



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

# **DETERMINACIÓN DE TIEMPOS PARA PREPARACIÓN Y CAMBIOS DE MOLDES EN MÁQUINAS INYECTORAS PARA ACCESORIOS DE PVC Y SU MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**Ovidio Acabal Mejia**

Asesorado por el Ing. Hugo Leonel Alvarado de León

Guatemala, junio de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE TIEMPOS PARA PREPARACIÓN Y  
CAMBIOS DE MOLDES EN MÁQUINAS INYECTORAS PARA  
ACCESORIOS DE PVC Y SU MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**Ovidio Acabal Mejia**

ASESORADO POR EL ING. HUGO LEONEL ALVARADO DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JUNIO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Ing. Miriam Patricia Rubio de Akú
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo Gonzáles Trejo
EXAMINADOR	Ing. Oscar Mauricio Herrera Ramos
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

## **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 graduación titulado:

### **DETERMINACIÓN DE TIEMPOS PARA PREPARACIÓN Y CAMBIOS DE MOLDES EN MÁQUINAS INYECTORAS PARA ACCESORIOS DE PVC Y SU MANTENIMIENTO PREVENTIVO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 13 de septiembre de 2005.

Ovidio Acabal Mejia

Guatemala, abril de 2006

Ingeniero José Francisco Gómez Rivera  
Director de Escuela  
Escuela de Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado ingeniero:

Por medio de la presente, hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación titulado "DETERMINACIÓN DE TIEMPOS PARA PREPARACIÓN Y CAMBIOS DE MOLDES EN MÁQUINAS INYECTORAS PARA ACCESORIOS DE PVC Y SU MANTENIMIENTO PREVENTIVO" desarrollado por el estudiante universitario Ovidio Acabal Mejía. El trabajo en referencia cumple con las normas establecidas para la presentación de trabajos de graduación.

Por lo anterior recomiendo se dé el trámite para su aprobación respectiva.

Atentamente,

Ing. Hugo Leonel Alvarado de León

Asesor

Colegiado No. 5334

## **AGRADECIMIENTO A:**

- DIOS** Por haberme permitido culminar este trabajo, dándome la fuerza y el entendimiento necesario.
- MIS PADRES** Marcelo Acabal y Santos Mejia, por darme la vida y educación todos estos años.
- MI ESPOSA** Olga Lidia Pérez, por su apoyo incondicional.
- MIS HIJOS** Danielito y Allan, por ser la razón de mi lucha hacia el éxito.
- LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS** Por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria.
- MIS HERMANOS** A quienes agradezco su apoyo.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XIII</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XVII</b>
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción de la empresa.....	1
1.2. Ubicación geográfica.....	1
1.3. Organización.....	2
1.4. Sistema administrativo.....	2
1.4.1. Misión.....	2
1.4.2. Visión.....	3
1.4.3. Política.....	3
<b>2. PARTES PRINCIPALES DE LA MÁQUINA INYECTORA</b>	<b>5</b>
2.1. Definición de máquina inyectora.....	5
2.2. Partes principales.....	6
2.3. Funcionamiento.....	9
2.3.1. Mecánico.....	10
2.3.2. Hidráulico.....	11
2.4. Normas de seguridad.....	13
<b>3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MÁQUINA INYECTORA     PARA ACCESORIOS DE PVC</b>	<b>15</b>

3.1.	Definición de mantenimiento preventivo.....	15
3.2.	Programa de visitas e inspecciones.....	17
3.3.	Programa de revisiones o intervenciones.....	19
3.3.1.	Lubricación.....	21
3.3.2.	Engrase.....	21
3.3.3.	Limpieza superficial.....	21
3.4.	Fallas más comunes de la máquina inyectora.....	22
3.4.1.	Mecánica.....	22
3.4.2.	Eléctrica.....	23
3.4.3.	Hidráulica.....	24
3.5.	Factores externos que provocan fallas en los elementos de máquina.....	25
<b>4.</b>	<b>PROCESO DE INYECCIÓN PARA ACCESORIOS DE PVC</b>	<b>27</b>
4.1.	Descripción.....	27
4.2.	Materia prima utilizada.....	33
4.2.1.	Componentes y aditivos.....	34
4.2.2.	Conservación.....	35
4.3.	Flujo del proceso.....	35
4.3.1.	Diagrama de operaciones.....	36
4.3.2.	Diagrama de flujo.....	38
4.3.3.	Diagrama de recorrido.....	41
<b>5.</b>	<b>ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL     PROCEDIMIENTO</b>	<b>43</b>
5.1.	División de elementos.....	46
5.2.	Estudio de tiempos.....	65
5.3.	Estudio de movimientos.....	72
5.4.	Análisis de la información.....	74
5.4.1.	Fórmulas.....	74
5.4.2.	Cálculos.....	77

5.5.	Determinación del tiempo estándar.....	79
5.6.	Tolerancias.....	85
<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE DATOS</b>	<b>87</b>
6.1.	Descripción del método propuesto.....	87
6.2.	Estandarización del método propuesto.....	87
6.3.	Documentación del proceso.....	89
6.4.	Comparación del método propuesto y el anterior.....	89
6.4.1.	Beneficios.....	89
6.4.2.	Limitantes.....	90
6.4.3.	Costo de implementación.....	90
6.5.	Seguimiento y mejora continua.....	91
6.6.	Capacitación del personal.....	91
<b>7.</b>	<b>PROTECCIÓN AMBIENTAL</b>	<b>93</b>
7.1.	Estudio básico de impacto ambiental para el pvc.....	94
7.2.	Peligros y riesgos para el personal de planta por los desechos sólidos.....	95
7.3.	Consecuencias de la contaminación del agua y el aire.....	96
7.4.	Control y manejo de desechos sólidos de pvc.....	96
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>99</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>101</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>103</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>105</b>



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Esquema básico de una máquina inyectora	5
2	Partes principales de la máquina inyectora	6
3	Posición de cierre y apertura del molde	7
4	Tornillo o husillo de inyección	7
5	Etapas de apertura del mecanismo de cierre	8
6	Diagrama de velocidades del compuesto en el proceso de inyección	10
7	Monobloque de válvulas hidráulicas	12
8	Zona de alta temperatura	13
9	Formato para solicitud de mantenimiento	16
10	Fases del ciclo de inyección	29
11	Diagrama de operaciones de inyección	37
12	Diagrama de flujo del proceso de inyección	39
13	Diagrama de recorrido del proceso de inyección	41
14	Diagrama de flujo de montaje y desmontaje del molde para codo de 1"	47
15	Diagrama de flujo de montaje y desmontaje del molde para codo de 4"	53
16	Molde para 8 tapones plásticos	105
17	Molde para dos tapones plásticos	105
18	Tornillos para trituración del material	106
19	Rotámetros o reguladores de caudal	106
20	Organigrama general de la empresa	107

## TABLAS

I	Programa anual de mantenimiento de la máquina inyectora	18
II	Hoja de trabajo semanal de mantenimiento	20
III	Fallas mecánicas en la máquina inyectora	22
IV	Fallas eléctricas en la máquina inyectora	23
V	Fallas hidráulicas en la máquina inyectora	24
VI	Equipo, herramientas y accesorios utilizados para cambio de moldes	45
VII	Tiempo cronometrado del procedimiento para cambio del molde codo de 1”	67
VIII	Tiempo cronometrado del procedimiento para cambio del molde codo de 4”	69
IX	Porcentaje de calificación de la actuación (CAV)	76
X	Tiempo normal y estándar para cambio del molde codo de 1”	80
XI	Tiempo normal y estándar para cambio del molde codo de 4”	82

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
TC	Tiempo cronometrado
TN	Tiempo normal
TS	Tiempo estándar
CAV	Calificación de la actuación del mecánico de moldes
E	Eficiencia
Tt.	Tiempo teórico
Tr.	Tiempo real
e	Error
$\sigma$	Desviación estándar
○	Operación
□	Inspección
⇨	Transporte
▽	Almacenamiento



## GLOSARIO

<b>Aditivos</b>	Materiales que se mezclan con los polímeros para facilitar su procesamiento, a fin de darle las propiedades físicas requeridas en su aplicación final y para protegerlos de los efectos de los elementos climáticos. Podría decirse que: “polímeros + aditivos = plásticos”.
<b>Autoclave</b>	Recipiente hermético para realizar mezclas bajo presión de vacío.
<b>Botador</b>	Mecanismo cuya función es expulsar la pieza fuera de la cavidad.
<b>Compatibilidad</b>	Capacidad de formar una mezcla homogénea, como sucede con el alcohol y el agua; lo contrario de lo que sucede con el aceite y el agua, que son incompatibles.
<b>Eficiencia</b>	Es el punto hasta el cual los recursos se minimizan y se elimina el desperdicio en la búsqueda de la efectividad.
<b>Macho</b>	Parte interna del molde que sirve para mantener el vaciado dentro de la pieza.
<b>Mezcla</b>	El producto o proceso de aunar materiales.
<b>Micros</b>	Controles limitantes de carreras de cierre y apertura de machos.

<b>Molde</b>	Cavidad con una forma concreta en la que se fuerza la entrada de material plástico. Después de enfriarse la pieza moldeada retiene la forma del molde.
<b>Paca</b>	Planchas grandes de empaques de laminilla transparente amarrada de peso variable.
<b>Plastificante</b>	Compuestos orgánicos que a veces se mezclan con los polímeros para producir un plástico más flexible.
<b>Resina</b>	Un polímero artificial resultado de la reacción química entre dos o más sustancias, habitualmente con ayuda del calor o de un catalizador. Esta definición incluye a la goma sintética, siliconas, elastómeros.
<b>Schedule</b>	Número de cédula o relación que existe entre el diámetro interno y externo de un accesorio, normado por la ASTM.
<b>Supersaco</b>	Saco de polipropileno que permite almacenar y transportar resina de pvc, en volúmenes de 860 kilogramos, aproximadamente.
<b>Termoestable</b>	Un polímero que se solidifica o “fragua” de forma irreversible cuando se calienta. Esa propiedad está vinculada a menudo con reacciones de entretrejido inducidas por el calor o la radiación. En muchos casos es necesario añadir agentes de curado, peróxidos orgánicos o azufre.

**Termoplástico** Un polímero que se ablanda cuando se expone al calor y vuelve a su condición original cuando se enfría a temperatura ambiente.

**Therbligs** Conjunto de movimientos corporales básicos que una persona realiza en su lugar de trabajo.



## RESUMEN

En una máquina inyectora se pueden elaborar diversos productos con distintas formas, variando, únicamente, el tipo de molde para cada uno. Este molde está formado por dos bloques que tienen cavidades y machos, según la forma del accesorio deseado.

Cuando el material fundido entra en la cavidad del molde, se ve sometido a un efecto simultáneo de flujo entre las paredes del mismo y de enfriamiento por pérdida de calor, a través de éstas, con esto el proceso de inyección para cualquier accesorio de PVC, comprende tres etapas: inicio del llenado de la línea, el ciclo y descarga.

En la determinación del tiempo para el procedimiento de cambios de moldes, se deben realizar algunas actividades de preparación como: tener todas las partes listas y en buen estado, para evitar contratiempos en el proceso de montaje.

El cambio de moldes esta en función del programa de producción, por lo tanto, se puede hacer durante la jornada diurna, nocturna o fines de semana, por lo tanto, el número de ciclos analizados está con relación a la frecuencia de los cambios de moldes.

Con el PVC se pueden obtener productos o accesorios desde cañería rígida para conducir agua y aire, hasta una manguera para riego, desde bolsas para sangre, hasta envases para medicamentos, lo cual indica que en cantidades insignificantes no es un contaminante ambiental.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Establecer un estándar de tiempo para preparación y cambios de moldes en una máquina inyectora para accesorios de pvc, mediante un estudio de tiempos y movimientos, aumentando la eficiencia del personal de mantenimiento y reduciendo el tiempo de trabajo utilizado.

### **ESPECÍFICOS**

- 1) Evaluar los antecedentes de la empresa, recopilando información relacionada con el proceso de inyección.
- 2) Identificar las partes principales de la máquina inyectora para accesorios de pvc y su mantenimiento preventivo correspondiente.
- 3) Evaluar el proceso de inyección para accesorios de pvc, según el procedimiento actual.
- 4) Realizar mediciones para establecer estándares de tiempo del procedimiento de cambio de moldes.
- 5) Proponer la mejora del procedimiento basado en los estudios realizados.
- 6) Comparar el método actual con el propuesto para el cambio de moldes en la máquina inyectora para accesorios de pvc.
- 7) Proponer la forma de manejo y control de los desechos sólidos para conservar el ambiente.



## INTRODUCCIÓN

La determinación de tiempos en el procedimiento para preparación y cambios de moldes como propósito principal, garantiza la programación de la producción de accesorios de pvc a través de una planificación confiable de la producción basada en tiempos definidos. Con esto se busca optimizar el tiempo de preparación de la maquinaria, equipo y herramientas.

Otra finalidad de este estudio de tiempos es proponer un método de trabajo, en el cual se puedan eliminar tiempos muertos, producto de la inadecuada coordinación en la preparación de la herramienta y los movimientos realizados durante el procedimiento.

Un factor muy importante que enfatiza en el estudio de tiempos es el ciclo de trabajo seleccionado para efectuar la medición correspondiente, el cual va ligado al programa de producción de la empresa, sin embargo, es suficiente para contabilizar las tomas efectuadas y obtener el tiempo estándar.

Cabe mencionar que la certeza del mejoramiento de esta propuesta de tiempos de trabajo, es debida a que, actualmente, no se tienen estándares de tiempos establecidos.

En este estudio, también, se puede afirmar que los residuos de pvc, los cuales son insignificantes no provocan degradación al ambiente en comparación con otros materiales, éste es el resultado de varios estudios realizados al respecto.

## **1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA**

Con el objeto de expandirse internacionalmente, la empresa inicia operaciones en el país a partir del año 2000, fecha en la que introduce sus productos al mercado nacional los cuales compiten en calidad, servicio y precio. Al paso del tiempo incrementa su producción y comercialización, manteniendo su estándar de calidad.

### **1.1. Descripción de la empresa**

La empresa se dedica a la fabricación y comercialización de productos de PVC, como accesorios, tubos y láminas, siendo éste último, el único producto importado para su comercialización. Cuenta con maquinaria semi-automatizada en lo que se refiere a molinos, mezcladoras, extrusoras e inyectoras de PVC, así como un equipo completo de instrumentos de medición y calibración para garantizar la calidad de sus productos a través de ensayos de impacto y pruebas de presión según el producto y sus dimensiones.

### **1.2. Ubicación geográfica**

Su ubicación geográfica corresponde al departamento de Sacatepéquez, Guatemala, con una extensión de 20,000 metros cuadrados aproximadamente, que incluye la planta de producción, bodega de materia prima, producto terminado y oficinas administrativas.

Cuenta con fácil acceso al transporte debido a que está ubicada contiguo a la carretera principal. Según su ubicación, el factor agua es algunas veces deficiente ya que se ve en la necesidad de comprar cisternas provenientes de fuentes aledañas, para abastecer los tanques que distribuyen el agua de enfriamiento a las máquinas extrusoras e inyectoras.

### **1.3. Organización**

Está integrada por tres sub-empresas con diferente nombre, que funcionan como clientes y proveedores entre sí. La primera es propietaria de los activos fijos que incluyen infraestructura, maquinaria y equipo en general. La segunda provee la mano de obra por medio de contrataciones y sub-contrataciones de personal, y la tercera comercializa y fabrica productos para la venta. El sistema de organización es vertical o jerárquico, como lo muestra el organigrama mostrado en la figura 19.

### **1.4. Sistema administrativo**

Debido a la competitividad dentro del mercado, en el año 2003 la empresa se ve en la necesidad de estandarizar su proceso de producción mediante la certificación de calidad basado en la norma ISO 9001-2000, adoptando para ello la misión, visión y política de calidad siguientes.

#### **1.4.1. Misión**

La razón de ser de la empresa es fabricar y comercializar productos plásticos y metálicos para la industria de la construcción y los sistemas de conducción de servicios de acueducto, alcantarillado y telecomunicaciones. Mediante el uso de tecnologías que garantizan el continuo desarrollo de productos competitivos buscando la satisfacción continua de los clientes, generando rentabilidad, crecimiento y bienestar social para los empleados.

### **1.4.2. Visión**

La meta a mediano plazo es consolidar a la empresa en el año 2010, como una de las cuatro organizaciones líderes más importantes en Latinoamérica en la producción de tuberías y accesorios termoplásticos, con un reconocimiento destacado en el mercado de griferías para uso doméstico y en el suministro de soluciones integrales para cubiertas.

### **1.4.3. Política**

Todas las actividades de la empresa están orientadas para lograr la plena satisfacción de sus clientes, mediante el cumplimiento de los compromisos adquiridos y los requisitos establecidos para sus productos y servicios, considerando lo siguiente.

#### **a. Calidad**

Se desarrolla y mantiene un sistema de gestión de calidad que obtiene información de los procesos y de los productos, que le permite implementar actividades encaminadas a la mejora continua.

#### **b. Conformidad**

La empresa se compromete a que sus productos y servicios cumplan con las normas de calidad establecidas y con los requisitos legales y reglamentarios.

#### **c. Competitividad**

Los productos de la empresa son competitivos en términos de calidad, servicio y precio.

#### **d. Ambiente**

La empresa establece planes y programas que mejoran los procesos productivos con el fin de controlar el impacto de sus actividades sobre el medio ambiente.

#### **e. El personal**

La empresa mantiene un ambiente de compromiso en el trabajo y proporciona formación al personal para mejorar de forma continua los niveles de calidad promoviendo de esta manera su participación.

El trabajo en la empresa se enmarca en principios de lealtad y ética, en el aporte de conocimiento y experiencia que asegure una comunicación clara y permanente en toda la organización, donde las personas con actitud positiva y alegre, pueden desarrollar sus capacidades humanas y laborales.

#### **f. Difusión**

La empresa difunde su política de calidad a todo el personal de la organización, a través del programa de inducción, por medio de carteleras y avisos en diferentes partes de la empresa, en volantes y en el periódico interno de la compañía. La comprensión de la política por todo el personal es fundamental para el cumplimiento de los objetivos y su grado de entendimiento es premiado mediante concurso interno.

#### **g. Compromiso**

La empresa y todo su cuerpo directivo, se comprometen a suministrar los recursos necesarios para lograr la comprensión y aplicación de la política de calidad anteriormente enunciada.

## 2. PARTES PRINCIPALES DE LA MÁQUINA INYECTORA

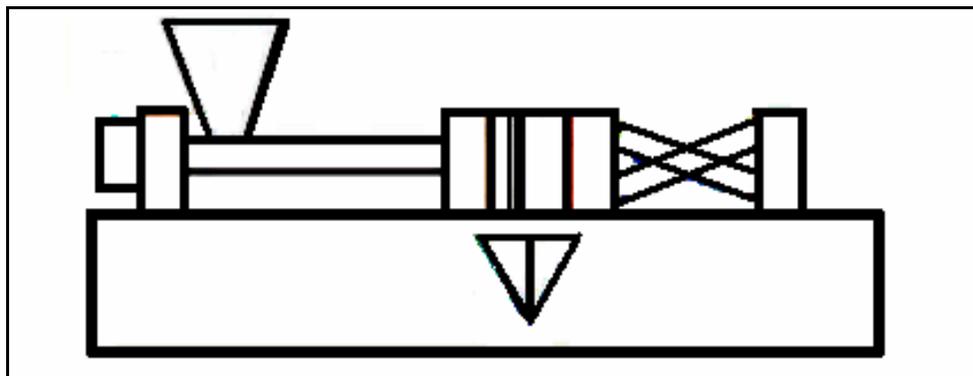
La relación entre la máquina inyectora y el proceso de inyección ayuda a comprender las etapas del ciclo, identificando el funcionamiento de cada mecanismo y su intervención en la producción, también ayuda a comprender la razón del cambio de moldes.

### 2.1. Definición de máquina inyectora

Es un conjunto de mecanismos con funcionamiento mecánico, hidráulico y eléctrico, que hacen girar un tornillo por medio del cual carga e inyecta material a un molde con cavidades previamente diseñadas que se monta según el tipo de accesorio deseado.

Con la máquina inyectora se pueden elaborar diversos productos con diferente forma, variando únicamente el tipo de molde para cada uno. En la figura 1 se muestra un esquema general de una máquina inyectora, utilizada para producir accesorios de PVC.

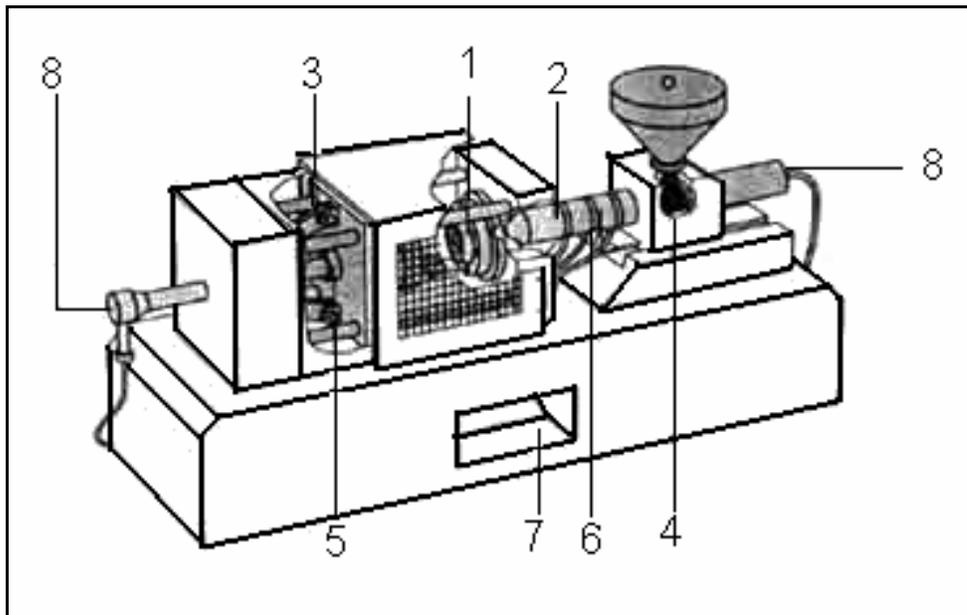
Figura 1. Esquema básico de una máquina inyectora



## 2.2. Partes principales

La máquina inyectora consta de varias partes, que hacen funciones diferentes en la producción de accesorios. En la figura 2 se indican las partes principales y se describen a continuación, según los números correspondientes.

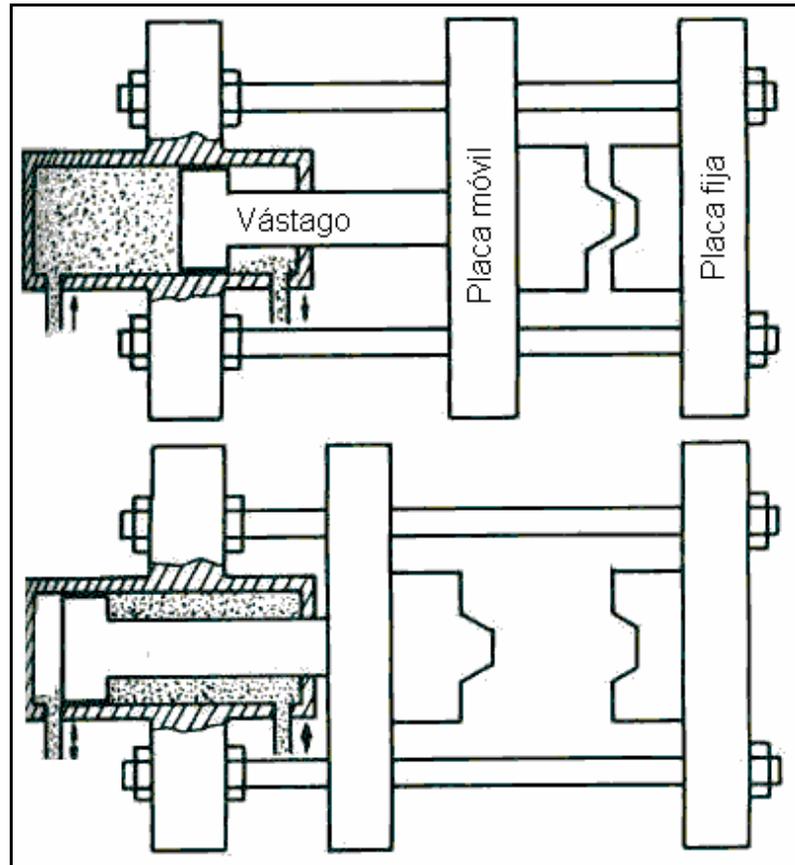
Figura 2. Partes principales de la máquina inyectora



1. **Molde:** Está formado por dos bloques que tienen cavidades y machos según la forma del accesorio deseado, cada bloque tiene canales internos por donde circula el agua de enfriamiento según el tamaño del molde.

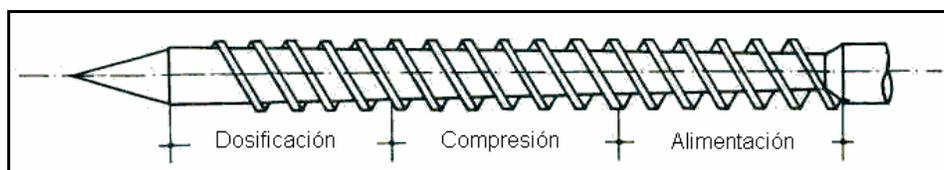
El bloque móvil del molde posee guías que ajustan las cavidades al cerrarse. En la figura 3 se muestra el cierre y la apertura del molde al inicio y final del ciclo, respectivamente.

Figura 3. Posición de cierre y apertura del molde



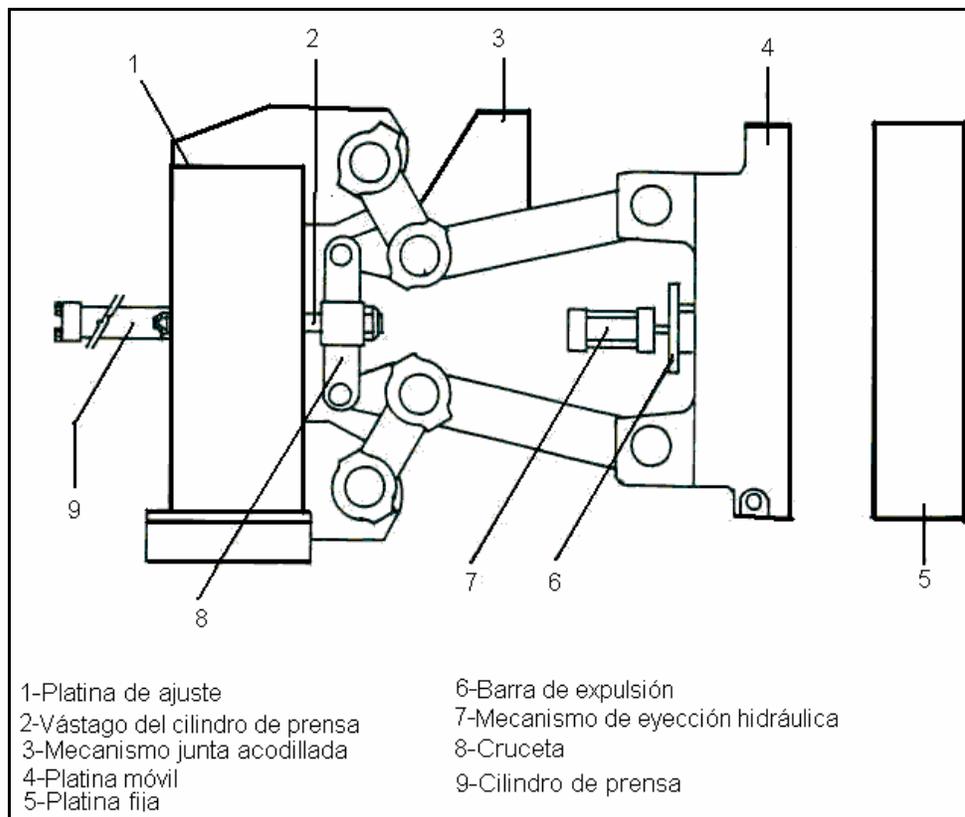
2. **Boquilla:** Es la abertura por donde sale el compuesto hacia el molde enviándolo por sus cavidades, en este caso el material proviene del tornillo de inyección que se muestra en la figura 4, donde se indica la zona de alimentación, compresión y dosificación del material.

Figura 4. Tornillo o husillo de inyección



3. **Mecanismo de cierre:** Es un sistema de lóbulos articulados que cierra y abre el molde mediante la acción de un cilindro-émbolo con presión hidráulica, la posición de apertura se muestra en la figura 5.

Figura 5. Etapa de apertura del mecanismo de cierre



4. **Tolva de alimentación:** Es un recipiente cónico de lámina galvanizada de 3 a 5 milímetros de espesor, con filtro en la parte de la salida del material, para dejar pasar solamente la laminilla de PVC.

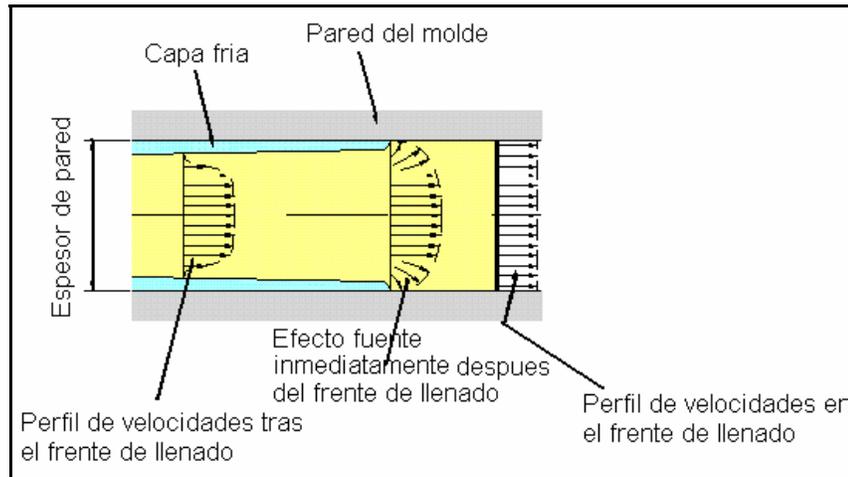
5. **Zona de movimiento de los machos:** Es la zona donde se produce el sube y baja de los machos al momento de cerrar o abrirse el molde.
6. **Collares calentadores del cilindro de plastificación:** son resistencias que están colocadas alrededor del barril que porta el tornillo, están colocadas por secciones (A, B, C, D, E, F) según el tamaño de la máquina inyectora y el avance requerido del tornillo.
7. **Descarga de accesorios:** es la abertura por donde cae el accesorio después de haberse formado durante el proceso de inyección.
8. **Circuitos hidráulicos (presión):** consisten principalmente en el sistema cilindro-émbolo accionado por válvulas hidráulicas a través del sistema de mangueras óleo-hidráulicas instaladas.

### 2.3. Funcionamiento

Cuando el material fundido entra en la cavidad del molde, se ve sometido a un efecto simultáneo de flujo entre las paredes del mismo y de enfriamiento por pérdida de calor a través de éstas.

Como resultado de estos dos efectos combinados, el perfil de velocidades que el material presenta se asemeja al mostrado en la figura 6, en la que se distinguen los perfiles de velocidades en tres puntos dados tomando como referencia el frente de llenado.

Figura 6. Diagrama de velocidades del compuesto en el proceso de inyección



Como se observó en la figura 6, cuando el frente de llenado supera un determinado punto, aparece casi de forma inmediata una capa de material solidificado sobre las paredes del molde. Esta capa recibe el nombre de capa fría, en ella no puede producirse la circulación del material debido a que, por una parte la temperatura del material es muy baja y no puede fluir, y por otra la viscosidad del material fundido crece de forma gradual. Como consecuencia de la aparición de la capa fría, la velocidad del flujo se ve modificada en las cercanías de la misma, de forma que el flujo genera lo que se denomina efecto fuente.

### 2.3.1. Mecánico

Los elementos mecánicos están constituidos por el mecanismo de cierre, las guías deslizantes y el molde. El mecanismo de cierre es empujado hacia adelante y hacia atrás en forma automática durante el ciclo de inyección, también puede moverse manualmente cuando se realiza el cambio de moldes.

Las guías deslizantes son barras cilíndricas de acero debidamente lubricadas, sobre las cuales se mueve la placa móvil de la máquina inyectora durante el ciclo de inyección.

El molde es un mecanismo que consta de dos partes, una se coloca en la placa fija y otra en la móvil. Por el lado de la placa fija está el orificio o boquilla de inyección del compuesto de PVC y por el lado de la placa móvil entra y sale el expulsor del accesorio al final del ciclo de inyección.

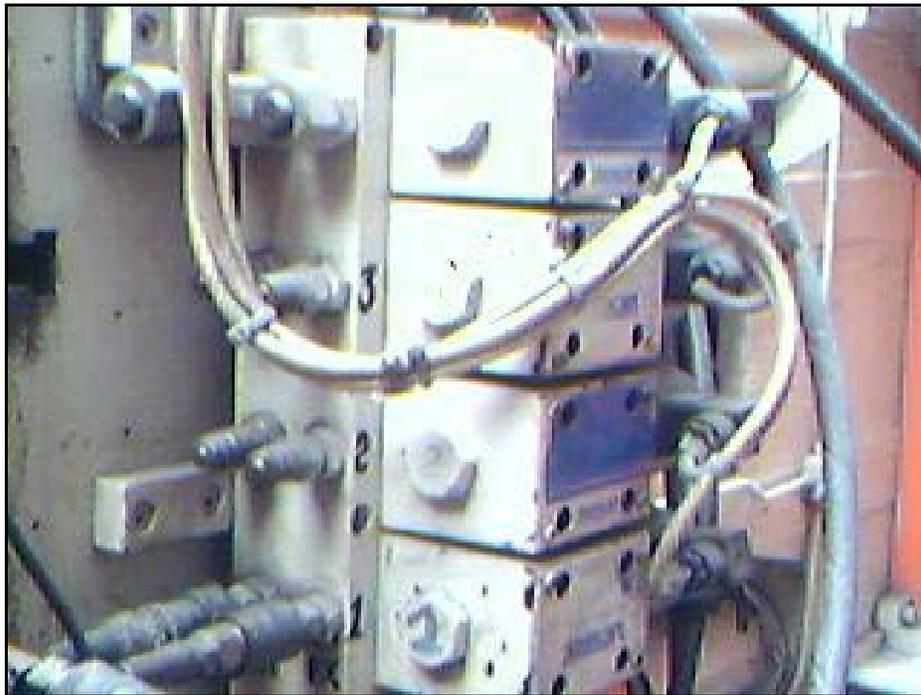
Cada molde lleva entradas y salidas de agua de enfriamiento que circula a través de conductos internos, ésta agua entra con una temperatura menor a 10 °C enfriando al accesorio en su recorrido dentro del molde y sale con una temperatura aproximada de 20 °C, luego es enviada a los dispositivos de enfriamiento (*chillers*) con lo cual se repite el ciclo, mediante el reciclaje del agua utilizada. La cantidad de agua que circula dentro del molde es regulada mediante flujómetros o rotámetros, que son cilindros de sección variable y se conectan según el tamaño del molde y según las entradas y salidas de agua que éstos poseen, ver figura 19.

### **2.3.2. Hidráulico**

La hidráulica transmite energía y controla los movimientos de la máquina inyectora a través de un flujo de aceite hidráulico *Tellus 46*, con ello las grandes fuerzas y potencia elevada pueden ser aplicadas de manera segura en cada sección de trabajo, debido a que el fluido utilizado es incompresible. La cantidad de aceite hidráulico utilizado depende del caudal requerido por los cilindros y del tamaño de cada máquina. En este proceso de inyección la máquina más pequeña de 20HP utiliza 60 galones de aceite en promedio y la más grande de 45HP utiliza 115 galones.

La energía hidráulica es el medio que acciona a los cilindros que abren y cierran el molde, levantan y bajan los machos, y hacen girar el tornillo que carga el compuesto, por medio de válvulas hidráulicas. Estas válvulas son monobloques personalizados como los de la figura 7, que controlan el cierre del molde y la inyección, mediante una válvula proporcional con transductor de posición y electrónica digital integrada, están fabricadas de acero con aluminio, de tal manera que tienen capacidad para transportar un caudal de 500 L/min a una presión de 250 bars, proveniente de la unidad de fuerza hidráulica.

Figura 7. Monobloque de válvulas hidráulicas



El aceite hidráulico se calienta debido a la fricción que existe entre el tornillo y el barril, esto hace que la inyección presente dificultades durante el ciclo debido a las caídas de presión que ocasiona la degradación del aceite al calentarse.

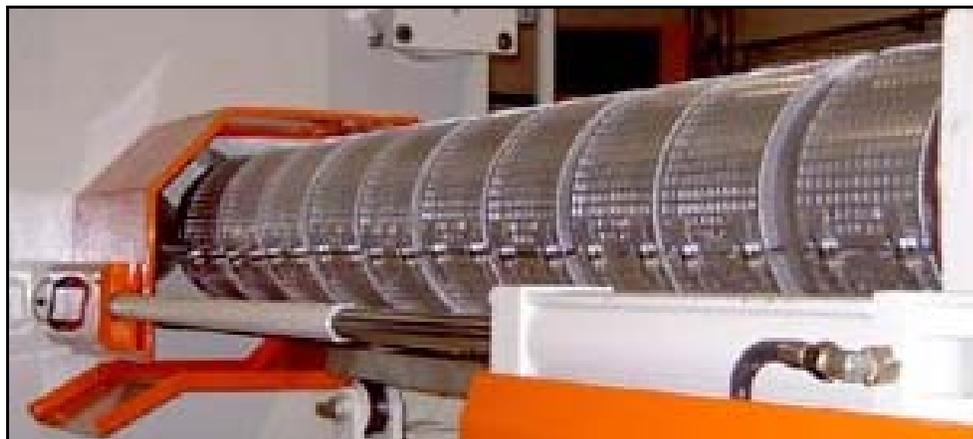
Para mantener la temperatura adecuada del aceite (10°C) se utiliza un intercambiador de calor el cual enfría el aceite a través de agua fría y éste vuelve a la bomba que lo distribuye a todo el sistema.

#### **2.4. Normas de seguridad**

La presión hidráulica que se maneja en la máquina inyectora es mayor que una presión neumática. En este caso la zona de peligro se presenta en la parte trasera del cilindro del tornillo, donde se ubican las mangueras óleo-hidráulicas. Estas mangueras tienen un seguro colocado en el acople, el cuál evita el desprendimiento instantáneo de la manguera en caso de sobrepresión o falla del acople.

Otra zona de riesgo es el exterior del barril donde se desplaza el tornillo de inyección, vea la figura 8, ya que se mantiene a temperaturas altas y puede provocar quemaduras. La máquina inyectora tiene un protector de plástico transparente contra rechazos en la zona del molde, que protege al encargado u operador de la máquina, ante cualquier desprendimiento instantáneo de piezas metálicas producido durante el cierre del molde.

Figura 8. Zona de alta temperatura



Considerando éstas zonas de peligro y los riesgos de accidentes que se corren en la máquina inyectora, es recomendable que se utilice todo el equipo de seguridad personal que la empresa proporcione, mantener cerrados los protectores contra rechazos y estar pendiente de las luces de alarma que emite la máquina. Por otro lado es conveniente consultar al supervisor antes de maniobrar los elementos de la máquina.

### **3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MÁQUINA INYECTORA PARA ACCESORIOS DE PVC**

El mantenimiento preventivo de la máquina inyectora garantiza el cumplimiento del programa producción y le brinda mayor tiempo de vida útil a los elementos que la integran. Ésta tarea se ejecuta por técnicos especialistas en sistemas mecánico, eléctrico e hidráulico.

#### **3.1. Definición de mantenimiento preventivo**

Son todas las actividades planificadas que se llevan a cabo en la máquina inyectora con el fin de conservarla y dé el servicio para el cuál ha sido diseñada.

En el proceso de inyección se debe utilizar un formato similar al de la figura 9, para solicitar mantenimiento a un elemento o mecanismo de la máquina, éste lo utiliza el operador o encargado de la máquina debido a que es la persona involucrada directamente en el manejo de la misma. Dependiendo del síntoma o falla, se programa la revisión o intervención por parte del mecánico o electricista correspondiente.

Figura 9. Formato para solicitud de mantenimiento

**SOLICITUD DE MANTENIMIENTO**

No. 1

AREA **INYECCIÓN**

FECHA: dd  mm  aa

NOMBRE MAQ / EQUIPO: <b>INYECTORA MIR 805</b>		COD. MAQ. EQUIPO: <b>805</b>	
DESCRIPCIÓN:			
<b>La máquina no está inyectando completamente en las cavidades del molde</b>			
PRIORIDAD: INMEDIATA <input checked="" type="radio"/>		PROGRAMADA <input type="radio"/>	
		FECHA: dd <input type="text" value="00"/> mm <input type="text" value="00"/> aa <input type="text" value="00"/>	
SOLICITADO POR: <b>Juan Pérez</b> HORA <b>8:00</b>		ENTERADO: <b>Encargado de mantenimiento</b>	
Nombre / Firma _____		Nombre / Firma _____	
ASIGNADO A: <b>Electricista</b>		FECHA: dd <input type="text" value="00"/> mm <input type="text" value="00"/> aa <input type="text" value="00"/>	
HORA DE INICIO <b>14:00</b>			
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO:			
<b>Se revisó y cambió una resistencia, porque no estaba calentando</b>			
<b>correctamente el material para que se fundiera adecuadamente.</b>			
HOROMETRO: _____		PARO: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
RECIBIDO A SATISFACCIÓN:			
<b>Encargado de máquina</b> <b>Juan Pérez</b>		FECHA: dd <input type="text" value="00"/> mm <input type="text" value="00"/> aa <input type="text" value="00"/>	
Nombre Firma			
HORA: <b>16:00</b>			
ORIGINAL: Mantenimiento		COPIA: Solicitante	

### **3.2. Programa de visitas e inspecciones**

Las visitas son actividades que debe ejecutar el encargado de mantenimiento a la máquina con el fin de detectar algún síntoma de falla, por medio de sonidos, vibraciones, calentamiento de piezas o retraso del ciclo de inyección.

Estas inspecciones no se deben convertir en intervenciones para evitar paros en la máquina y perjudicar el programa de producción, al contrario, se pueden hacer entrevistas con el operador o encargado de la máquina con el fin de recaudar información acerca de posibles fallas que sufra la misma durante su funcionamiento.

En este caso se deben revisar cuidadosamente los elementos que se detallan en la tabla de la siguiente página, que se relaciona con la frecuencia de revisiones o inspecciones y el tiempo de uso de la máquina según su horómetro.

Esta tabla ilustra los elementos que son revisados con cierta frecuencia programada, la cual se debe realizar semanalmente durante todo el año.

Tabla I. Programa anual de mantenimiento de la máquina inyectora.

Mantenimiento anual de la máquina inyectora			Semanas del año 2005									
ELEMENTOS DE MÁQUINA	FRECUENCIA	HORAS DE USO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ETC.
Medir continuidad y aislamiento de los motores.	H	1000	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
Limpiar y revisar micros, contactos y roldanas.	S	1000	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
Revisar continuidad de resistencias del barril.	H	500	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
Revisar cables, conexiones y terminales en resistencias.	Q	500	R		R		R		R		R	
Revisar los tornillos de las resistencias del barril.	S	500	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
Revisar fusibles del tablero eléctrico.	M	200	R			R			R			
Revisar funcionamiento de todas las termo coplas.	H	200	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
Revisar funcionamiento de los transductores de posición.	H	2000	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
Revisar mangueras del sistema óleo- hidráulico.	SEM	1000			R							
Revisar filtro de admisión de aceite.	H	500	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
Revisar filtro de retorno de aceite hidráulico.	Q	1000	R		R		R		R		R	
Revisar el intercambiador de calor.	H	1000	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
Revisar regulador de flujo de agua de enfriamiento de moldes.	M	500		R				R				
Revisar la nivelación de la máquina	SEM	2500				R						

M: Mensual

Q: Cada cuatro meses

SEM: Semestral

A: Anual

H: Por horas

R: Revisión

C: Cambio

### **3.3. Programa de revisiones o intervenciones**

Las revisiones se relacionan con la visita que se realiza a los elementos de máquina descritos en la tabla anterior y las intervenciones involucran la ejecución de las tareas por parte del personal técnico de mantenimiento. Las revisiones e intervenciones confirman la falla detectada en la visita y la corrigen de manera previa, ésta normalmente se planifica semanalmente mediante una orden de trabajo.

Las actividades que se realizan en las intervenciones están programadas según el programa anual de revisiones, éstas generalmente son asignadas a cada técnico según su especialidad de acuerdo a la disponibilidad de tiempo en cada máquina, que depende del grado de dificultad que presente la acción correctiva.

En la tabla de la siguiente página se muestra una hoja de trabajo que ilustra las actividades más comunes de mantenimiento preventivo, aplicadas a elementos de máquina según el síntoma que presenta. Esta hoja de trabajo permite obtener la eficiencia lograda por el trabajador mediante la comparación de actividades que le han sido programadas y las que han sido ejecutadas en el tiempo asignado.

Tabla II. Hoja de trabajo semanal de mantenimiento

**ORDEN DE TRABAJO SEMANA No. 6**

ACTIVIDADES PROGRAMADAS

7

ACTIVIDADES REALIZADAS

5

EFICIENCIA

80 %

**ESTADO:**

S = Realizado N = Pendiente

ACIVIDADES	FREC.	HORAS DE USO	SEMANA 6	ESTADO	ESPECIA-LISTA	FIRMA
Limpiar motor para movimiento de cierre y ajuste de bornera.	H	1000	R	S	Mecánico	
Medir continuidad y aislamiento a los motores.	H	1000			Electricista	
Limpiar y revisar micros, contactos y roldana.	H	1000			Electricista	
Limpieza general del tablero eléctrico de control.	H	200	R	S	Electricista	
Ajuste de conexiones del tablero eléctrico.	H	200			Electrónico	
Limpieza y revisión de selectores y pulsadores.	H	500	R	N	Mecánico	
Limpiar la corrosión en terminales y sus alojamientos.	H	200			Mecánico	
Ajuste y limpieza de conexiones del inverter.	H	1000	R	N	Electricista	
Limpiar el tablero eléctrico del operador.	H	100			Electrónico	
Limpiar y revisar filtro de admisión de aceite.	H	500	R	S	Mecánico	
Limpiar y revisar filtro de retorno de aceite hidráulico.	H	1000	R	S	Mecánico	
Limpieza y revisión del intercambiador de calor.	H	1000			Sub-contratado	
Limpiar y revisar el regulador de flujo del agua de enfriamiento.	H	500	R	S	Mecánico	
Limpieza y lubricación del sistema de apertura y cierre.	H	500	R	N	Mecánico	

OBSERVACIONES

--

Vo. Bo. Director de mantenimiento: \_\_\_\_\_

### **3.3.1. Lubricación**

Los elementos móviles de la máquina inyectora se lubrican automáticamente, mediante una bomba de aceite que lo distribuye hacia todo el sistema a través de conductos especiales de 1/8" de diámetro nominal. La actividad del mecánico de la planta consiste en revisar el nivel de aceite y suministrar cuando sea necesario, en éste proceso se utiliza el aceite *Omala 320*. El aceite expulsado por los elementos mecánicos después de haber lubricado, se desecha y es inutilizable debido a la mezcla con partículas de polvo proveniente de la laminilla que cae cuando se alimenta la tolva.

### **3.3.2. Engrase**

La actividad de engrase se debe aplicar solamente en las partes del molde y se lleva a cabo toda vez que se desmonten o cuando se produce el paro de la máquina al final de la jornada de trabajo. La grasa evita que las partes del molde se oxiden por la reacción de la humedad del agua de enfriamiento y el oxígeno presente en el ambiente. Algunas cavidades de los moldes están dañadas y son bloqueadas con grasa, para evitar que el material inyectado penetre en ellas y se produzcan pérdidas de materia prima.

### **3.3.3. Limpieza superficial**

Consiste en evacuar las partículas de polvo, sobrantes de laminilla, agua derramada y otros agentes externos a la máquina inyectora, que cambian su apariencia superficial y contribuyen al deterioro de los elementos de máquina a través de la corrosión. La eliminación de estas impurezas se logra limpiando con un *wipe* humedecido con diesel o thinner, de lo contrario las partículas adheridas al metal no se desprenderán fácilmente.

### 3.4. Fallas más comunes de la máquina inyectora

Una falla es un agente físico que impide el funcionamiento correcto de los elementos de la máquina inyectora, provocando paros forzosos y atrasos de producción. Las fallas se pueden dar en el sistema mecánico, eléctrico e hidráulico, de la siguiente manera.

#### 3.4.1. Mecánica

Las fallas mecánicas más comunes se producen por el impacto en las piezas del molde o por desgaste a través de su uso. En la tabla siguiente se muestra la falla, la causa y las correcciones que se deben realizar a los elementos mecánicos que fallan con frecuencia.

Tabla III. Fallas mecánicas en la máquina inyectora

Falla	Causa	Acción correctiva
Botador o expulsor torcido.	a. Accionamiento repentino de los machos. b. Falla de los micros del macho o del botador.	a. Enderezar el eje. b. Tornear nuevamente el eje.
Cavidades dañadas.	a. Impacto en las partes del molde. b. Golpes causados a los machos durante el cambio de los moldes.	a. Ajustar el cierre y apertura del molde. b. Soldar y tallar nuevamente los machos.
Guías torcidas del molde.	a. Cierre incorrecto del molde. b. Accionamiento repentino de los machos.	a. Nivelación del molde. b. Enderezar la guía. c. Cambiar la guía.

### 3.4.2. Eléctrica

Generalmente este tipo de fallas ocurre en el sistema electrónico de la máquina, en el cual se requiere un 80% del tiempo para detectarla y un 20% para repararla.

Las fallas eléctricas están expuestas a factores externos como las caídas de tensión o sobrecarga de energía eléctrica y producen fallas en la máquina inyectora, como las que se indican en la siguiente tabla.

Tabla IV. Fallas eléctricas en la máquina inyectora

<b>Fallas</b>	<b>Causas</b>	<b>Acciones correctivas</b>
Micros fuera de contacto.	a. Cables desconectados. b. Tornillos desgastados. c. Rodillo atorado.	a. Hacer nuevas conexiones. b. Colocar en la posición correcta.
Tablero de controles desprogramado.	a. Corto circuito. b. Fusibles quemados. c. Cables desconectados.	a. Reparar el circuito. b. Cambiar el fusible o revisar el amperaje. c. Conectar cables y aislar conexiones.
La resistencia no es capaz de derretir la laminilla.	a. Resistencia quemada. b. Resistencia desconectada.	a. Cambiar la resistencia. b. Revisar el circuito y reconexionarlo.

### 3.4.3. Hidráulica

Las fallas hidráulicas en las válvulas y cilindros de la máquina ocurren cuando el aceite hidráulico va contaminado con partículas extrañas o cuando presenta pérdida de viscosidad por calentamiento.

El sistema hidráulico es la base para el funcionamiento de la máquina inyectora, a través de una bomba hidráulica y las válvulas correspondientes al movimiento de los cilindros, sin embargo una falla provoca que los elementos de máquina no funcionen correctamente, estas fallas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla V. Fallas hidráulicas en la máquina inyectora.

<b>Falla</b>	<b>Causa</b>	<b>Acción correctiva</b>
Filtros tapados.	a. Impurezas o partículas extrañas en el aceite hidráulico. b. Suciedad acumulada durante su uso.	a. Colocar filtros paralelos. b. Evacuar los sólidos en suspensión dentro del filtro.
Válvulas bloqueadas.	a. Insuficiente filtrado del aceite. b. Empaques dañados.	a. Cambiar diafragma de filtrado. b. Reparar válvula. c. Cambiar válvula.
Caudalímetro tapado.	a. Sedimentación y lodos en el agua. b. Fugas en las mangueras.	a. Purgar el Caudalímetro. b. Limpiar y reparar mangueras.

### **3.5. Factores externos que provocan fallas en los elementos de máquina**

Generalmente las fallas surgen por la falta de mantenimiento preventivo, sin embargo la asignación de un presupuesto justo permitirá que se utilicen repuestos y materiales confiables en las máquinas inyectoras.

Los dos factores externos más involucrados en las fallas de los elementos de máquina son: el agua y la energía eléctrica.

El agua puede ser tratada a través de soluciones químicas que reducen la acumulación de sedimentación y lodos. Las descargas o sobrecargas de energía eléctrica se pueden evitar mediante equipos de almacenamiento de energía, sin embargo esas acciones generan costos elevados que requieren un análisis minucioso para calcular el retorno de la inversión.



## 4. PROCESO DE INYECCIÓN PARA ACCESORIOS DE PVC

Este capítulo describe el proceso de inyección para accesorios de PVC, como una referencia para comprender el flujo de la producción de los accesorios, sin embargo el tema principal se enfoca al estudio de tiempos en el procedimiento para cambio de moldes, tema que se tratará posteriormente.

### 4.1. Descripción

El proceso de inyección para cualquier accesorio de PVC, comprende tres etapas que se llevan a cabo de la siguiente manera: inicio del llenado de la línea, el ciclo y descarga.

#### a. Inicio del llenado de la línea

Esta etapa consiste en la preparación o ajuste de la máquina y la alimentación de la tolva, que son operaciones que realiza el encargado de la máquina, cada vez que se inicia el arranque de la máquina o se cambia el molde.

- 1) **Preparación:** En esta operación, se verifica el tipo de materia prima que se utilizará para el accesorio a fabricar, según el color y que no tenga impurezas o contaminación como: metal, aceite, purga, etc. Se acciona el interruptor principal o *flip-on* y luego el interruptor de la máquina utilizando un tiempo de 60 minutos para su calentamiento.

Se revisa que los enfriadores (*chiller*) y bombas de agua estén funcionando, que el paso de agua esté al 100% en el molde y que no existan fugas.

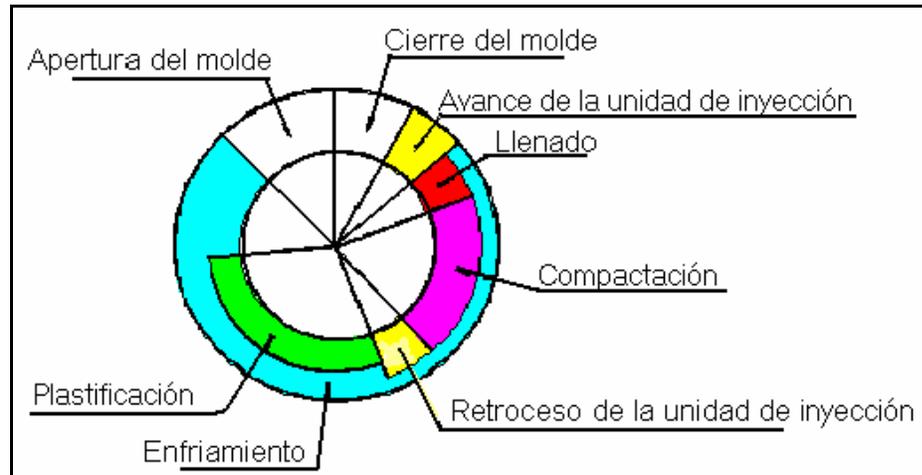
Se revisa que las mangueras hidráulicas estén bien instaladas y sin fugas. Se realiza la revisión del molde que consiste en: abrir el molde, retroceder los *noyos* o machos, avance del expulsor, retroceder expulsor y avance de los *noyos*.

- 2) **Alimentación de la tolva:** Consiste en llenar la tolva de la máquina con la materia prima seleccionada en la operación anterior, sin que se produzcan derrames sobre la máquina inyectora y dejando limpia la máquina y área de trabajo para evitar contaminación de la materia prima. En ésta operación la tolva se debe llenar hasta 2 cm por debajo de la abertura superior.

## **b. El ciclo**

Es la etapa donde se producen los accesorios, que de acuerdo a la figura 10, inicia con el cierre del molde, avance de la unidad de inyección, llenado, compactación, retroceso de la unidad de inyección, enfriamiento, plastificación, apertura del molde y expulsión, manteniéndose el ciclo durante toda la jornada de trabajo o hasta que exista cambio de molde. Lo que se repite es la alimentación de la tolva conforme ésta se descarga.

Figura 10. Fases del ciclo de inyección



El ciclo de inyección está dividido en varias fases, algunas de las cuáles son secuenciales y otras se solapan entre sí dado que no interfieren entre ellas. Para comprender el proceso y la influencia de cada fase, éstas se desglosan a continuación.

- 1) **Cierre del molde.** Constituye el inicio del ciclo de inyección.
- 2) **Avance de la unidad de inyección.** La unidad de inyección, que hasta ese instante está separada del molde por los motivos que se citarán a continuación, avanza hasta que su boquilla se adapta a la boquilla del molde.
- 3) **Llenado de la cavidad (*filling*).** Tan pronto como la unidad de inyección dispone de la presión suficiente y se han adaptado ambas boquillas (molde y unidad de inyección), se inicia el proceso de inyección. La duración de ésta fase puede ser de varios segundos, dependiendo de la cantidad de material a inyectar y de las características del proceso.

- 4) **Enfriamiento (*cooling*)**. Esta fase comienza simultáneamente con la de llenado, dado que el material empieza a enfriarse tan pronto como toca la pared del molde, finalizando cuando la pieza alcanza la temperatura adecuada para su extracción del molde. Dadas sus características se solapa también con la fase siguiente.
  
- 5) **Compactación (*holding pressure/packing*)**. La fase de compactación sigue a la de llenado. Durante ésta, la velocidad de inyección del tornillo es baja, ya que tiene la finalidad de alimentar con la cantidad suficiente de material a la cavidad y compensar la contracción que éste sufre durante su solidificación. Esta fase condiciona ciertas características de la pieza final, tales como su peso total, sus tolerancias dimensionales y sus características internas.
  
- 6) **Retroceso de la unidad de inyección**. En el instante en que las entradas de material a la cavidad solidifican, la unidad de inyección no es necesaria para mantener la presión de compactación y debe ser retirada para no interferir con el proceso de enfriamiento de la cavidad. Esto permite que la unidad de inyección pueda iniciar la plastificación del material para la siguiente inyectada de material, simultaneándose con la fase de enfriamiento y acelerando así el tiempo total de ciclo.
  
- 7) **Apertura del molde**. Cuando se considera que el material de la pieza ha alcanzado la temperatura denominada de extracción, el molde se abre y se expulsa la pieza de su interior para reiniciar el ciclo de inyección.

Debido a que el tiempo de ciclo (resultado de la suma de los tiempos necesarios en cada una de las fases) es clave para la determinación del costo final de la pieza inyectada, la tendencia consiste en disminuir al máximo la duración de cada una de las fases para contribuir a la disminución del tiempo total. Por este motivo, también los movimientos que se producen en la máquina y en el molde tienden a ser lo más rápido posible.

Desde el punto de vista de la influencia de los parámetros del proceso, sólo son tres las fases que merecen un estudio detallado: **fase de llenado**, **fase de compactación** y **fase de enfriamiento**. Las fases restantes sólo influyen sobre el tiempo total de ciclo y no se ven afectadas por los parámetros antes señalados.

Como se podrá comprobar, las fases del ciclo dependen simultáneamente de diversos parámetros, que están a su vez relacionados entre sí. No obstante la complejidad con que éstos parámetros se relacionan, es posible asignar un cierto orden de importancia a determinados parámetros dentro de algunas fases del ciclo, lo cual permite simplificar la toma de decisiones acerca de qué parámetro considerar y cuál debe ser su valoración.

- **Fase de llenado:** aquí los parámetros más relevantes son la velocidad de inyección (con sus parámetros relacionados: tiempo de llenado y perfil de velocidades de inyección) y la temperatura de inyección. Un ajuste adecuado de ambos parámetros, de acuerdo con las características del material inyectado, permite obtener un perfil de presiones en la cavidad sin variaciones bruscas y una presión máxima de inyección (con su parámetro relacionado: fuerza de cierre) lo más baja posible.
- **Fase de compactación:** aquí los parámetros más influyentes son la transición entre llenado y compactación, la temperatura de molde y el tiempo de mantenimiento de presión (con sus parámetros relacionados: perfil de presiones de compactación y velocidad de enfriamiento del material), ya que ellos garantizan una evolución de presión en la cavidad sin variaciones bruscas a partir del perfil de llenado.

- **Fase de enfriamiento:** está influida notablemente por la temperatura del molde, la temperatura de extracción y la temperatura ambiente (con sus parámetros relacionados: velocidad de enfriamiento del material y tiempo de enfriamiento), ya que de ellos depende la calidad final de la pieza obtenida (tolerancias dimensionales, comportamiento en servicio).

### c. Descarga

Es la etapa en la que el encargado de la máquina retira los accesorios del recipiente de descarga situado en el área de expulsión de la máquina inyectora. Incluye las operaciones de inspección primaria, pesaje o conteo, empaque y rotulación.

- 1) **Inspección primaria:** es la operación que ejecuta el encargado de la máquina para eliminar las velas o rebabas sobrantes del accesorio como producto de la inyección, utilizando para ello una cuchilla o navaja sencilla. El producto conforme es colocado en cajas plásticas y el no conforme en sacos correctamente identificados y se colocan en la zona roja designada, para ser triturados posteriormente.
- 2) **Pesaje o conteo:** se realiza previo al empaque de los accesorios para su posterior distribución. Los accesorios de ½" a 1 ½" de diámetro nominal, se empacan en bolsas de 100 unidades y los de 2" a 4" en sacos, debidamente sellados.
- 3) **Empaque y rotulación:** las bolsas o sacos determinados en la operación anterior, son rotulados según los campos de impresión en los sacos y las etiquetas que se colocan en las bolsas plásticas. La rotulación proporciona información de cantidad, tipo de accesorio, dimensiones, fabricante, fecha de fabricación, norma ASTM, etc.

## **4.2. Materia prima utilizada**

La materia prima principal para accesorios de PVC se deriva del Policloruro de vinilo y se obtiene a través de laminilla, Peletizado y recuperado.

La laminilla proviene de envases reciclados o productos que han perdido vigencia en su uso, ésta debe ser de productos 100% PVC con el triángulo que lo identifica como su base principal, de lo contrario la inyección del material en el molde no se producirá correctamente, debido a que la temperatura de fusión del PVC es distinta a la de otros materiales como el polietileno y el poliestireno, o el accesorio presentará defectos superficiales. El Peletizado tiene forma granulada de aproximadamente 3 o 4 milímetros de espesor y proviene de productos reciclados de espesor considerable. El recuperado se obtiene a través de la molienda de las velas, purgas o producto no conforme que resulte de la inyección.

El Policloruro de Vinilo (PVC) reconocido y caracterizado hace aproximadamente cien años, comenzó a tomar relevancia comercial significativa en Alemania antes de la Segunda Guerra Mundial y en los Estados Unidos se desarrolló muy rápidamente durante la guerra y en el período de posguerra. Desde entonces su desarrollo y crecimiento en el orden mundial no han tenido pausa.

El PVC es un polímero producido a partir de dos materias primas naturales, la sal común o cloruro de sodio (NaCl) con el 57% y gas o petróleo con el 43%. Por lo tanto es menos dependiente del petróleo como recurso no renovable, que otros polímeros.

La sal común o sal de mesa es un recurso prácticamente inagotable ya que sus reservas están calculadas para 200,000 años. La sal (NaCl) previamente disuelta en agua, es sometida a un proceso electrolítico por el cual se obtiene solución de soda cáustica, hidrógeno y cloro.

Del gas natural o del petróleo se obtiene el etileno, luego por la reacción química entre el cloro y el etileno, pasando por etapas intermedias, se llega al cloruro de vinilo. El cloruro de vinilo que es un gas a temperatura ambiente, se polimeriza en recipientes herméticos (Autoclaves) generando un producto en polvo blanco, inerte, inocuo, conocido como Policloruro de vinilo o PVC.

#### **4.2.1. Componentes y aditivos**

La laminilla es mezclada con colorantes para homogenizar el color del accesorio deseado, no contiene plastificantes porque éstos disminuyen la carga a la ruptura por tracción lo cual es un parámetro de calidad que se mide según el número de lista (schedule). La presentación de los colorantes generalmente es en polvo el cual viene empacado en sobres de ½ o 1 libra. Los colores principales que se utilizan para accesorios son el blanco y el gris. El color blanco corresponde a los accesorios para agua potable y el gris para drenaje. El color blanco es necesario porque la laminilla generalmente viene en color transparente.

Para transformar el PVC semi-rígido se necesita del agregado de sustancias conocidas como estabilizantes para controlar la degradación del polímero por efecto del calor proporcionado para el maquinado y el generado por fricción. Actualmente se utiliza calcio y zinc, que son los que están siendo objeto del mayor desarrollo para aplicarlos no solamente al envasado de productos bio-médicos y alimenticios sino a los compuestos de PVC en general.

#### **4.2.2. Conservación**

Se debe conservar la materia prima en una bodega con cubierta, lo que permitirá protegerla de los factores ambientales (luz, lluvia, calor, etc.). Una vez por semana, el asistente de almacén debe recorrer las instalaciones de la bodega con el fin de verificar las condiciones de las materias primas críticas y en caso de detectar algún deterioro debe informar al jefe de control de calidad para que determine las pruebas y acciones necesarias que requiera la materia prima encontrada.

Las materias primas se deben conservar dentro del almacén en bolsas, toneles o cajas selladas, que impidan su contaminación y faciliten su movilización, en montacargas o manualmente de forma segura tanto para el operario como para el producto.

#### **4.3. Flujo del proceso**

El flujo del proceso comprende la preparación de la máquina, el ciclo y la recolección del producto o descarga. Estas operaciones se han descrito en éste capítulo en la sección 4.1 de descripción del proceso y se realizarán los diagramas correspondientes para visualizar ampliamente el flujo del proceso por el departamento de inyección.

Las operaciones que se indican en éste capítulo servirán de referencia únicamente para comprender el proceso de inyección, ya que las operaciones para el procedimiento de cambio de moldes son totalmente distintas y se tratarán en el siguiente capítulo.

#### **4.3.1. Diagrama de operaciones**

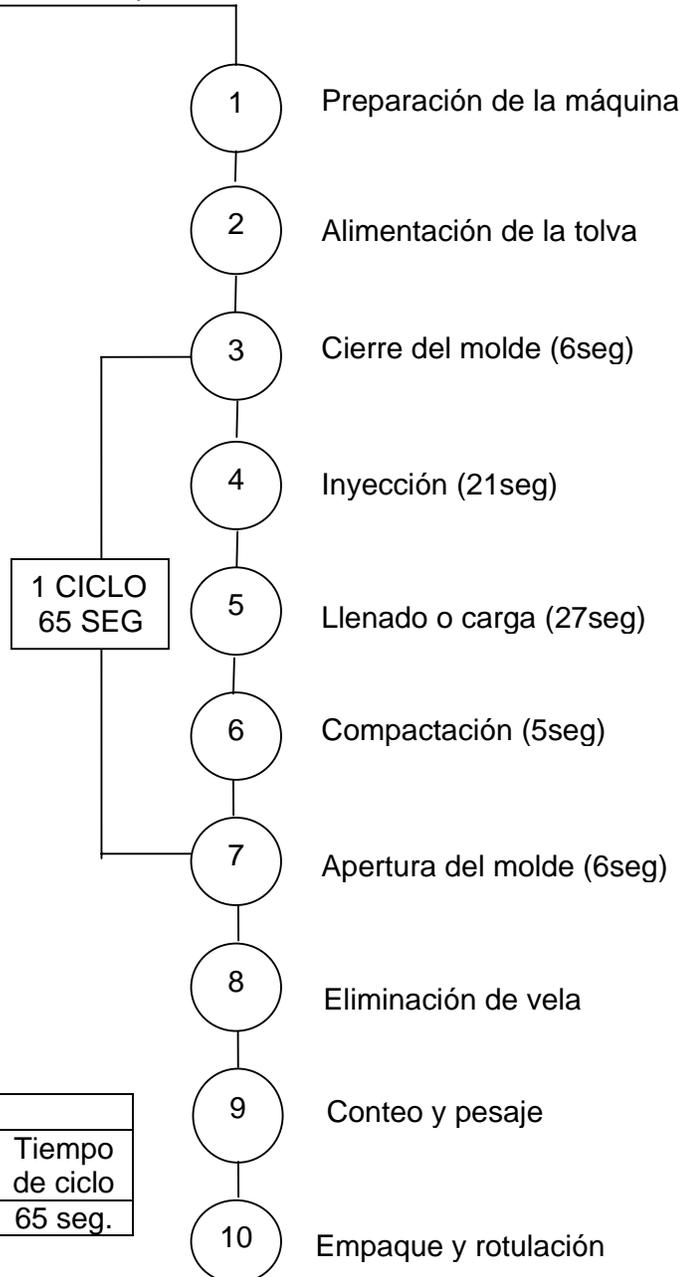
El diagrama de operaciones que se muestra en la figura 11, ayuda a visualizar el proceso de inyección en el área de la máquina inyectora. Las operaciones que se indican dentro del ciclo se repiten para cada accesorio según el molde instalado, variando únicamente las de preparación, alimentación, inspección, pesaje y empaque.

Estas últimas operaciones se realizan según el tamaño del accesorio, debido a que en la medida en que van cayendo del área de descarga se va llenando el recipiente de accesorios, por lo tanto hay que vaciarlo.

Figura 11. Diagrama de operaciones de inyección

DIAGRAMA DE OPERACIONES			
DEPARTAMENTO	Inyección	FECHA	00/00/00
PRODUCTO	Cualquier accesorio de pvc	PÁGINA	1/1
INICIA	Preparación de máquina	HORA INICIO	0:00
FINALIZA	Empaque y rotulación	HORA FINAL	0:00
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia	MÉTODO	Actual

Laminilla de PVC, Peletizado o recuperado



RESUMEN		
Descripción	Cantidad	Tiempo de ciclo
Operación	10	65 seg.

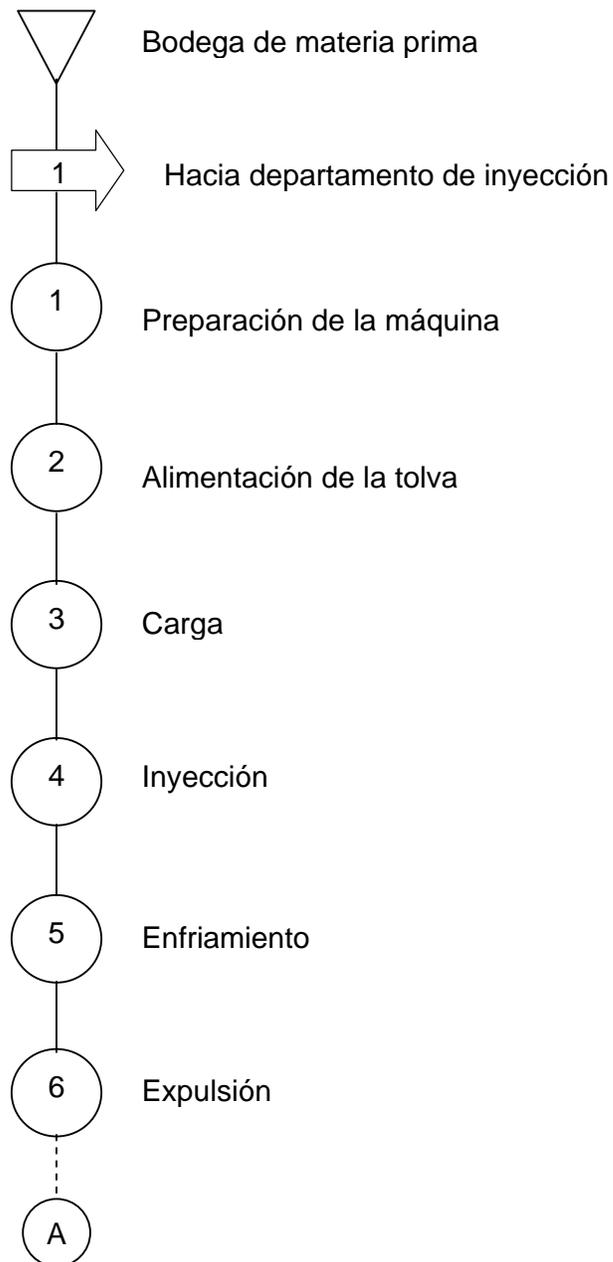
### **4.3.2. Diagrama de flujo**

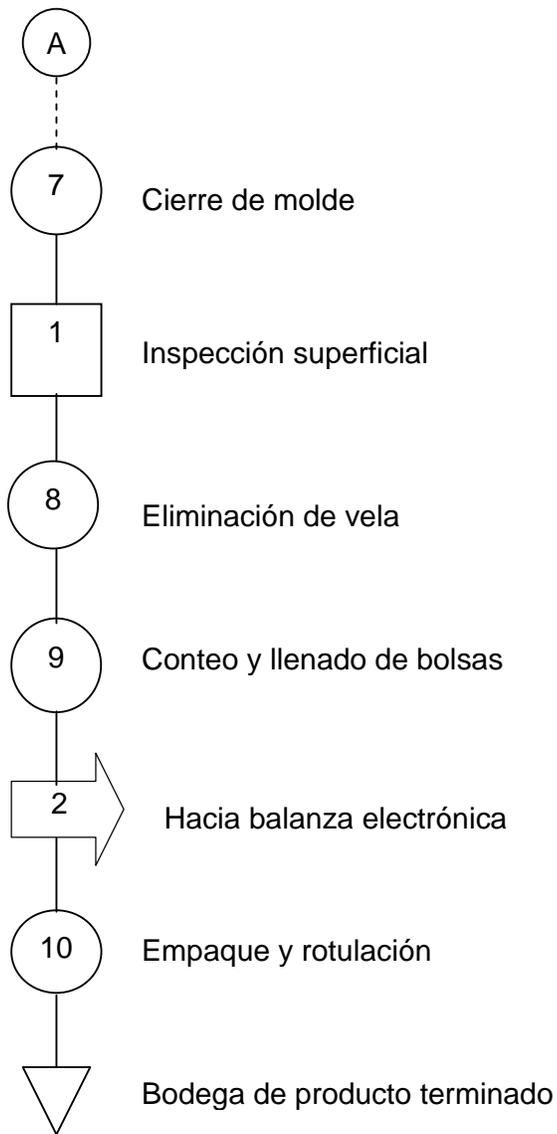
Esta herramienta de ingeniería permite identificar el flujo que sigue el material para ser convertido en accesorio o producto y luego la trayectoria para su empaque respectivo.

En el diagrama de la figura 12 se toman en cuenta los transportes, demoras y almacenamiento de los materiales y productos, más no así de las operaciones del cambio de moldes.

Figura 12. Diagrama de flujo del proceso de inyección

<b>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO</b>			
DEPARTAMENTO	Inyección	FECHA	00/00/00
PRODUCTO	Cualquier accesorio de pvc	PÁGINA	1/2
INICIA	Preparación de máquina	HORA INICIO	0:00
FINALIZA	Empaque y rotulación	HORA FINAL	0:00
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia	MÉTODO	Actual





RESUMEN		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TIEMPO DE CICLO (seg.)
OPERACIONES	10	65
INSPECCIONES	1	
TRANSPORTE	2	
ALMACENAMIENTO	2	
	TOTAL	65 Seg.

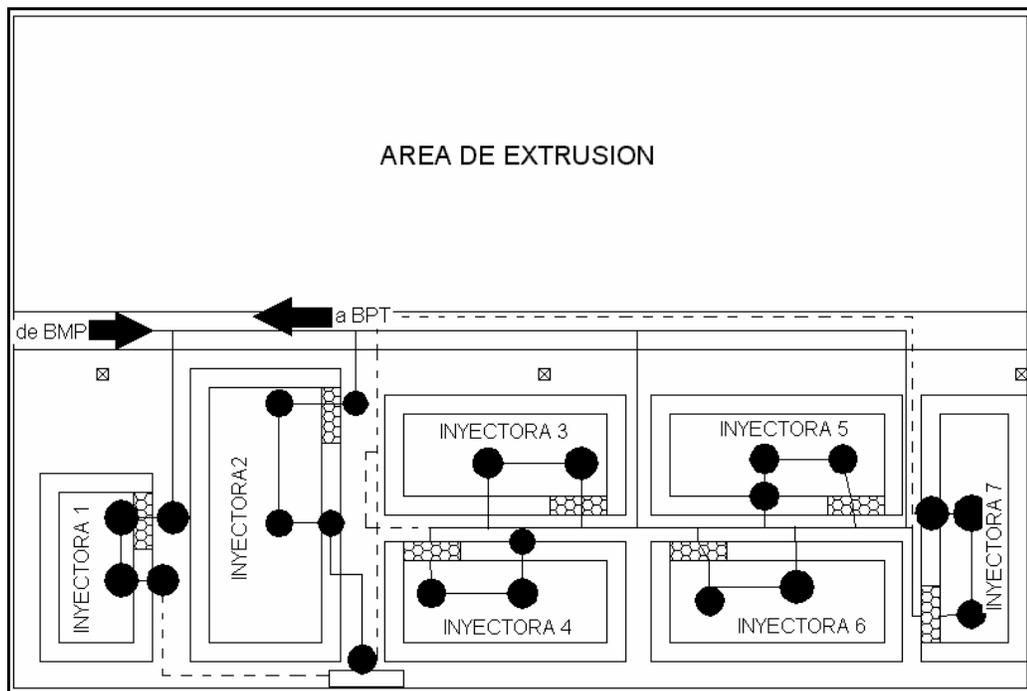
### 4.3.3. Diagrama de recorrido

Este diagrama es una herramienta de ingeniería que permite visualizar el recorrido de la materia prima, hasta convertirse en producto, en los que incluye las operaciones, transportes y almacenamiento.

El proceso de inyección se convierte en intermitente, debido a la poca frecuencia con la que se transporta materia prima hacia las tolvas o producto hacia la bodega de producto terminado.

En la figura 13 se muestra el diagrama de recorrido para el flujo del proceso de inyección, específicamente en ésta empresa, donde se puede observar que las máquinas están aglomeradas en un departamento específico de inyección.

Figura 13. Diagrama de recorrido del proceso de inyección





## 5. ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL PROCEDIMIENTO DE CAMBIO DE MOLDES

Este capítulo se enfoca exclusivamente a la determinación del tiempo estándar para el procedimiento de cambio de moldes en las máquinas inyectoras. Existen aproximadamente 32 moldes de distintos tamaños para diferentes tipos de accesorios, que requieren tiempos distintos para montaje y desmontaje debido a la complejidad de sus componentes. Algunos moldes son pequeños que no requieren mucho esfuerzo para montarlos (ejemplo: Tuerca de  $\frac{3}{4}$ ", Adaptador de  $\frac{1}{2}$ ", codo de 1" y Tapones), otros son muy grandes que requieren que sus cilindros o machos sean alzados individualmente con la ayuda del polipasto (ejemplo: Codo para drenaje de 4", Tee de 4" y Yee de 4").

**Debido a lo descrito en el párrafo anterior, se determinará el tiempo estándar para cambios de molde únicamente para los accesorios codo presión de 1" y codo para drenaje de 4".**

### **a. Codo presión de 1"**

Este accesorio se utiliza para cambiar de dirección al tipo de flujo conducido (agua o aire a presiones moderadas) y se fabrican en ángulos que varían de 30, 45, 60 y 90 grados. Para la determinación del tiempo estándar en el cambio de éste molde se utilizará el de codo de 90 grados de 1" de diámetro nominal, *schedule* 40, del cual salen 2 codos por cada ciclo de inyección debido a las cavidades con que cuenta. El *schedule* o cédula es normado por la ASTM (*American Society of Testing Materials*) para distintas presiones que se interpreta de la siguiente manera:

Una conexión de “¾” de diámetro nominal schedule 40 tiene:

Diámetro externo: 1.05 pulgadas

Diámetro interno: 0.824 pulgadas

Una conexión de “¾” de diámetro nominal schedule 5 tiene:

Diámetro externo: 1.05 pulgadas

Diámetro interno: 0.92 pulgadas

Es decir que, a menor schedule menor espesor del accesorio y soporta menos presión.

#### **b. Codo drenaje 4”**

Este tipo de accesorio tiene la misma función que el codo descrito anteriormente, sin embargo por tener mayor diámetro, permite el paso de un mayor caudal y se utiliza para agua pluvial o drenaje. El molde para éste tipo de accesorio solamente está provisto de una cavidad, esto quiere decir que por cada ciclo de inyección que realice la máquina solamente se producirá un accesorio.

Debido al gran diámetro interno que requiere el codo de 4”, el molde viene provisto de dos machos de diámetro grande, los cuales son muy pesados que al montarlos requieren el uso del polipasto para subirlos o bajarlos individualmente, de esta manera se pueden atornillar al molde mientras están suspendidos del polipasto.

Previo al estudio de tiempos y movimientos del procedimiento de montaje y desmontaje de estos moldes, se deben realizar algunas actividades de preparación como las que se indican a continuación:

- ✓ El molde a montar, debe estar listo para el montaje en la inyectora, debe tener todas las partes listas y en buen estado, para evitar contratiempos en el proceso de montaje.
  
- ✓ En el procedimiento de montaje del molde se deben tener todas las herramientas, equipo y accesorios para realizar dicho montaje. Con esto se disminuye el tiempo de montaje y se aumentan las horas productivas de la máquina. La persona que está haciendo el montaje debe tener pleno conocimiento del funcionamiento del molde y de la máquina, esto se hace con el fin de no dañar alguna pieza del molde o de la máquina y prevenir riesgos de accidentes. En la tabla siguiente se muestra un listado de equipo, herramientas y accesorios necesarios para el montaje y desmontaje de éstos moldes.

Tabla VI. Equipo, herramientas y accesorios utilizados para cambio de moldes.

<b>EQUIPO</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>ACCESORIOS</b>
Polipasto de 3 toneladas de capacidad.	Llaves allen de 1/8", 1/4", 1/2", 5/8" y 3/4".	Bridas de diferente grosor.
Troquel.	Llaves de cola y corona de 1 1/2", 1 3/4" y 2".	Argollas de 2 1/2" de diámetro.
Tarimas de madera.	Cangrejo de 1 1/2".	Tuercas hexagonales de 2".
	Nivel horizontal de 30 o 60 cm.	Abrazaderas de 3/4".
	Cinta métrica.	Mangueras óleo-hidráulicas.
	Lazo de polietileno de 1" de diámetro por 2 metros de largo.	Mangueras para agua de enfriamiento.

- ✓ Al molde que se está bajando o desmontando de la máquina inyectora, se le debe hacer una revisión mediante una lista de chequeo de inyección, esto quiere decir que antes de bajarlo se realiza un análisis de funcionamiento y las posibles fallas, en este caso es conveniente guardar el último accesorio que se procesó.

### **5.1. División de elementos**

La división de elementos de trabajo en los cambios de molde se basa en la idea de analizar los procesos en elementos por separado, ya que con esto se logra determinar las causas de demoras evitables. Este método describe paso a paso las operaciones útiles dentro del procedimiento de cambio de moldes, mismas que servirán para recolectar los tiempos de operación a través del inicio y final de la actividad definidos previamente.

Un elemento es una división lógica de una operación, que es clara y se puede medir, puede también definirse como uno o más conocimientos regularmente combinados en la misma secuencia para conseguir un resultado específico. Actualmente el método utilizado es un procedimiento totalmente manual sobre el cual se hará el estudio de tiempos.

En las figuras 14 y 15 se muestran los diagramas de flujo que indican la secuencia de las operaciones que se efectúan para realizar el montaje y desmontaje de los moldes definidos anteriormente (codo de 1" y codo de 4" respectivamente).

Figura 14: Diagrama de flujo de montaje y desmontaje del molde para codo de 1”

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
AREA	Inyección
PROCESO	Montaje y desmontaje del molde para codo de 1”
FECHA	00/00/00
INICIA	Taller de moldes
FINALIZA	Taller de moldes
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia
PÁGINA	1/6

Molde codo presión de 1”

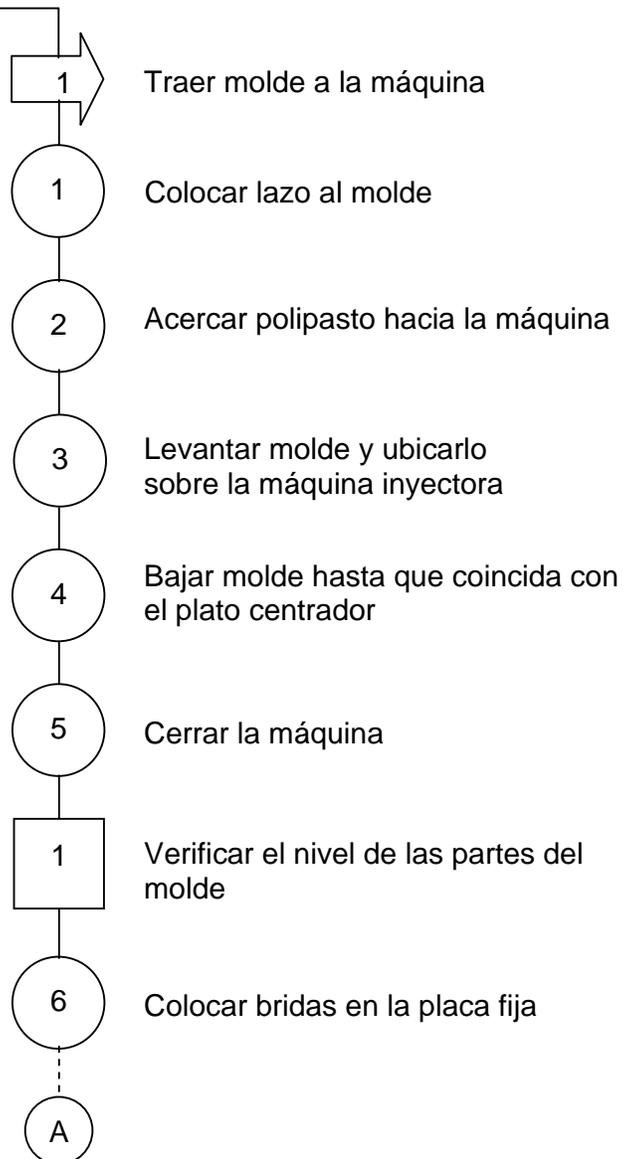


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
AREA	Inyección
PROCESO	Montaje y desmontaje del molde para codo de 1"
FECHA	00/00/00
INICIA	Taller de moldes
FINALIZA	Taller de moldes
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia
PÁGINA	2/6

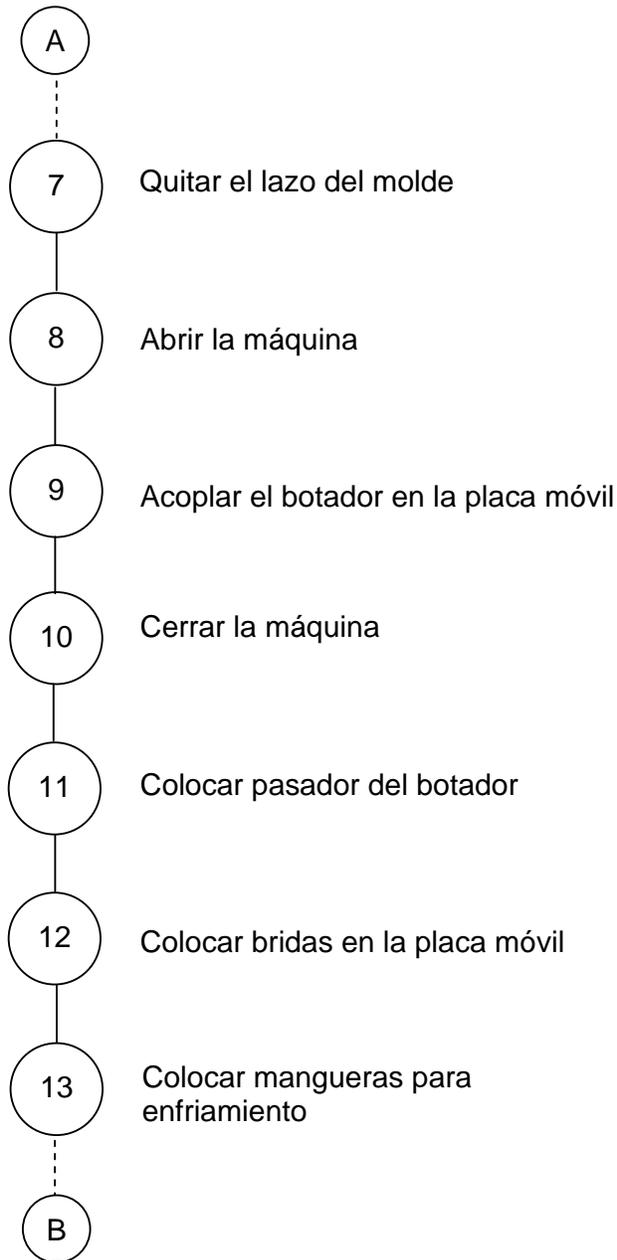


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
AREA	Inyección
PROCESO	Montaje y desmontaje del molde para codo de 1"
FECHA	00/00/00
INICIA	Taller de moldes
FINALIZA	Taller de moldes
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia
PÁGINA	3/6

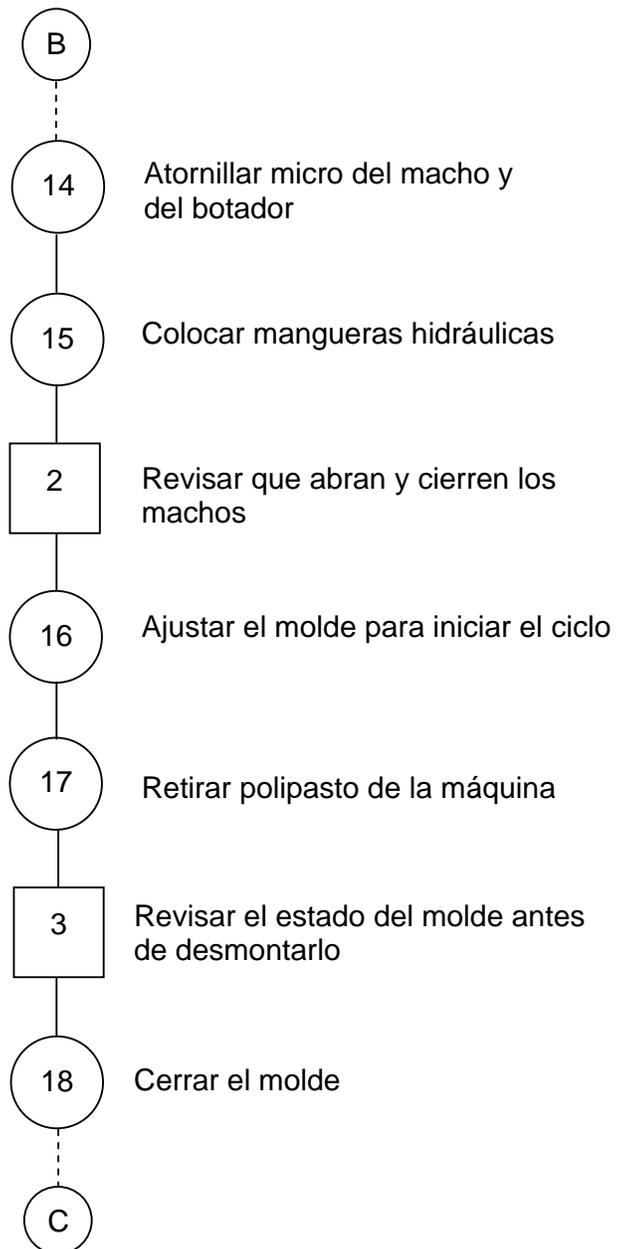


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
AREA	Inyección
PROCESO	Montaje y desmontaje del molde para codo de 1"
FECHA	00/00/00
INICIA	Taller de moldes
FINALIZA	Taller de moldes
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia
PÁGINA	4/6

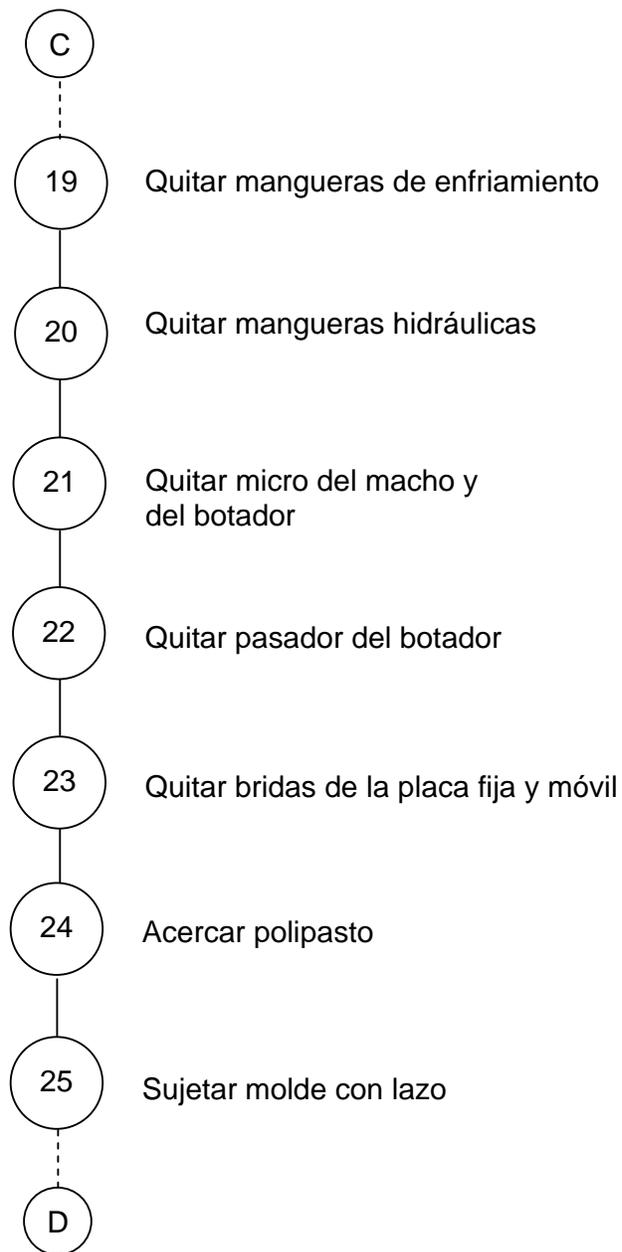


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
AREA	Inyección
PROCESO	Montaje y desmontaje del molde para codo de 1"
FECHA	00/00/00
INICIA	Taller de moldes
FINALIZA	Taller de moldes
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia
PÁGINA	5/6

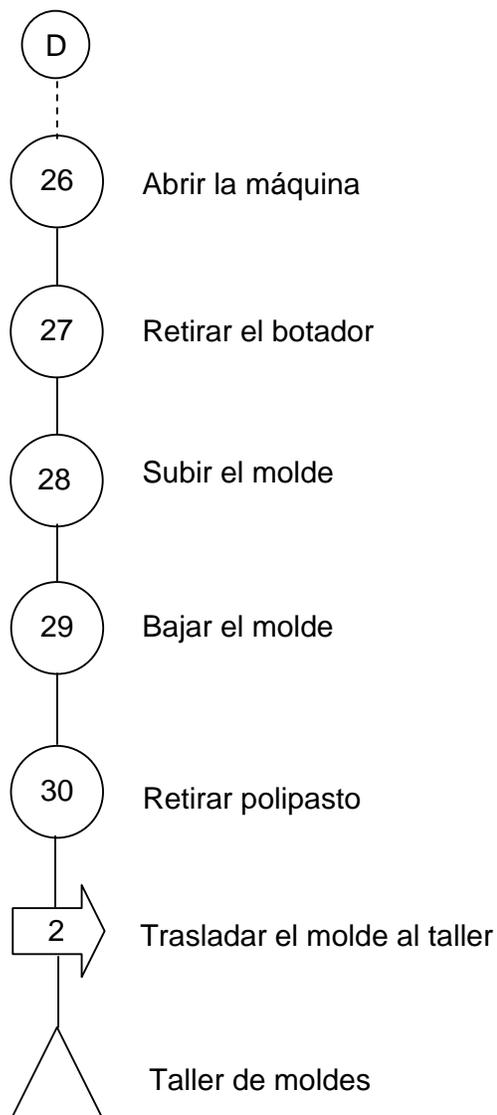


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
AREA	Inyección
PROCESO	Montaje y desmontaje del molde para codo de 1"
FECHA	00/00/00
INICIA	Taller de moldes
FINALIZA	Taller de moldes
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia
PÁGINA	6/6

RESUMEN		
FIGURA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	OPERACIONES	30
	INSPECCIONES	3
	TRANSPORTE	2
	ALMACENAJE	1

Figura 15. Diagrama de flujo de montaje y desmontaje del molde para codo de 4"

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
AREA	Inyección
PROCESO	Montaje y desmontaje del molde para codo de 4"
FECHA	00/00/00
INICIA	Taller de moldes
FINALIZA	Taller de moldes
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia
PÁGINA	1/8

Molde codo drenaje de 4"

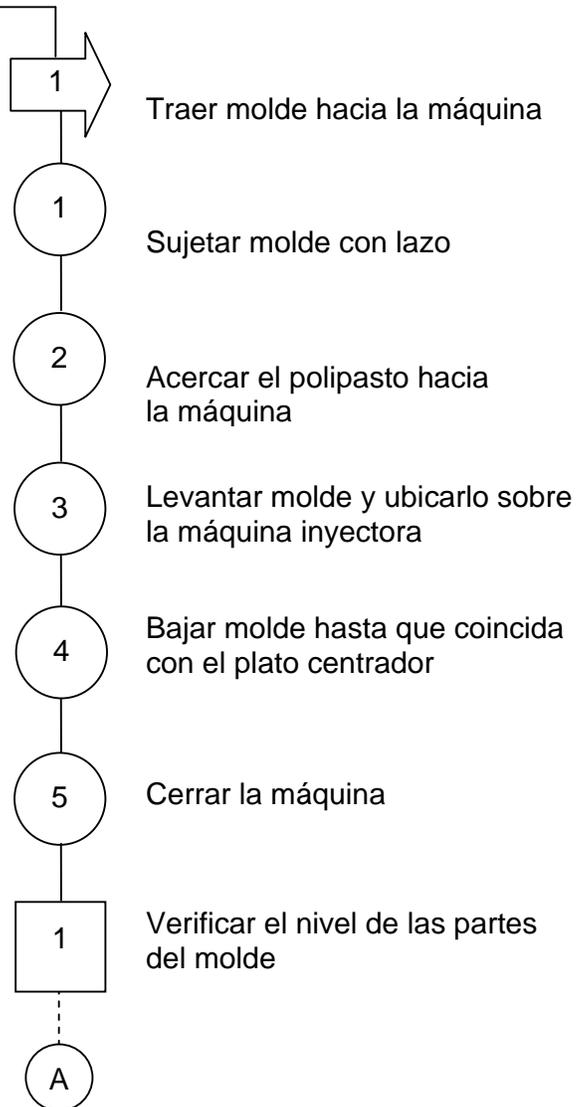


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
AREA	Inyección
PROCESO	Montaje y desmontaje del molde para codo de 4"
FECHA	00/00/00
INICIA	Taller de moldes
FINALIZA	Taller de moldes
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia
PÁGINA	2/8

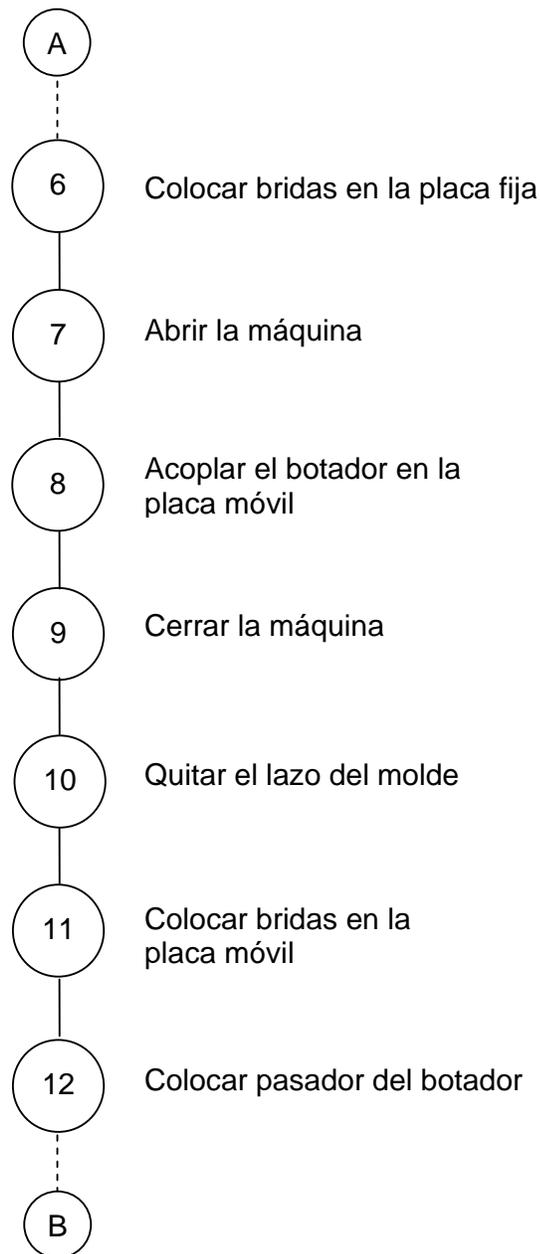


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
AREA	Inyección
PROCESO	Montaje y desmontaje del molde para codo de 4"
FECHA	00/00/00
INICIA	Taller de moldes
FINALIZA	Taller de moldes
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia
PÁGINA	3/8

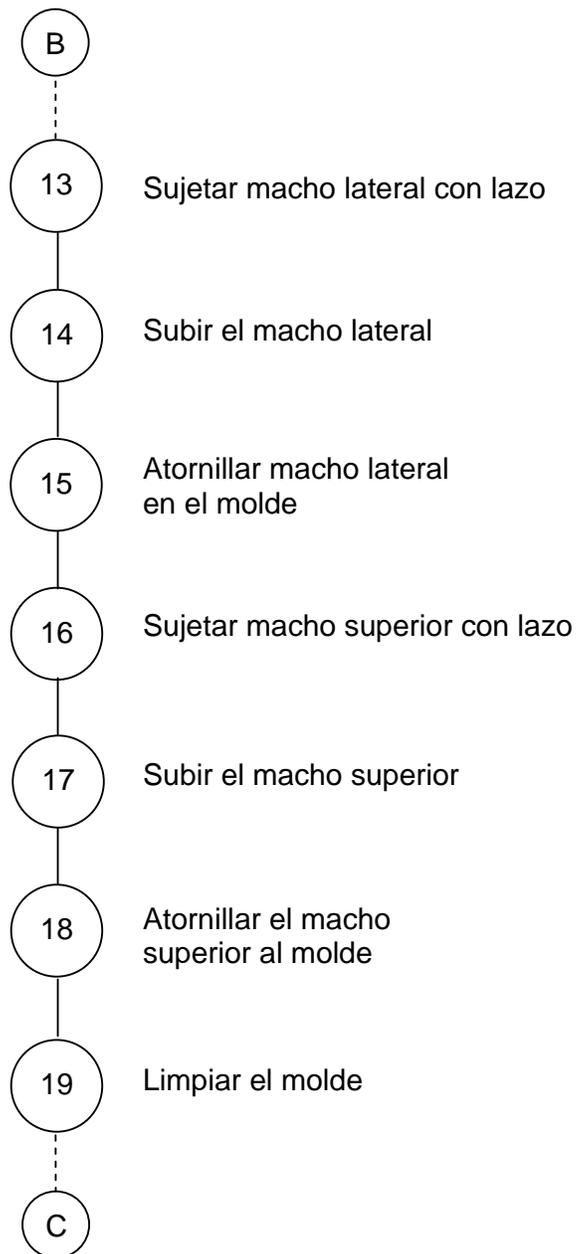


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
AREA	Inyección
PROCESO	Montaje y desmontaje del molde para codo de 4"
FECHA	00/00/00
INICIA	Taller de moldes
FINALIZA	Taller de moldes
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia
PÁGINA	4/8

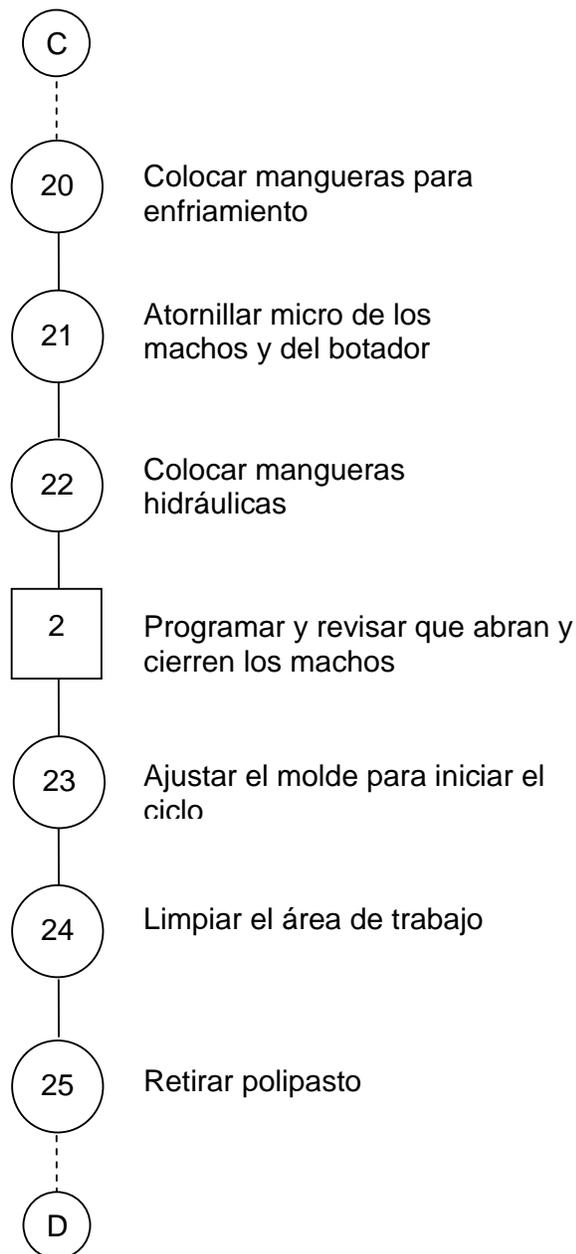


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
AREA	Inyección
PROCESO	Montaje y desmontaje del molde para codo de 4"
FECHA	00/00/00
INICIA	Taller de moldes
FINALIZA	Taller de moldes
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia
PÁGINA	5/8

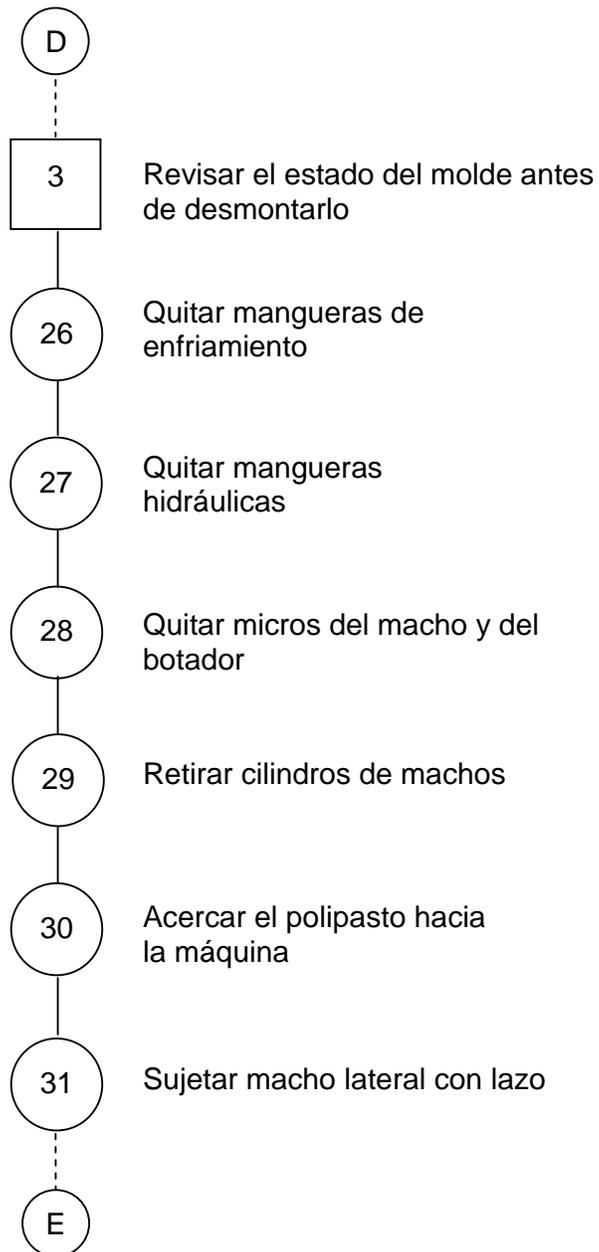


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
AREA	Inyección
PROCESO	Montaje y desmontaje del molde para codo de 4"
FECHA	00/00/00
INICIA	Taller de moldes
FINALIZA	Taller de moldes
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia
PÁGINA	6/8

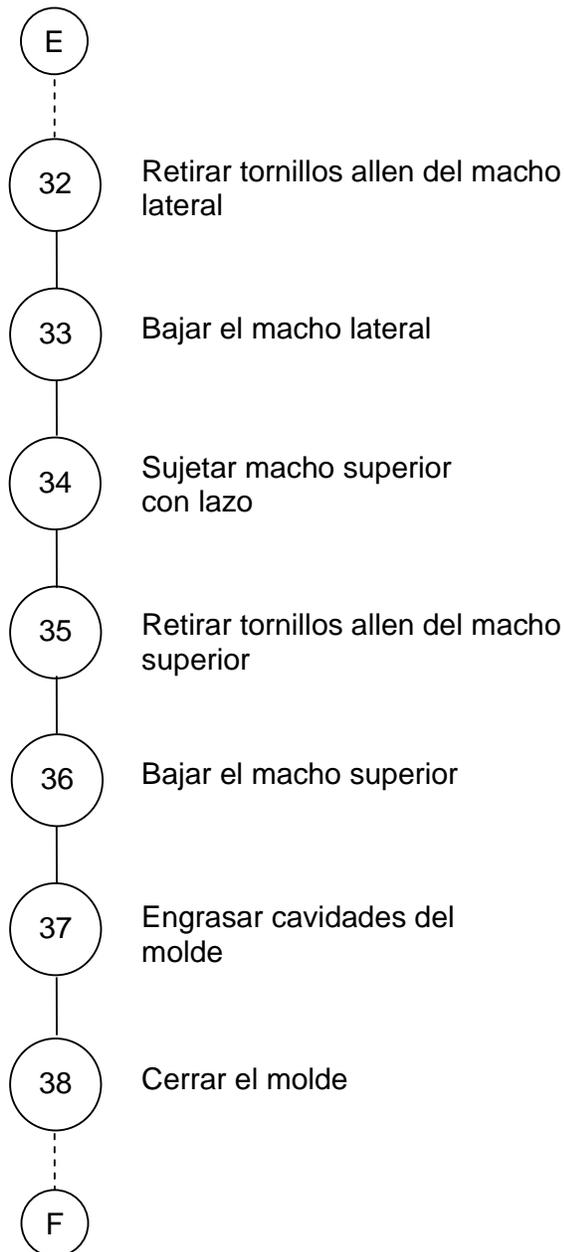


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
AREA	Inyección
PROCESO	Montaje y desmontaje del molde para codo de 4"
FECHA	00/00/00
INICIA	Taller de moldes
FINALIZA	Taller de moldes
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia
PÁGINA	7/8

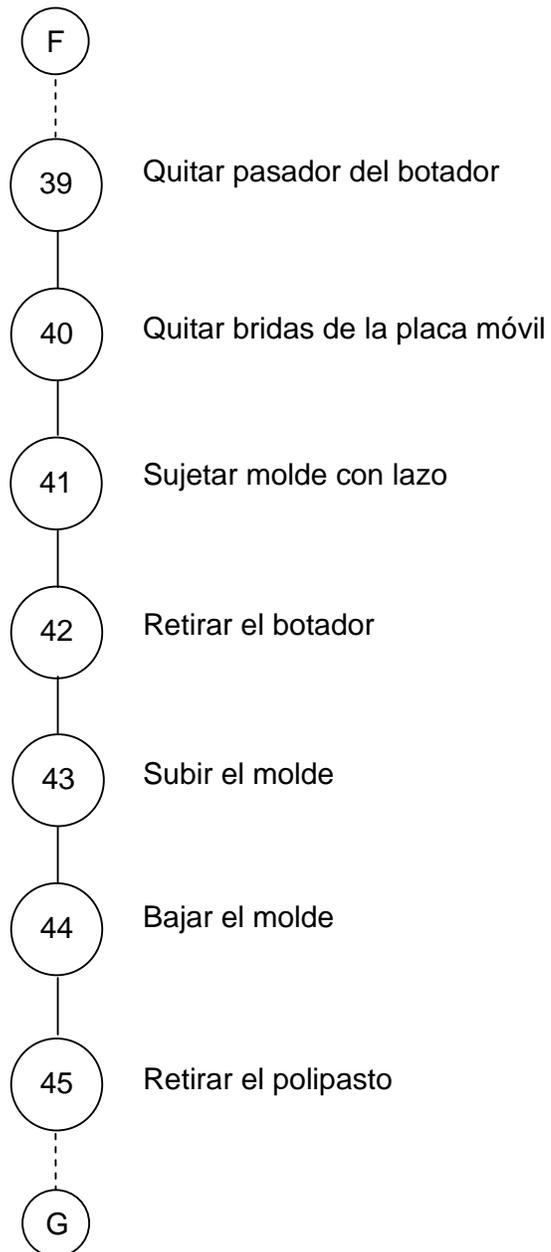
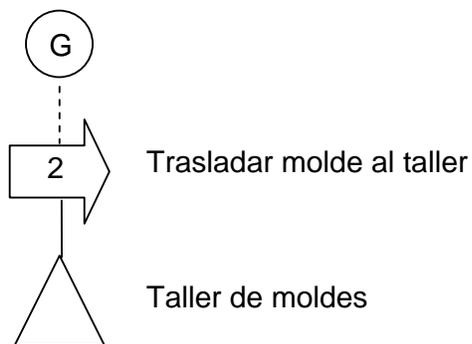


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
AREA	Inyección
PROCESO	Montaje y desmontaje del molde para codo de 4"
FECHA	00/00/00
INICIA	Taller de moldes
FINALIZA	Taller de moldes
ANALISTA	Ovidio Acabal Mejia
PÁGINA	8/8



RESUMEN		
FIGURA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
○	OPERACIONES	45
□	INSPECCIONES	3
➔	TRANSPORTE	2
△	ALMACENAJE	1

Las operaciones indicadas en los diagramas anteriores se describen a continuación, algunas operaciones se efectúan dos o tres veces durante el procedimiento, por lo tanto se describirán una sola vez.

- **Traer molde a la máquina:** Es una actividad de transporte que consiste en trasladar el molde desde el taller hacia la máquina en la que se llevará a cabo el montaje, para lo cual se utiliza un *pallet* que se introduce debajo de la tarima que contiene al molde. En algunos casos el molde se localiza en la estantería para moldes y se requiere el uso del montacargas para bajarlo.
- **Sujetar molde con lazo:** Es una operación que se realiza cuando el molde aun está sobre la tarima en el piso, para ello es necesario que el lazo abarque el molde completo y una vez que esté seguro se engancha en el polipasto.
- **Acercar el polipasto hacia la máquina:** Esta actividad consiste en trasladar el polipasto hacia la máquina inyectora, empujándolo a través de los rodos con que está provisto. Antes de trasladar el polipasto se debe despejar el paso retirando tarimas que contengan sacos o supersacos de materia prima.
- **Levantar el molde y ubicarlo sobre la máquina inyectora:** Cuando el lazo que sujeta al molde esta enganchado al polipasto, se procede a elevarlo lentamente hasta ubicarlo sobre la máquina inyectora.
- **Bajar el molde hasta que coincida con el plato centrador:** En esta operación se hace bajar el molde hasta que coincida con el plato centrador de la máquina, de lo contrario se daña el molde al cerrar la máquina.

- ❑ **Cerrar la máquina:** El cierre de la máquina permite prensar el molde entre la placa fija y la móvil, para proceder a colocar las bridas correspondientes, ésta operación se realiza desde el tablero de control.
- ❑ **Verificar el nivel de las partes del molde:** Antes de fijar el molde por medio de las bridas es recomendable que quede nivelado, lo cual se verifica con un nivel horizontal de burbujas.
- ❑ **Colocar bridas en la placa fija:** Es la operación que se realiza cuando se colocan las bridas en las ranuras respectivas del molde y la placa fija de la máquina, apretando las tuercas con las llaves respectivas. En este caso es necesario utilizar un tubo para que actúe como palanca y apriete al máximo para brindar seguridad al molde.
- ❑ **Quitar lazo del molde:** Una vez que el molde se encuentra fijo en ambas partes de la máquina no es necesario que permanezca el lazo, por lo tanto se puede retirar sin ningún inconveniente.
- ❑ **Abrir la máquina:** Consiste en abrir la máquina por medio del mecanismo de apertura, quedando colocado el molde en la placa fija, ésta operación se ejecuta desde el tablero de controles de la máquina.
- ❑ **Acoplar el botador en la placa móvil:** Operación que consiste en atornillar el botador al sistema de expulsión instalado en el interior del molde, luego se cierra nuevamente la máquina para fijar la parte móvil del molde.
- ❑ **Colocar bridas en la placa móvil:** Esta operación se da cuando se colocan y aprietan las bridas para fijar la placa móvil del molde con la máquina.

- **Colocar pasador del botador:** El pasador es un tornillo allen de ¼" de diámetro por 2" de largo, que se coloca en el cuello del botador a través de un orificio que contiene el vastazo del cilindro expulsor.
  
- **Colocar mangueras para enfriamiento:** Estas mangueras transportan agua con una temperatura inferior a los 10 grados centígrados, la cual fluye a través de los conductos internos del molde para enfriarlo y con ello obtener la solidez del accesorio. La operación se realiza mediante la sujeción de las abrazaderas por medio de los tornillos, dependiendo del tamaño del molde y de las cavidades con que cuenta, así será el número de mangueras que necesite, oscilando entre 4 y 8 por molde.
  
- **Atornillar micro del macho y del botador:** El micro es un dispositivo que envía señal de accionamiento por rodillo en el inicio y final de carrera del embolo para ejecutar movimientos secuenciales, ésta operación consiste en sujetar cada micro mediante dos tornillos allen en el lugar previsto.
  
- **Colocar mangueras hidráulicas:** Estas mangueras transportan el aceite hidráulico que acciona a los cilindros de doble efecto que abren y cierran los machos, la operación consiste en conectarlos a través de los *fittings* o acoples.
  
- **Revisar que abran y cierren los machos:** En está operación se activan los noyos desde el tablero de controles de la máquina para verificar que abran y cierren completamente los machos del molde.
  
- **Ajustar el molde para iniciar el ciclo:** En esta operación se abre la llave de paso del agua de enfriamiento y se observa que no existan fugas.
  
- **Retirar el polipasto:** Una vez que todo esté listo se retira el polipasto de la máquina para evitar obstáculos al operador de la misma.

- ❑ **Revisar el estado del molde antes de desmontarlo:** Después de haber producido la cantidad deseada de accesorios, se procede a desmontar el molde para optar por el montaje de otro con diferente forma, en este caso se debe revisar que el molde a desmontar tenga las mismas condiciones que tenía al momento de montarlo.
  
- ❑ **Quitar mangueras de enfriamiento:** Es la operación de aflojar los tornillos de las abrazaderas para retirar las mangueras de enfriamiento y proceder con el desmontaje, previo a esta operación es necesario cerrar la llave de paso del agua de enfriamiento.
  
- ❑ **Quitar mangueras hidráulicas:** Operación que se realiza al desconectar las mangueras hidráulicas del cilindro de los machos y enrollarlas correctamente para conservarlas en buen estado.
  
- ❑ **Quitar micro del macho y del botador:** Esta operación se lleva a cabo cuando se aflojan los tornillos de los micros y se enrollan los cables para utilizarlos en otra ocasión.
  
- ❑ **Quitar pasador del botador:** Esta operación se encarga de aflojar y retirar el tornillo que actúa como pasador del botador, dejándolo libre y poder abrir la máquina con facilidad.
  
- ❑ **Sujetar molde con lazo:** Esta operación se realiza cuando el molde aun esta sujetado con las bridas, de lo contrario se cae y daña las partes de la máquina.
  
- ❑ **Quitar bridas de la placa fija y móvil:** Es aflojar las tuercas de los tornillos para retirar las bridas que sujetan al molde y dejarlo libre para ser alzado mediante el polipasto.

- **Retirar el botador:** Una vez que el molde este libre se procede a retirar la barra que sirve como botador del accesorio, ésto se hace girando el botador para desenroscarlo mediante el uso de una llave especial.
  
- **Subir el molde:** Es alzar el molde mediante el polipasto hasta una altura suficiente para ser manipulado.
  
- **Bajar el molde y colocarlo en tarima:** Cuando el molde esté a una altura considerable, se mueve hacia un lado despejado para bajarlo sin golpear las partes de la máquina. Cuando el molde esté cerca del piso se coloca en una tarima de madera para facilitar su transporte hacia el taller de moldes.
  
- **Trasladar el molde al taller:** Es una actividad de transporte en el que se traslada el molde hacia el taller mediante un pallet, para ubicarlo en el lugar asignado para cada molde.

Es conveniente señalar que las operaciones indicadas anteriormente no están en el orden correcto de ejecución, sin embargo los diagramas de flujo indican la secuencia del procedimiento para cada molde de los accesorios en cuestión.

## **5.2. Estudio de tiempos**

Una de las mejores maneras de describir una operación es dividirla en elementos definidos y mensurables, ya que esto proporciona un registro de trabajo hecho en la medición de tiempo. Los elementos registrados en el orden de ejecución, indican los movimientos necesarios para el mecánico y son de gran ayuda para recolectar los datos de tiempo.

Para la medición se utilizó un cronometro de medición continua, con el que se tomó en cuenta cualquier tiempo utilizado para operaciones adicionales, las cuales no se dan con frecuencia.

En las tablas siguientes se muestran los datos recolectados que corresponden a cinco ciclos de trabajo, en el cambio de los moldes en análisis (codo de 1" y de 4"). Estos datos servirán para calcular el tiempo normal y estándar que se determinará en el apartado 5.5 de este capítulo, ya que es necesario analizar algunos factores que intervienen en la actividad del mecánico de moldes con relación a los movimientos que lleva a cabo para las operaciones.

Tabla VII: Tiempo cronometrado del procedimiento para cambio del molde codo de 1" (min.)

No.	ELEMENTOS	CICLOS					
		T1	T2	T3	T4	T5	T. P
1	Trae molde a la máquina	2.01	1.95	2.15	2.20	2.35	2.13
2	Coloca lazo al molde	2.53	3.01	1.56	2.25	2.35	2.34
3	Acerca el polipasto hacia la máquina	2.05	2.15	2.56	2.40	2.25	2.28
4	Levanta el molde hasta ubicarlo sobre la máquina	2.41	2.56	3.01	2.48	2.18	2.53
5	Baja el molde hasta que coincida con el plato centrador	2.05	2.15	2.17	2.56	2.46	2.28
6	Cierra la máquina	* 4.21	0.95	1.05	1.05	1.15	1.05
7	Verifica el nivel de las partes del molde	1.28	1.56	1.25	1.65	1.15	1.38
8	Coloca bridas en la placa fija	5.21	5.65	6.05	5.35	5.15	5.48
9	Quita el lazo del molde	0.80	0.95	1.05	0.75	0.85	0.88
10	Abre la máquina	0.86	0.95	0.85	0.86	0.75	0.85
11	Acopla el botador en la placa móvil	2.55	2.45	2.50	2.35	2.55	2.48
12	Cierra la máquina	0.60	0.75	0.65	0.80	0.55	0.67
13	Coloca pasador del botador	1.13	1.50	1.42	1.15	1.25	1.29
14	Coloca bridas en la placa móvil	10.10	9.85	9.95	10.10	10.00	9.99
15	Coloca mangueras para enfriamiento	8.25	8.12	7.95	8.50	8.40	8.24
16	Atornilla micro del macho y del botador	9.01	8.95	8.85	8.90	9.05	8.95

Continuación.

17	Coloca mangueras hidráulicas	1.25	1.53	1.45	1.25	1.65	1.43
18	Revisa que habrán y cierren los machos	6.80	5.95	6.01	5.85	5.75	6.07
19	Ajusta el molde para iniciar el ciclo	3.15	3.01	3.25	2.95	3.01	3.07
20	Retira polipasto y deja trabajando la máquina	2.15	2.25	2.10	2.45	2.30	2.25
21	Revisa el estado del molde antes de desmontarlo	1.52	1.65	1.85	1.45	1.75	1.64
22	Cierra el molde	0.85	0.50	0.84	0.75	0.96	0.87
23	Quita mangueras de enfriamiento	4.16	4.65	5.01	4.12	4.50	4.49
24	Quita mangueras hidráulicas	1.19	1.40	1.25	1.32	1.24	1.28
25	Quita micros del macho y del botador	5.22	5.35	5.25	5.16	5.23	5.24
26	Quita pasador del botador	1.20	1.35	1.45	1.25	1.24	1.30
27	Quita bridas de la placa fija y móvil	6.71	7.01	6.85	6.95	6.75	6.85
28	Acerca polipasto	1.61	1.85	2.01	2.15	1.95	1.91
29	Sujeta molde con lazo	1.03	1.15	1.24	1.10	1.05	1.11
30	Abre la máquina	0.60	0.85	0.75	0.84	0.65	0.74
31	Retira el botador	1.23	1.25	1.33	1.15	1.20	1.23
32	Sube el molde	0.90	0.95	1.05	1.12	0.95	0.99
33	Baja el molde	0.93	1.12	0.95	1.02	1.15	1.03
34	Retira el polipasto	2.26	2.15	2.48	2.31	2.25	2.29
35	Traslada el molde al taller	4.03	4.50	4.65	4.25	4.15	4.32
	Tiempo total por ciclo	<b>102.00</b>	<b>102.00</b>	<b>103.00</b>	<b>101.00</b>	<b>100.00</b>	<b>101.00</b>

Tabla VIII: Tiempo cronometrado del procedimiento para cambio del molde codo de 4" (min.)

No.	ELEMENTOS	CICLOS					
		T1	T2	T3	T4	T5	T. P
1	Trae molde a la máquina	5.02	4.35	5.30	5.15	4.80	4.92
2	Sujeta molde con lazo	3.16	2.96	3.24	3.02	2.56	2.98
3	Acerca el polipasto hacia la máquina	2.25	2.45	2.54	2.05	2.40	2.33
4	Levanta el molde y lo ubica sobre la inyectora	3.56	3.75	3.25	3.84	3.35	3.55
5	Baja el molde hasta que coincida con el plato centrador	10.50	11.00	10.00	10.40	10.60	10.50
6	Verifica el nivel de las partes del molde	2.06	2.15	2.54	1.95	2.08	2.15
7	Coloca bridas en la placa fija	8.20	9.50	8.35	8.09	8.25	8.47
8	Acopla el botador en la placa móvil	1.50	1.75	1.65	1.25	1.45	1.52
9	Quita el lazo del molde	2.15	2.25	2.45	1.96	2.15	2.19
10	Coloca bridas en la placa móvil	9.80	9.56	10.00	10.00	9.75	9.83
11	Coloca pasador del botador	1.25	1.26	0.98	1.56	1.45	1.30
12	Sujeta macho lateral con lazo	3.45	3.46	4.01	2.95	3.65	3.50
13	Sube el macho lateral	2.95	3.05	2.90	3.15	2.85	2.98
14	Atornilla macho lateral en el molde	2.56	2.65	3.01	2.45	2.30	2.59
15	Sujeta macho superior con lazo	3.18	3.45	2.95	3.25	3.15	3.19
16	Sube el macho superior	3.01	2.98	3.05	3.15	3.03	3.04

Continuación.

17	Atornilla macho superior en el molde	2.45	2.65	2.40	2.25	2.70	2.49
18	Limpia el molde	2.75	2.85	2.65	3.01	2.40	2.73
19	Coloca mangueras para enfriamiento	6.25	6.40	5.95	6.35	6.12	6.21
20	Atornilla micro de los machos y del botador	3.70	3.84	3.65	3.45	3.54	3.63
21	Coloca mangueras hidráulicas	2.61	2.74	2.63	2.45	2.56	2.59
22	Programa y revisa que habrán y cierran los machos	1.05	1.02	0.95	1.15	1.10	1.05
23	Ajusta el molde para iniciar el ciclo	1.95	2.03	1.84	2.05	1.95	1.96
24	Limpia el área de trabajo	2.40	2.56	2.65	2.43	2.20	2.44
25	Retira polipasto	2.75	2.65	2.48	2.95	2.78	2.72
26	Revisa el estado del molde antes de desmontarlo	1.50	1.86	1.45	1.65	1.96	1.68
27	Quita mangueras de enfriamiento	5.25	4.98	5.25	4.95	5.35	5.15
28	Quita mangueras hidráulicas	2.36	2.70	2.35	2.45	2.39	2.45
29	Quita micros de machos y del botador	2.75	2.58	2.78	2.85	2.55	2.70
30	Retira cilindros de machos	9.56	10.00	10.20	9.95	10.00	9.97
31	Acerca el polipasto hacia la máquina	2.30	2.10	2.45	2.25	2.51	2.32
32	Sujeta macho lateral con lazo	3.15	3.55	3.45	3.35	3.05	3.31
33	Retira tornillos allen	5.91	6.31	6.05	5.98	5.85	6.02
34	Baja el macho lateral	2.05	1.78	2.10	1.88	2.20	2.00

Continuación.

35	Sujeta macho superior con lazo	1.20	1.03	1.35	1.05	1.15	1.15
36	Retira tornillos allen	2.05	1.40	2.13	1.95	2.05	1.91
37	Baja el macho superior	2.96	3.11	2.85	3.02	3.15	3.01
38	Engrasa cavidades del molde	3.50	3.30	3.85	3.45	3.48	3.51
39	Quita pasador del botador	0.75	0.45	0.75	0.65	0.95	0.71
40	Quita bridas de la placa móvil	5.16	5.21	5.25	5.05	5.25	5.18
41	Sujeta molde con lazo	<b>*10.50</b>	3.16	3.25	3.12	3.01	3.13
42	Retira el botador	2.90	2.56	3.05	2.95	2.85	2.86
43	Sube el molde	3.01	2.56	3.05	3.25	3.55	3.08
44	Baja el molde	<b>*22.00</b>	11.50	12.00	11.40	11.60	11.60
45	Retira polipasto	2.75	2.60	2.95	2.45	2.65	2.68
46	Traslada el molde al taller	2.36	3.50	3.05	2.56	2.45	2.78
Tiempo total por ciclo		<b>184.00</b>	<b>169.00</b>	<b>171.00</b>	<b>166.00</b>	<b>167.00</b>	<b>168.00</b>

OBSERVACIONES:

\*El lazo no abarcaba todo el molde y se cambió la forma de sujetarlo.

\*Se quebró un tornillo de una placa del molde al bajarlo.

### 5.3. Estudio de movimientos

Se puede definir como el estudio de los movimientos del cuerpo humano que se utilizan para realizar una labor determinada, con la idea de mejorarla, eliminando los movimientos innecesarios, simplificando los necesarios y luego estableciendo la secuencia o sucesión de movimientos más favorables para lograr una eficiencia máxima.

Para analizar el procedimiento determinado de cambio de moldes se utilizó el estudio visual de movimientos, observándose para cada operación los siguientes movimientos fundamentales:

- a. **Buscar:** Parte del ciclo durante la cual los ojos o las manos del mecánico de moldes tratan de encontrar una llave, tornillo o cualquier elemento de máquina. Comienza en el instante en que los ojos se dirigen o mueven en un intento de localizar una llave en la gaveta del banco de trabajo y termina en el instante en que se fijan en la llave encontrada.
- b. **Seleccionar:** Se efectúa cuando el mecánico de moldes tiene que escoger entre dos o más tornillos semejantes, el adecuado para sujetar los cilindros de machos.
- c. **Tomar (o asir):** Este es un movimiento elemental que hace la mano al cerrar los dedos rodeando una llave o una manguera de enfriamiento.
- d. **Mover:** Comienza cuando la mano con la manguera de enfriamiento o hidráulica se mueve hacia la parte superior o inferior del molde y termina en el instante en que el movimiento se detiene al colocarla en el acople respectivo. El tiempo requerido para mover depende de la distancia y del peso que se mueve.

- e. **Sostener:** Se lleva a cabo con una mano (izquierda o derecha) mientras el mecánico de moldes ajusta y atornilla la abrazadera de sujeción de la manguera de enfriamiento.
  
- f. **Soltar:** Este elemento ocurre cuando el mecánico abandona el control de la manguera y se dedica a apretar el tornillo de la abrazadera.
  
- g. **Colocar en posición:** Tiene efecto cuando el mecánico coloca la brida en la ranura del molde, a veces con movimientos rápidos para efectuar el apriete de la tuerca.
  
- h. **Recolocar en posición:** Este es un elemento que ejecuta el mecánico cuando coloca en posición horizontal el botador del sistema de expulsión.
  
- i. **Demora (o retraso) evitable:** Es el tiempo muerto que ocurre durante el procedimiento de cambio de molde, ocasionado por el mecánico cuando se detiene a pensar en forma divagada.
  
- j. **Planear:** Es el proceso mental que ocurre cuando el mecánico se detiene para determinar la acción a seguir.
  
- k. **Descansar (o hacer alto en el trabajo):** Esta clase de retraso aparece muy rara vez en el ciclo de trabajo, se da por la fatiga del mecánico durante el movimiento de la cadena del polipasto, cuando se realiza la operación de subir el molde y sobre todo cuando éste es muy grande y pesado (molde para codo de 4", Yee de 4" y Tee de 4").

#### **5.4. Análisis de la información**

El cambio de los moldes está en función del programa de producción, por lo tanto se puede hacer durante la jornada diurna, nocturna o fines de semana, de acuerdo a la cantidad requerida de producto y al funcionamiento correcto de la máquina inyectora.

Los datos mostrados en las dos tablas de tiempos cronometrados corresponden a los cambios de molde para codo de 1" y 4" respectivamente, donde el número de ciclos analizados está con relación a la frecuencia de los cambios de moldes. Según la teoría de métodos se deben analizar un mínimo de 10 ciclos por cada operación, sin embargo las tablas anteriores muestran únicamente 5 y se debe al ciclo prolongado en que se vuelve a montar el mismo molde.

Los datos que aparecen con negrilla en esas dos tablas, corresponden a las operaciones de cerrar la máquina (tabla 1), sujetar molde con lazo y bajar molde (tabla 2), éstos no se toman en cuenta para calcular el promedio del tiempo cronometrado, debido a que altera mucho el rango de tiempo, por lo que solamente se tomarán cuatro datos (en ese elemento específico).

En las mismas tablas anteriores se observan lapsos cortos, medianos y largos, esto se debe a la selección del ciclo ya que era la mejor manera de observar el inicio y fin de la operación.

##### **5.4.1. Fórmulas**

Las formulas que se utilizarán para obtener los tiempos cronometrados, normal y estándar son las siguientes:

El tiempo promedio de cada elemento del procedimiento de cambio de molde, se obtiene mediante la siguiente formula.

$$T_p = \sum x_i / n$$

Donde:

$T_p$  = tiempo promedio en minutos

$\sum x_i$  = sumatoria de todos los ciclos

$n$  = número de lecturas realizadas

El tiempo normal para cada elemento del procedimiento de cambio de molde, se obtiene mediante la siguiente formula.

$$T_N = T_C * \%CAV$$

Donde:

$T_N$  = tiempo normal de la operación

$T_C$  = tiempo cronometrado = tiempo promedio

$\%CAV$  = porcentaje de calificación de la actuación del mecánico

El tiempo estándar para cada elemento del procedimiento de cambio de molde, se obtiene mediante la siguiente formula.

$$T_S = T_N + (T_N * \% \text{tolerancias})$$

Donde:

$T_S$  = tiempo estándar

$\%$  tolerancias = asignado por política de la empresa

El porcentaje de calificación de la actuación del mecánico (%CAV), que se aplica en la fórmula para calcular el tiempo normal de la operación, varía en el rango de 85 a 120%, según la siguiente tabla:

Tabla IX. Porcentaje de calificación de la actuación (CAV).

RANGO	DESCRIPCIÓN
< 85%	El mecánico se considera sin experiencia o se pone nervioso al momento del cambio de moldes
85 a 89%	En este caso el mecánico ejecuta cierta cantidad de trabajo innecesario en cada ciclo, no existe certeza en los movimientos, carece de ritmo y coordinación al manejar las herramientas.
90 a 94%	El mecánico carece de completa coordinación entre sus manos y su mente, en ocasiones tiende a buscar objetos y se demuestra indeciso, se considera con experiencia pero poco calificado, no siempre utiliza las herramientas apropiadas para la tarea. Esta calificación se asigna comúnmente a situaciones de actividad no repetitiva.
95 a 99%	Existe un ritmo pero a veces es interrumpido por algún titubeo o distracción. Acepta sugerencias para mejorar pero no aporta ninguna, las calificaciones de este nivel son asignadas en situaciones de actividad moderadamente repetitivas.
100%	En este caso los movimientos ejecutados son consistentes y regulares, ambas manos están coordinadas y es raro que una mano tenga que esperar a la otra.
101 a 105%	El manejo de las herramientas se logra en forma positiva sin cuidado. Los empleados de este nivel se consideran como experimentados, inteligentes, preparados para la actividad, capaces de seguir instrucciones al pie de la letra y transmiten sus conocimientos de la tarea a otros.

106 a 110%	Es muy raro que exista un titubeo o vacilación, los movimientos son certeros y exactos, son personas que poseen buena habilidad para razonamiento, tienen aptitud innata para el trabajo, cometen muy pocos errores y su rendimiento es siempre aceptable.
111 a 115%	En este caso las manos del trabajador se mueven simultáneamente juntas en una manera muy difícil de igualar por otros, los empleados de este nivel se consideran como actualmente mejores que otros.
116 a 120%	Los empleados de este nivel aparentan trabajar como una máquina, son personas que llevan muchos años haciendo la misma labor, reciben y dan mucha sugerencia para mejoras y se empeñan en demostrar su superioridad, son los mejores empleados en el trabajo.

#### 5.4.2. Cálculos

Con los datos ilustrados en las tablas XII y XIII de tiempos cronometrados, se obtiene el tiempo promedio o tiempo cronometrado para cada operación, para lo cual se realizó la conversión de los tiempos de reloj de segundos a minutos como se muestra en el ejemplo siguiente.

Elemento	Min.	Seg.	Min.	Seg.	Min.	Seg.
Coloca bridas en la placa fija	7	38	8	13	6	26

Los tiempos de reloj son proporcionados en minutos y segundos, de éste modo para contabilizar los datos se hace lo siguiente.

$$38\text{seg} * 1 \text{ min}/60\text{seg} = 0.63 \text{ min.}$$

$$13\text{seg} * 1 \text{ min}/60\text{seg} = 0.21 \text{ min.}$$

$$26\text{seg} * 1 \text{ min}/60\text{seg} = 0.43 \text{ min.}$$

De la misma forma que las conversiones anteriores se obtuvieron los datos que ilustran las dos tablas de tiempo cronometrado, quedando la casilla de cada elemento de la siguiente manera.

Elemento	T1 (min.)	T2 (min.)	T3 (min.)	TP (min.)
Coloca bridas en la placa fija	7.63	8.21	6.43	7.42

El promedio del tiempo para cada operación que se indica en las tablas VII y VIII se obtuvo mediante la fórmula definida anteriormente, de la siguiente manera.

$$T_p = \sum x_i / n$$

$$T_p = (7.63 + 8.21 + 6.43) / 3 = 7.42 \text{ min.}$$

Utilizando un porcentaje de la calificación de la actuación del mecánico de un 94 %, según la tabla IX, se obtiene el tiempo normal para cada operación como se indica a continuación.

$$T_N = T_C * \%CAV$$

$$T_N = 7.42 * 0.94 = 6.97 \text{ min.}$$

Con los cálculos anteriores de tiempo promedio y normal de cada operación, y considerando el porcentaje de calificación de la actuación del mecánico de moldes, se obtiene el tiempo estándar para cada operación con 5% de tolerancias establecido por la empresa, de la siguiente manera.

$$T_S = T_N + (T_N * \%Tolerancias)$$

$$T_S = 6.97 + (6.97 * 0.05) = 7.31 \text{ min.}$$

## 5.5. Determinación del tiempo estándar

En ésta sección se consigue el objetivo final de la determinación del tiempo para cambio de moldes, a través de los cálculos anteriores y las fórmulas respectivas.

Debido a lo anterior el tiempo estándar se obtuvo con la media del tiempo cronometrado y el porcentaje de actuación del mecánico, basado en la fórmula  $TN = TC * \%CAV$ ; y la fórmula  $TS = TN + (TN * \%Tolerancias)$ .

Cabe mencionar que en un estudio de tiempos, la fórmula siguiente:  $N = ((k*\sigma)/(e*x))^2 + 1$ ; se utiliza para determinar el número de observaciones necesarias para obtener el tiempo de reloj representativo con un error y riesgo fijados.

Sin embargo en el procedimiento para determinar el tiempo estándar del cambio de moldes solamente se hicieron 5 mediciones, debido a la poca frecuencia con la que se cambia el mismo molde. Cada molde permanece en la máquina de 4 a 6 días según el volumen de producción requerido por el departamento de ventas o en otro caso se fabrican accesorios para mantenerlos en bodega de producto terminado.

Las tablas siguientes ilustran datos de tiempo estándar para cada operación en el procedimiento de cambio de molde para los dos accesorios en cuestión.

Los datos mostrados en estas tablas ya incluyen los factores de calificación de la actuación, así como el porcentaje de tolerancias establecidas por la empresa,

Tabla X. Tiempo normal y estándar para cambio del molde codo de 1”  
(min).

No.	OPERACIONES	T. P	%CAV	T.N	%TOL.	T.S
1	Trae molde a la máquina	2.13	0.94	2.00	0.05	2.10
2	Coloca lazo al molde	2.34	0.94	2.20	0.05	2.31
3	Acerca el polipasto hacia la máquina	2.28	0.94	2.15	0.05	2.25
4	Levanta el molde hasta ubicarlo sobre la máquina	2.53	0.94	2.38	0.05	2.49
5	Baja el molde hasta que coincida con el plato centrador	2.28	0.94	2.14	0.05	2.24
6	Cierra la máquina	1.05	0.94	0.99	0.05	1.03
7	Verifica el nivel de las partes del molde	1.38	0.94	1.30	0.05	1.36
8	Coloca bridas en la placa fija	5.48	0.94	5.15	0.05	5.41
9	Quita el lazo del molde	0.88	0.94	0.83	0.05	0.86
10	Abre la máquina	0.85	0.94	0.80	0.05	0.84
11	Acopla el botador en la placa móvil	2.48	0.94	2.33	0.05	2.44
12	Cierra la máquina	0.67	0.94	0.63	0.05	0.66
13	Coloca pasador del botador	1.29	0.94	1.21	0.05	1.27
14	Coloca bridas en la placa móvil	9.99	0.94	9.39	0.05	9.85
15	Coloca mangueras para enfriamiento	8.24	0.94	7.75	0.05	8.13
16	Atornilla micro del macho y del botador	8.95	0.94	8.41	0.05	8.83
17	Coloca mangueras hidráulicas	1.43	0.94	1.34	0.05	1.40
18	Revisa que habrán y cierren los machos	6.07	0.94	5.71	0.05	5.99
19	Ajusta el molde para iniciar el ciclo	3.07	0.94	2.89	0.05	3.03
20	Retira polipasto y dejar trabajando la máquina	2.25	0.94	2.12	0.05	2.22

Continuación.

21	Revisa el estado del molde antes de desmontarlo	1.64	0.94	1.55	0.05	1.62
22	Cierra el molde	0.87	0.94	0.82	0.05	0.85
23	Quita mangueras de enfriamiento	4.49	0.94	4.22	0.05	4.43
24	Quita mangueras hidráulicas	1.28	0.94	1.20	0.05	1.26
25	Quita micros del macho y del botador	5.24	0.94	4.93	0.05	5.17
26	Quita pasador del botador	1.30	0.94	1.22	0.05	1.28
27	Quita bridas de la placa fija y móvil	6.85	0.94	6.44	0.05	6.76
28	Acerca polipasto	1.91	0.94	1.80	0.05	1.88
29	Sujeta molde con lazo	1.11	0.94	1.05	0.05	1.10
30	Abre la máquina	0.74	0.94	0.69	0.05	0.72
31	Retira el botador	1.23	0.94	1.16	0.05	1.21
32	Sube el molde	0.99	0.94	0.93	0.05	0.98
33	Baja el molde	1.03	0.94	0.97	0.05	1.02
34	Retira el polipasto	2.29	0.94	2.15	0.05	2.26
35	Traslada el molde al taller	4.32	0.94	4.06	0.05	4.26
	Totales	101.00		94.90		99.60

Tabla XI. Tiempo normal y estándar para cambio del molde codo de 4”  
(min).

No.	OPERACIONES	T.P	%CAV	T.N	% TOL	T.S
1	Trae molde a la máquina	4.92	0.94	4.62	0.05	4.86
2	Sujeta molde con lazo	2.98	0.94	2.80	0.05	2.94
3	Acerca el polipasto hacia la máquina	2.33	0.94	2.19	0.05	2.30
4	Levanta el molde y lo ubica sobre la inyectora	3.55	0.94	3.33	0.05	3.50
5	Baja molde hasta que coincida con el plato centrador	10.50	0.94	9.90	0.05	10.30
6	Verifica el nivel de las partes del molde	2.15	0.94	2.02	0.05	2.12
7	Coloca bridas en la placa fija	8.47	0.94	7.96	0.05	8.36
8	Acopla el botador en la placa móvil	1.52	0.94	1.42	0.05	1.50
9	Quita el lazo del molde	2.19	0.94	2.06	0.05	2.16
10	Coloca bridas en la placa móvil	9.83	0.94	9.24	0.05	9.71
11	Coloca pasador del botador	1.30	0.94	1.22	0.05	1.28
12	Sujeta macho lateral con lazo	3.50	0.94	3.29	0.05	3.45
13	Sube el macho lateral	2.98	0.94	2.80	0.05	2.94
14	Atornilla macho lateral en el molde	2.59	0.94	2.43	0.05	2.56
15	Sujeta macho superior con lazo	3.19	0.94	3.00	0.05	3.15
16	Sube el macho superior	3.04	0.94	2.86	0.05	3.00
17	Atornilla macho superior en el molde	2.49	0.94	2.34	0.05	2.45
18	Limpia el molde	2.73	0.94	2.56	0.05	2.69

Continuación.

19	Coloca mangueras para enfriamiento	6.21	0.94	5.84	0.05	6.13
20	Atornilla micro de los machos y del botador	3.63	0.94	3.41	0.05	3.58
21	Coloca mangueras hidráulicas	2.59	0.94	2.44	0.05	2.56
22	Programa y revisa que habrán y cierren los machos	1.05	0.94	0.99	0.05	1.04
23	Ajusta el molde para iniciar el ciclo	1.96	0.94	1.84	0.05	1.93
24	Limpia el área de trabajo	2.44	0.94	2.30	0.05	2.41
25	Retira polipasto	2.72	0.94	2.55	0.05	2.68
26	Revisa el estado del molde antes de desmontarlo	1.68	0.94	1.58	0.05	1.66
27	Quita mangueras de enfriamiento	5.15	0.94	4.84	0.05	5.08
28	Quita mangueras hidráulicas	2.45	0.94	2.30	0.05	2.41
29	Quita micros de machos y del botador	2.70	0.94	2.54	0.05	2.66
30	Retira cilindros de machos	9.97	0.94	9.37	0.05	9.84
31	Acerca el polipasto hacia la máquina	2.32	0.94	2.18	0.05	2.29
32	Sujeta macho lateral con lazo	3.31	0.94	3.11	0.05	3.26
33	Retira tornillos allen	6.02	0.94	5.65	0.05	5.94
34	Baja el macho lateral	2.00	0.94	1.88	0.05	1.97
35	Sujeta macho superior con lazo	1.15	0.94	1.08	0.05	1.14
36	Retira tornillos allen	1.91	0.94	1.80	0.05	1.89
37	Baja el macho superior	3.01	0.94	2.83	0.05	2.97
38	Engrasa cavidades del molde	3.51	0.94	3.30	0.05	3.47

Continuación.

39	Quita pasador del botador	0.71	0.94	0.66	0.05	0.70
40	Quita bridas de la placa móvil	5.18	0.94	4.87	0.05	5.11
41	Sujeta molde con lazo	3.13	0.94	2.94	0.05	3.09
42	Retira el botador	2.86	0.94	2.69	0.05	2.82
43	Sube el molde	3.08	0.94	2.89	0.05	3.04
44	Baja el molde	11.6	0.94	10.95	0.05	11.5
45	Retira polipasto	2.68	0.94	2.51	0.05	2.64
46	Traslada el molde al taller	2.78	0.94	2.61	0.05	2.74
	TOTALES	168.00		158.20		166.00

## 5.6. Tolerancias

Para el cálculo del tiempo tipo o estándar que ilustran las tablas anteriores, fue necesario utilizar un factor de tolerancias para cada operación, siendo de 5% del tiempo normal de trabajo del mecánico de moldes. Este porcentaje de tolerancias abarca los factores personales, descansos, fatiga y suplementarios, entre otros, generalmente éste porcentaje es definido por la empresa y en otros casos es a criterio del analista de métodos.

### a. Personales

Se refiere a las veces en que el mecánico utiliza tiempo de trabajo para solicitar información de interés personal al departamento administrativo o el tiempo utilizado para sus necesidades fisiológicas.

### b. Descansos

Este factor comprende los periodos de descanso otorgados por la empresa en los dos tipos de turnos, los cuales afectan el ritmo de trabajo.

### c. Fatiga

Es el agotamiento corporal o mental que se produce como consecuencia de un trabajo o de un esfuerzo. Enfermedades como la diabetes y las dolencias del corazón también pueden producir fatiga. La fatiga se caracteriza por la incapacidad para realizar tareas físicas con el ritmo o con la fuerza habitual, y por una mayor lentitud de los procesos racionales que pueden ocasionar un fallo de memoria.

### d. Suplementarios

Este factor considera el buen funcionamiento de las máquinas, calidad de materia prima y factores ambientales que influyen en el proceso.



## **6. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE DATOS**

Aun en los países industrializados, la toma de tiempos no siempre es exacta con relación a las operaciones cíclicas en un proceso. En este capítulo se presenta un análisis minucioso del estudio de tiempos realizado en el cambio de moldes para codo de 1" y de 4", donde influyen factores externos que proporcionan ventajas y desventajas para dicho procedimiento.

### **6.1. Descripción del método propuesto**

El método propuesto consistió en determinar el tiempo del procedimiento de cambio de moldes, a través de un estudio de tiempos y movimientos con los cuales se detectan acciones mal coordinadas que deben ser eliminadas o mejoradas para optimizar el tiempo de trabajo.

Esta propuesta nace de la necesidad de estandarizar el tiempo requerido en el cambio de moldes, que incluye la preparación de la herramienta, equipo y accesorios necesarios para dicho procedimiento.

### **6.2. Estandarización del método propuesto**

La estandarización significa homogenizar las operaciones que se realizan para el cambio de moldes. El mecánico de moldes debe hacer una preparación minuciosa de los accesorios necesarios para cada molde, de acuerdo a la experiencia puede realizar un inventario de piezas auxiliares requeridas para el montaje de cada molde, y utilizar éste listado al momento de recibir una solicitud de cambio.

La estandarización de la propuesta implica acondicionar los moldes, herramientas y accesorios, para realizar la misma secuencia en el procedimiento con la menor variabilidad posible.

#### **a. Disposición y condiciones en el sitio de trabajo**

Debe destinarse un sitio fijo para toda herramienta y los accesorios que hay que utilizar, despejar el área de moldes y acomodar cada uno bien identificado con letras grandes en la estantería respectiva.

#### **b. Diseño del equipo, herramientas y accesorios**

Cada herramienta debe ser analizada para poder utilizarla aún en los espacios cerrados de la máquina inyectora, de tal manera que no se incurra en una amplia variedad, esto ayudará a estandarizar la herramienta para el procedimiento. Con la estandarización de las herramientas y los accesorios se pueden eliminar los tipos de movimientos siguientes.

Buscar: es un movimiento que el mecánico debe tratar de eliminar siempre, a través de la identificación y estandarización de alojamientos en su caja de herramientas o banco de trabajo.

Seleccionar: También es considerado ineficiente en el procedimiento de cambio de moldes, por ejemplo los tornillos distintos de los machos y las tuercas de las bridas, en cuando al diámetro y longitud. Muchas veces el mecánico de moldes introduce y aprieta los tornillos y tuercas sin saber si son los adecuados.

Tomar: es un movimiento que no se puede eliminar, sin embargo se debe mejorar diseñando herramientas y accesorios ergonómicos.

### **6.3. Documentación del proceso**

La documentación en una empresa, hace más importante la información precisa y oportuna. La mayor parte del material escrito, producto del estudio realizado a veces no puede leerse o comprenderse fácilmente, sin embargo las figuras y tablas ayudan a interpretar el resultado deseado en el cambio de moldes.

Este material de estudio debe archivararse debidamente identificado para utilizarlo en el momento preciso o cuando se desee mejorar el procedimiento, el cual servirá como punto de partida en la realización de un nuevo estudio de tiempos.

### **6.4. Comparación del método propuesto y el anterior**

Mejorar un proceso significa cambiarlo o hacerlo efectivo, eficiente y adaptable, los aspectos que se deben cambiar y como hacerlo dependen de los directivos de la empresa.

La determinación del tiempo estándar para el cambio de moldes deja definido un tiempo, sobre el cual se deben hacer las mejoras. En el método anterior era difícil buscar puntos de mejora debido a que no existían bases establecidas.

#### **6.4.1. Beneficios**

Con el estudio de tiempos y movimientos realizado en el cambio de moldes se obtienen varios beneficios para la empresa y para el trabajador, siempre y cuando se apliquen mejoras al método en base a las deficiencias detectadas.

La empresa se beneficia en el proceso de inyección al contar con un tiempo estándar del procedimiento de cambio de moldes, con lo cual se puede disponer de un tiempo definido para programar y planificar la producción de accesorios y utilizar el tiempo de ocio del mecánico para realizar otras actividades dentro de la planta.

El mecánico de moldes obtiene beneficios al reducir la fatiga de trabajo mediante el uso de herramienta y accesorios adecuados para realizar los cambios necesarios.

#### **6.4.2. Limitantes**

Las limitantes se catalogan como obstrucción durante el desarrollo de un estudio, en este caso, la falta de un procedimiento establecido con tiempo estándar hace que las operaciones o la secuencia del cambio de moldes, tengan variaciones durante la toma de tiempos de acuerdo al proceso establecido originalmente. Estas variaciones tienden a complicar el estudio y mientras menos ocurran más fáciles serán sus cálculos.

De acuerdo a la ingeniería de métodos, el estudio se realizó en un proceso donde la relación del ciclo es irregular, la actividad del ejecutante es totalmente manual y el tiempo es variable entre una operación y otra.

#### **6.4.3. Costo de implementación**

Generalmente se incurre en varios costos al implementar un nuevo método de trabajo, estos costos se relacionan con el tiempo de trabajo (sueldo) para el analista de métodos y en la inversión realizada por la adquisición de nuevas herramientas y modificación de accesorios o partes del molde. Los costos de éstas herramientas o accesorios se obtienen mediante una cotización previa, que debe realizarse por alguien responsable.

Estos costos resaltan durante la aplicación de la mejora del proceso en un estudio que se realice posteriormente.

### **6.5. Seguimiento y mejora continua**

Para darle seguimiento al procedimiento, la medición de tiempos en el cambio de moldes debe ser realizada cada 5 o 6 meses, con una duración de una semana, tomando como referencia la secuencia y el tiempo estándar establecido en éste estudio.

La supervisión debe ser aplicada en forma directa al mecánico de moldes, para observar la asimilación a los cambios que sugiera la dirección en base al estudio realizado, de tal manera que se ejecuten según lo planificado.

### **6.6. Capacitación del personal**

La Capacitación proporciona habilidades y destrezas al personal involucrado en el procedimiento de cambio de moldes. Se debe capacitar al equipo de mejoramiento, jefes y subjefes, pero no hay que dejar por un lado la Capacitación de todo el personal operativo que forma parte del proceso, que en este caso es el personal de mantenimiento y el mecánico de moldes directamente.

Esta Capacitación consiste en indicar al mecánico de moldes los puntos no productivos detectados, que retrasan y complican la ejecución de las operaciones, para los cuales se deben determinar las acciones correctivas o los reemplazos correspondientes, luego verificar la aplicación del nuevo método.



## 7. PROTECCIÓN AMBIENTAL

El Policloruro de vinilo (PVC) es un producto que en cierta medida puede causar daño al ambiente, debido al contenido de cloro en su composición, al igual que el DDT o los CFCs. Durante su producción, uso y cuando se quema o se vierte como residuo, forma sustancias organocloradas, tóxicas para el medio ambiente y para la salud de las personas.

La vida del PVC no controlado está ligada a la formación y emisión de grandes cantidades de dioxinas que se conocen como sustancias tóxicas. Las dioxinas son sustancias cancerígenas, disminuyen las defensas del organismo al dañar el sistema inmunológico y alteran el sistema hormonal, que es un sistema complejo de mensajeros químicos que tiene nuestro organismo para regular funciones vitales como la reproducción, el desarrollo y el crecimiento.

Las dioxinas afectan especialmente a los fetos y a los bebés lactantes, que las ingieren a través de la leche materna. Los objetos de PVC contienen además otros aditivos tóxicos, como metales pesados o ftalatos, estas últimas sustancias también alteran el sistema hormonal. Los aditivos escapan del plástico y contaminan el entorno o los alimentos que contienen, en el caso de envases de alimentos.

### **7.1. Estudio básico de impacto ambiental para el pvc**

Basado en lo anterior se realizó una investigación basada en el manejo de los residuos de PVC, con la finalidad de comprobar los efectos que surgen de la extracción, producción y el uso de los accesorios de PVC, obteniendo los resultados siguientes:

- a. Que es razonable pensar que en todos los polímeros que se originan de monómeros, el PVC pueda contener vestigios de cloruro de vinilo, sin embargo es importante destacar que la partícula de éste polímero es porosa por lo que el proceso de producción del PVC extrae eficazmente el cloruro de vinilo a valores residuales compatibles con la salud.
- b. Los accesorios fabricados con PVC no pueden contener más de 1 ppm. de cloruro de vinilo (1mgr. de cloruro de vinilo por cada Kg. de material plástico). Este valor está reconocido y establecido en los Códigos Alimentarios Internacionales.
- c. El estudio de éste material revela que por sus características se ha logrado un producto, al que variándole los aditivos necesarios, se pueden obtener accesorios de PVC con propiedades distintas de acuerdo al uso final deseado, como flexible o rígido, resistente a la intemperie, a la propagación de incendios, transparente, translúcido u opaco, etc.
- d. Esto significa que con el PVC se pueden obtener productos o accesorios desde cañería rígida para conducir agua y aire, hasta una manguera para riego, desde bolsas para almacenar sangre, hasta envases para medicamentos.

- e. Hoy en día es posible afirmar que a nivel mundial no hay ningún material que haya sido tan estudiado como el polímero PVC y los aditivos que posibilitan su aplicación.
- f. Los residuos de PVC provenientes del proceso de inyección, se consideran insignificantes los cuales se presentan como partículas contaminadas con polvo, aceite o grasa, que no pueden ser mezcladas con el peletizado o recuperado.
- g. Para ratificar el reciclaje del PVC, cabe mencionar que todos los productos resultantes de pruebas de inyección, extrusión, purgas de máquina y material no conforme, son triturados en el molino para utilizarlos como material recuperado que se mezcla nuevamente con colorantes.

## **7.2. Peligros y riesgos para el personal de planta por los desechos sólidos**

El personal de planta está expuesto a los gases producidos durante las continuas purgas que se realizan en las máquinas al momento de iniciar el proceso o calibrar los rodillos y moldes utilizados, éstos gases pueden convertirse en agentes iniciadores de cáncer si no se utiliza el equipo de protección adecuado que consiste en mascarillas con filtro desechable.

También existen trabajadores encargados de realizar las mezclas y están expuestos a inhalación del polvo proveniente de la mezcla con aditivos, sin embargo existen mascarillas especiales que son usadas permanentemente y se efectúa rotación de puestos de trabajo.

### **7.3. Consecuencias de la contaminación del agua y el aire**

Cuando los desechos de PVC acaban en un vertedero en grandes cantidades, los aditivos que contienen contaminan el suelo y las aguas subterráneas, si se queman en una incineradora, forman sustancias organocloradas, incluyendo dioxinas, que se emiten al medio ambiente. Al no tomar acciones reciclables y un buen manejo de desechos se incurre en lo siguiente:

- a. Contaminación por emisiones fugitivas de polvo o material particulado de PVC.
- b. Contaminación durante la ejecución de pruebas, por efecto del uso de la maquinaria.
- c. Posibilidad de contaminación de canales de regadío aledaños a la empresa por descargas de residuos sólidos o por descargas accidentales de combustibles, aceites de máquinas o vehículos.
- d. Durante la etapa de operación, se producirán material particulado y gases, debido al uso de molinos y a la purga de las máquinas.

### **7.4. Control y manejo de desechos sólidos de pvc**

Es necesario implantar un plan de manejo diseñado para controlar los posibles impactos del proceso de inyección sobre el sistema ambiental. Este plan debe estar estructurado para cada uno de los componentes ambientales (tierra, agua y aire), incluyendo las medidas correspondientes a los distintos impactos. Para cada componente se deben señalar las medidas que debieran implementarse para darle cumplimiento.

Con un manejo controlado de desechos de PVC se puede mantener lo siguiente:

- a. Calidad y fragilidad visual en unidades de paisaje o áreas verdes aledañas.
- b. Aumento de fuentes de trabajo para mano de obra en habitantes de la localidad ya que existe descentralización por parte de la empresa con respecto a la zona industrial.
- c. Calidad del aire por tratamiento de las aguas de enfriamiento y en forma significativa de olores existentes en la zona, produciendo un aumento del bienestar de las personas.
- d. Tierra cultivable regada con agua procedente de la zona.
- e. Calidad de vida, reducción de olores y descontaminación de aguas superficiales.



## CONCLUSIONES

1. La empresa ejecuta un proceso de inyección basado en normas establecidas mundialmente, para lo cual ha implantado un sistema de aseguramiento de la calidad basado en la norma ISO 9001-2000, con lo que garantiza el proceso de inyección. Dicho proceso está definido por un manual de procedimientos disponible para el personal de la empresa.
2. La máquina inyectora consta de un mecanismo de cierre y apertura y un husillo de inyección, los cuales son fundamentales para producir accesorios durante un ciclo que depende del tamaño del molde del producto deseado. Su mantenimiento preventivo se extiende a la conservación del sistema mecánico, eléctrico e hidráulico, a través de labores controladas mediante un programa anual de mantenimiento y una hoja de trabajo semanal.
3. El proceso actual de inyección en la empresa es semejante a otros de su misma categoría e inicia cuando se cierra el molde, donde el material fundido empujado por el tornillo de inyección entra en las cavidades y surge un efecto simultáneo de flujo entre las paredes del molde y de enfriamiento por pérdida de calor a través de éstas. Termina cuando se abre el molde y el botador empuja al accesorio para la descarga.

4. El tiempo para cambio de moldes varía según el tamaño y las cavidades con las que cuenta. Para el codo de 1" se determinó un tiempo de 99.6 minutos que equivalen a 1.66 horas y para el codo de 4" un tiempo de 166 minutos que equivalen a 2.76 horas.
  
5. Con base en los resultados obtenidos del estudio realizado, el mejoramiento en el procedimiento de cambios de molde se puede obtener mediante la eliminación de algunos movimientos innecesarios como: buscar y seleccionar, estandarización de la herramienta o accesorios del molde de 1" y de 4".
  
6. Para conservar el ambiente, la empresa debe asegurarse de reciclar la mayor cantidad de desechos de pvc, evitar la incineración del mismo y depositar las partículas contaminadas en un lugar seguro, aún siendo el pvc un producto compatible con la salud.

## RECOMENDACIONES

1. Los estudios de tiempo en el procedimiento de cambio de moldes se deben realizar constantemente para mantener y mejorar el estándar establecido. Para obtener resultados benéficos, es necesario estandarizar las dimensiones de los tornillos de sujeción y adecuar las herramientas a la mayor parte tuercas de sujeción.
2. La aplicación de un buen programa de mantenimiento preventivo evitará que los elementos de máquina y controles de movimiento fallen durante la producción de accesorios.
3. Es indispensable concienciar al personal de planta acerca del uso del equipo de seguridad personal, así como la reducción de desperdicios de pvc ocasionado por el mal manejo de materiales, ésto evitará la acumulación de desechos de pvc.
4. Realizar un inventario de partes que integran el molde con su respectiva codificación, de tal manera que se facilite su búsqueda al momento de requerirlos.
5. Diseñar un plan de manejo y control de desechos de PVC para conservar los recursos básicos existentes, lo cual brindará seguridad a la empresa y confianza a los habitantes de la zona.



## BIBLIOGRAFÍA

1. DE LEÓN De León, Fredy Arnoldo. Diseño de un sistema de expulsión para máquinas inyectoras de plástico. Tesis Ing. Mecánica. Guatemala. USAC. Facultad de Ingeniería. 1997. 88 pp.
2. JERÓNIMO Morales, Harley William. Automatización de una inyectora de plástico. Tesis Ing. Mecánica Eléctrica. Guatemala. USAC. Facultad de Ingeniería. 2005. 116 pp.
3. KRICK, Edward V. Ingeniería de Métodos. 3ª ed. México. Editorial Limusa. 1991. 350 pp.
4. MEYERS, Fred E. Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil. México. Editorial Pearson. 2000. 334 pp.
5. NIEBEL, Benjamín y Andrés Freibalds. Ingeniería Industrial, estándares y diseño de trabajo. 4ª ed. México. Editorial Alfa y Omega. 2001. 750 pp.
6. PASHKOV, N.N. Hidráulica y Máquinas Hidráulicas. 2ª ed. España. Editorial Mir. 1985. 276 pp.
7. STEWART, Harry L. Energía Hidráulica y Neumática Industrial. 2ª ed. Venezuela. Editorial Interciencia. 1964. 150 pp.
8. VEGA De Kuyper, Juan Carlos. Manejo de residuos de la industria química y afín. México. Editorial Alfa y Omega. 1999. 167 pp.

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. [http://www.amiclor.org/opciones/info\\_pvc.shtml](http://www.amiclor.org/opciones/info_pvc.shtml)



## ANEXOS

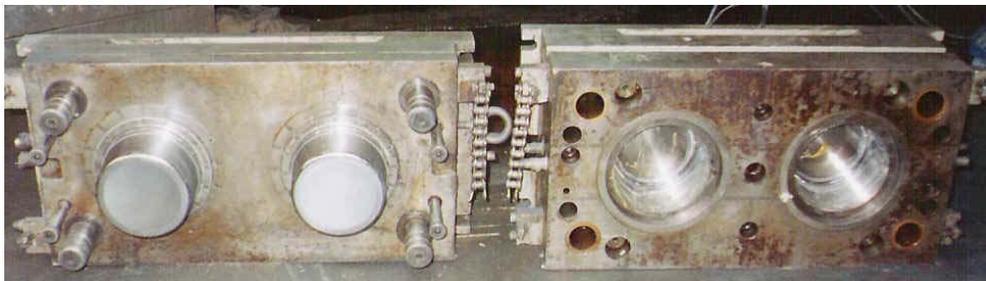
Figura 16. Molde para 8 tapones plásticos



FUENTE

<http://www.wiromoulds.com/espan/produkt.html>

Figura 17. Molde para 2 tapones plásticos



FUENTE

<http://es.geocities.com/indelsursac/moldes.htm>

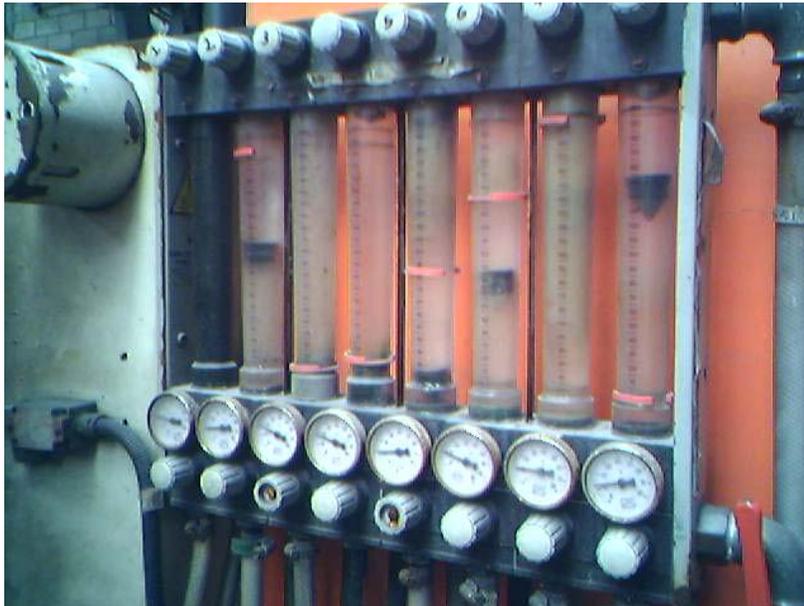
Figura 18. Tornillos para trituración del material



FUENTE

<http://www.euroviti.com/Spagnolo.htm>

Figura 19. Rotámetros o reguladores de caudal



FUENTE

Empresa procesadora de accesorios de pvc

Figura 20. Organigrama general de la empresa

## ANEXO No. 2

### ORGANIGRAMA GENERAL DE LA EMPRESA

