para la instalación y su mantenimiento.

Los costos de equipo a utilizar y otros se escriben a continuación:

- 2 cilindros de doble efecto.....Q.	3,000.00
- 1 cilindro de doble efecto (sujetador).....Q.	1,200.00
- La base del brazo.....Q.	1,000.00
- 3 Alzas.....Q.	300.00
- Quijadas.....Q.	2,000.00
- 1 Microprocesador, marca OMRON, CK20, CAR-AC de 12 input/8 output.....Q.	2,700.00
- Programación del Micro, más instalación, más caja.....Q.	2,000.00
- 6 limit switch.....Q.	1,200.00
- 2 válvulas 4/2.....Q.	1,190.00
- 1 válvula 3/2.....Q.	495.00
- 2 válvulas de estrangulación.....Q.	280.00
- 2 válvulas de escape rápido.....Q.	540.00
- 1 unidad de mantenimiento.....Q.	1,375.00
- 60 mts. de alambre (Q.1.50 c/mt.).....Q.	90.00
- 14 coplas (Q.25.0 c/u).....Q.	350.00
- 30 mts de ducto flexible (Q.3.0 c/mt.).....Q.	90.00
total.....Q.	17,810.00

5.6. RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.

Como se mencionó anteriormente la inversión es autofinanciable, en un tiempo relativamente corto. La recuperación del capital, se podrá observar en el aumento de la velocidad de producción y la reducción de desechos al tener un ciclo constante de operación. Los beneficios que se tienen son los siguientes, además de los mencionados en los costos de inversión.

1. Reducción de los costos directos. Son los que están directamente involucrados en el proceso de producción, como lo son:

- Consumo de energía eléctrica. La máquina consume menos energía eléctrica, cuando trabaja en modo automático, debido a que produce cierta cantidad de piezas en menos tiempo, que en modo semi-automático.
- Mano de obra y prestaciones del operador. En una jornada normal o turno de trabajo, con un salario determinado, se obtiene mayor cantidad de piezas buenas producidas, esto implica un menor costo por envase en concepto de mano de obra.
- Materia prima de producción. se ahorra al disminuir los desechos, provocados por la producción de piezas defectuosas.
- Depreciación de la máquina. Se mejora la disminución del valor o precio de la máquina, debido a que la producción de una cantidad de piezas, se más eficiente.

2. Costos indirectos. Estos son los costos más difíciles de cuantificar, pero en definitiva también disminuyen. Algunos de éstos costos son: salarios del personal administrativo, mantenimiento, control de calidad, limpieza, etc.. En general existe una cantidad de gastos indirectos que disminuyen al mejorar la productividad.

Ejemplo para la recuperación de la inversión:

La implementación del brazo neumático, permite la automatización del ciclo de trabajo de la máquina.

Como sabemos, en el cálculo de la productividad, se tiene un ciclo más corto produciendo en modo automático que en modo semi-automático; esto permite un crecimiento de la productividad, el cual para éste ejemplo es del 7%, por lo que estamos produciendo más unidades (botes) por día en modo automático que en modo semi-automático.

La ganancia por unidad (bote) que la empresa adquiere por venta es de Q10.00 por unidad.

En el rendimiento de la máquina se calculó el tiempo total que le lleva a la máquina en producir 5,000 unidades tanto en modo semi-automático como en modo automático, con estos resultados podemos obtener la producción y la ganancia de unidades por día respectivamente (asumiendo que no hubo producción defectuosa).

Modo semi-automático.

$$\text{u/día} = \frac{5,000 \text{ unidades} * 24 \text{ horas}}{86.11 \text{ horas}} = 1,393$$

$$\text{ganancia} = (1,393 \text{ u/día}) * (\text{Q.}10.00/\text{u}) = \text{Q.}13,930.00 / \text{día}$$

Modo automático:

$$\text{u/día} = \frac{5,000 \text{ unidades} * 24 \text{ horas}}{80.55 \text{ horas}} = 1,489$$

$$\text{ganancia} = (1,489 \text{ u/día}) * (\text{Q.}10.00/\text{u}) = \text{Q.}14,890.00 / \text{día}$$

$$\begin{aligned} \text{Aumento de la ganancia} &= (\text{Q.}1,489.00 - \text{Q.}1,393.00) / \text{día} \\ &= \text{Q.}96.00 \text{ por día} \end{aligned}$$

Por lo que la recuperación de la inversión se dará en aproximadamente:

$$\text{Tiempo de recuperación} = \frac{\text{Q.}17,810.00}{\text{Q.}96.00} = 185.52 \text{ días}$$

Nota: Este es solo un ejemplo de la recuperación de la inversión, por supuesto, tienen que tomarse todos los costos fijos y variables, por ejemplo: mano de obra, electricidad, materia prima, etc.. Los cálculos son teóricos.

CONCLUSIONES

1. En cualquier proceso de moldeo de materiales termoplásticos debe considerarse cuatro factores importantes para la obtención de una alta rentabilidad, los cuales son: resina plástica, tipo de máquina, tipo de molde y el control de las variables del proceso. El correcto ajuste de las variables para el control de la máquina, permitirá la fabricación satisfactoria de productos plásticos.
2. Conociendo las partes principales de una máquina inyectora y su funcionamiento, se tiene mejor control de las variables de operación, con el fin de producir más piezas buenas.
3. Todas las máquinas inyectoras de termoplástico, son capaces de funcionar sin maquinista, y la mayoría de los moldes pueden funcionar automáticamente. Algunos moldes (por diseño) necesitan la ayuda de un maquinista para extraer el producto moldeado; la introducción de una persona al ciclo de trabajo, hace a éste semi-automático.
4. El entrenamiento de operadores es muy importante en todas las operaciones; no se puede acentuar que el maquinista debe convertirse en parte de la máquina y por lo tanto, en parte del ciclo. Debe siempre existir programas de entrenamiento para que el maquinista tenga en mente dos conceptos: mantener el paso del ciclo (produciendo en modo semi-automático) y el interés en la operación del moldeo para producir buenas piezas.
5. Al trabajar una máquina en modo automático, generalmente su ciclo de trabajo es más corto y constante que en modo semi-automático; aumentando así la productividad y reteniendo la depreciación de la máquina. La producción en modo automático, se traduce en: menor costo de producción y más tiempo disponible de máquina para producir otros productos.
6. La sustitución del brazo neumático por el maquinista en la etapa de extracción, viene a mejorar la productividad, debido a que el ciclo de trabajo se torna constante; además, aumenta la seguridad del maquinista, ya que éste no tendría la necesidad de introducirse a la máquina para recibir el producto moldeado.

RECOMENDACIONES

1. Para operar una máquina inyectora de termoplásticos, es de mucha importancia que el operador posea los conocimientos aceptables para el manejo y ajuste de las variables; y así, evitar tanto accidentes personales como daños a la máquina y/o al molde.
2. Conocer todos los sistemas de expulsión inherentes a la máquina, para poder aplicarlos, a los sistemas de expulsión inherentes al molde; ésto con el fin de automatizar la producción.
3. Tomar en cuenta que, cuando se produce en modo semi-automático, el operador que intervenga en el ciclo de trabajo, deberá tener el entrenamiento previo, con el fin de mantener un ciclo constante de trabajo. Debe considerarse que la persona, no es parte de la máquina; por lo que conviene asumir una tolerancia en la producción.
4. La automatización de la producción, permite tener un ciclo constante de trabajo, y generalmente más corto. Esto se traduce en aumento de la productividad, produciéndose más en menos tiempo.
5. La utilización del brazo neumático, permite la automatización del ciclo de trabajo, obteniendo mayor seguridad contra accidentes del maquinista.
6. Es importante conocer la neumática, para poder aplicarla no solo en la industria del plástico, sino en cualquier otro tipo de industria donde se considere necesario; ya que permite automatizar y/o mejorar el funcionamiento de la maquinaria, económicamente.

REFERENCIAS

- BOY GMBH. Manual de operación, máquina Boy, série Boy 50 T2. 4a. edición. Alemania: Edit. s.p.i. s.f. 233 pp.
- Carlos, PEREZ RODRIGUEZ. Laboratorio de neumática. Guatemala: Edit. INTECAP. 1,990. 74 pp.
- CINCINNATI MILACRON. Manual del usuario, máquina moldeo de inyección. V.T. USA: Edit. s.p.i. 1,991. 652 pp.
- Corporación, PARKER HANNIFIN. Parker actuator products. Catalogo 0106-3. USA: Edit. Parker. 1,995. 288 pp.
- Fausto, DIAZ RODRIGUEZ. Equipos industriales, guía práctica de reparación y mantenimiento. Tomo 1. USA: Edit. McGraw-Hill. 1,990. 246 pp.
- FESTO. Introducción en la neumática, manual de estudio. 3a. Edición. s.l.i. s.p.i. s.f. 160 pp.
- Luis, VETTORAZI DEMARCHENA. Automatización de maquinaria mediante la utilización de sistemas neumáticos. Guatemala: Edit. USAC, 1,992. 141 pp.
- W.J., Tobin. Moldeamiento de inyección básico. USA: Edit. T.C. 1,978. 98 pp.

BIBLIOGRAFÍA

- BOLAÑOS GUDIÉL, Erick. Diseño, mantenimiento y reparación de moldes para inyección. Guatemala: Edit. USAC. 1,991. 126 pp.
- BOY GMBH. Manual de operación, máquina Boy, serie Boy 50 T2. 4a. edición. Alemania: Edit. s.p.i. s.f. 233 pp.
- CINCINNATI MILACRON. Manual del usuario, máquina moldeo de inyección. V.T. USA: Edit. s.p.i. 1,991. 652 pp.
- DELMONTE, John. Moldeo de plásticos por compresión, inyección y por extrusión. 2a. edición. España: Edit. José Montesó. 1,967. 539 pp.
- DÍAZ RODRÍGUEZ, Fausto. Equipos industriales, guía práctica de reparación y mantenimiento. Tomo 1. USA: Edit. McGraw-Hill. 1,990. 246 pp.
- FESTO. Introducción en la neumática, manual de estudio. 3a. Edición. s.l.i. s.p.i. s.f. 160 pp.
- GÓMEZ BRAVO, Luis. Productividad. Caracas: Edit. INCE. 1,985. 156 pp.
- ORTUÑO VALDIVIESO, Luis. Importancia de la refrigeración de moldes para la fabricación de envases plásticos. Guatemala: Edit. USAC. 1,993. 61 pp.
- PARKER HANNIFIN, Corporación. Parker actuator products. Catalogo 0106-3. USA: Edit. Parker. 1,995. 288 pp.
- PÉREZ RODRÍGUEZ, Carlos. Laboratorio de neumática. Guatemala: Edit. INTECAP. 1,990. 74 pp.
- VETTORAZI DEMARCHENA, Luis. Automatización de maquinaria mediante la utilización de sistemas neumáticos. Guatemala: Edit. USAC, 1,992. 141 pp.
- W.J., Tobin. Moldeamiento de inyección básico. USA: Edit. T.C. 1,978. 98 pp.