

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES  
DE MONTERREY

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



METODOLOGÍA PARA LA ADMINISTRACIÓN  
DE TRANSFERENCIAS DE MOLDES  
PARA LA INYECCIÓN DE PIEZAS PLÁSTICAS

Dennilú Sosa de la Fuente

Mayo de 1999

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Antecedentes</i>	1
1.2 <i>Asunto de Investigación</i>	3
1.3 <i>Objetivos</i>	4
1.4 <i>Organización</i>	5
<b>2. ADMINISTRACIÓN DEL PROCESO DE TRANSFERENCIA DE MOLDES</b>	<b>7</b>
2.1 <i>Transferencia de Moldes en la actualidad</i>	7
2.1.1 Documentación de la información	8
2.1.2 Evaluación del proyecto	9
2.2 <i>Metodología propuesta para la administración de la transferencia de moldes</i>	9
2.3 <i>Prueba piloto</i>	11
2.4 <i>Conclusiones del capítulo 2</i>	12
<b>3. GUÍA DE ACTIVIDADES PARA EL PROCESO DE TRANSFERENCIA DE MOLDES</b>	<b>13</b>
3.1 <i>¿Por qué una Guía de Actividades?</i>	13
3.2 <i>¿Por qué usar IDEF0 en la representación de las actividades?</i>	14
3.3 <i>Guía de Actividades para el Proceso de Transferencia de Moldes</i>	14
3.3.1 <i>Actividades relacionadas con la especificación del equipo de manufactura</i>	16
3.3.1.1 Definir los controladores de temperatura del molde	18
3.3.1.2 Definir el sistema de secado	18
3.3.1.3 Definir el tipo de mezclador	18
3.3.1.4 Definir el tipo de cargador	18
3.3.1.5 Definir el tipo de robot	19
3.3.1.6 Definir el tipo de molino	19
3.3.2 <i>Actividades relacionadas con la inspección de las características críticas de la pieza</i>	22
3.3.3 <i>Actividades relacionadas con la inspección de las características críticas del molde</i>	23
3.4 <i>Conclusiones del capítulo 3</i>	24

<b>4. DOCUMENTACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES DE LA GUÍA</b>	<b>25</b>
4.1 <i>Fuentes de información del proyecto</i>	25
4.2 <i>Documentación del proyecto</i>	27
<b>5. EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN SOBRE LA TRANSFERENCIA DE MOLDES</b>	<b>29</b>
5.1 <i>Especificaciones del equipo de manufactura</i>	29
5.1.1 Definir la máquina de inyección	30
5.1.1.1 Definir la unidad de cierre	30
5.1.1.2 Definir la unidad de inyección	35
5.1.2 Definir los controladores de temperatura del molde	43
5.1.3 Definir el tipo de mezclador	44
5.1.4 Definir el tipo de molino	45
5.1.5 Definir el tipo de cargador	46
5.1.6 Definir el tipo de robot	46
5.1.7 Definir el tipo de secador	47
5.2 <i>Moldeabilidad de la pieza</i>	49
5.2.1 Inspección de las paredes de la pieza	49
5.2.2 Inspección de las esquinas	52
5.2.3 Inspección de los refuerzos	53
5.2.4 Inspección de la ubicación de las entradas	56
5.3 <i>Características del molde</i>	57
5.3.1 Inspección del sistema de entradas	57
5.3.2 Inspección del sistema de coladas	63
5.3.3 Inspección del sistema de expulsión	66
5.3.4 Inspección del sistema de enfriamiento	67
5.3.5 Inspección del sistema de venteo	68
5.4 <i>Comentarios sobre el capítulo 5</i>	71
<b>6. REQUERIMIENTOS PARA LA TRANSFERENCIA DE MOLDES</b>	<b>72</b>
6.1 <i>Equipo de manufactura</i>	72
6.2 <i>Modificaciones o ajustes en el molde</i>	73

<b>7. CASO PRÁCTICO</b>	<b>76</b>
7.1 <i>Selección de la empresa de inyección</i>	76
7.2 <i>Selección del molde</i>	76
7.3 <i>Desarrollo de la transferencia</i>	76
7.3.1 Desarrollo de la guía de actividades	76
7.3.2 Documentación de la información	77
7.3.3 Evaluación de la información	78
7.3.4 Requerimientos de la transferencia	78
7.4 <i>Comentarios sobre el caso práctico</i>	79
<b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS</b>	<b>83</b>
8.1 <i>Conclusiones</i>	83
8.2 <i>Recomendaciones para trabajos futuros</i>	84
<b>Apéndice A.</b>	
<b>ACRÓNIMOS PARA PLÁSTICOS</b>	<b>86</b>
<b>Apéndice B.</b>	
<b>PROVEEDORES DE MATERIA PRIMA Y DE EQUIPOS DE MANUFACTURA</b>	<b>87</b>



## Capítulo 1

### 1. INTRODUCCIÓN

El capítulo 1 describe el objetivo de llevar a cabo esta tesis. Se expone la necesidad que las empresas de inyección de partes plásticas tienen por manejar información adecuada y oportuna que favorezca a la exitosa transferencia de moldes hacia México.

#### 1.1 Antecedentes.

En la actualidad nos resulta difícil imaginar que un sector de la industria pudiera prescindir del uso de los plásticos. Los sectores de mayor crecimiento y utilidad en esta época son el de comunicación, computación, electrónica, envases y el de plásticos, sobresaliendo este último debido a su incidencia en los anteriores.

La industria de los plásticos comprende dos campos de actividad: la producción de los polímeros y la transformación de polímeros en productos terminados. La producción de polímeros está constituida por grupos químicos dedicados a la producción de monómeros, resinas y aditivos. Estas empresas reciben el nombre de fabricantes. En 1996 según cifras del IMPI existían en México 50 fabricantes. Por otro lado la transformación de polímeros se refiere a la actividad de producir piezas o artículos plásticos. A estas empresas se les conoce como transformadores, identificándose dos tipos: primarios y secundarios. Los transformadores primarios son los que utilizan procesos como extrusión, inyección, sople, calandreo, rotomoldeo, vaciado, compresión y laminado entre otros para su producción. Los transformadores secundarios utilizan procesos cuya materia prima son productos semiacabados, tal es el caso de láminas para termoformado, películas para impresión, etc. En México la mayoría de las empresas de transformación de plásticos se dedica al proceso de moldeo por inyección. Las cuatro regiones con mayor concentración de empresas de inyección de plásticos son el D.F., el Estado de México, Jalisco y Nuevo León<sup>1</sup>.

La Figura 1.1 muestra el ciclo de vida de una pieza producida por inyección de plástico. El ciclo de vida comprende las siguientes etapas: diseño del producto, diseño y fabricación del molde, inyección, acabado (maquinado, pintura), ensamble, inspección, empaque, uso y finalmente, desecho o reciclaje. Usualmente el inicio del ciclo de vida del producto se realiza en países como EUA, Alemania, Francia, España, Italia, Canadá y Portugal entre otros. Una

vez concluidas las etapas de diseño de producto, diseño del molde y fabricación del molde, la producción y demás etapas del ciclo son realizadas en algún país donde se logren los mejores beneficios económicos y de logística.

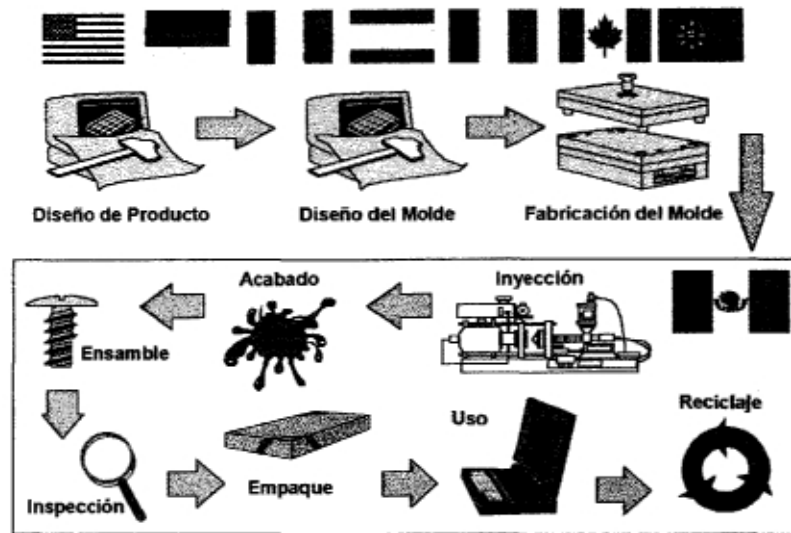


Figura 1.1. Ciclo de vida de un producto plástico.

En 1996 existían en México 950 empresas de inyección de piezas plásticas<sup>1</sup>, hoy en día siguen llegando compañías inyectoras a nuestro país. Estas empresas en su mayoría tienen participación dentro del ciclo de vida del producto en las etapas de inyección, acabado, ensamble, inspección y empaque. En México son pocas las empresas que cuentan con departamentos de ingeniería y con recursos necesarios para el diseño y desarrollo de nuevos productos, sin embargo cada día son más las empresas que han logrado integrarse a la etapa del diseño y de la fabricación de moldes (DITEMSA, FAMMAHSA, ITESM Campus Monterrey).

Pensemos en la mayoría de las empresas de inyección en México, aquellas dedicadas a obtener negocios del extranjero mediante la importación de la manufactura de partes plásticas. Esta actividad es mejor conocida como **transferencia de moldes** y se refiere a trasladar la manufactura de piezas plásticas hacia México. La transferencia de moldes hacia México se ha incrementado en los últimos años por los beneficios que los OEM's (fabricantes de equipo original) encuentran en nuestro país: tratados y acuerdos comerciales, clima de negocios atractivo, costo competitivo de insumos, calidad, plantas ensambladoras, acceso a mercados tanto hacia el norte como a América Latina, entrega de productos a tiempo y más

importante aún, debido a la alta productividad con que algunas empresas han logrado operar en México.

La transferencia de moldes a empresas de inyección en México representa una excelente oportunidad para su crecimiento y diversificación de la producción. Esta transferencia es además todo un reto, ya que con los recientes requerimientos de calidad ISO9000, QS9000 y con la aparición de productos cada vez más versátiles el proyecto debe realizarse de forma rápida y eficiente.

## 1.2 Asunto de Investigación.

La transferencia de moldes no ha sido una tarea fácil para todos. La realidad es que frecuentemente encontramos a empresas de inyección en las cuales una transferencia de molde llega acompañada de problemas para sus departamentos de manufactura. Los problemas van desde la inadecuada selección de la máquina de inyección impidiendo realizar el montaje del molde, hasta la frustración de no poder arrancar producción por la falta de equipos especiales para el accionamiento de los componentes móviles del molde.

La mayoría de transferencias de moldes a México se relacionan con moldes de reciente fabricación, entre los cuales resaltan los de partes automotrices. Estos moldes llegan a las empresas de inyección con unas pocas corridas técnicas, las cuales en ocasiones no son suficientes para reflejar el desempeño de un uso prolongado de sus componentes. Si el departamento de manufactura de una empresa desconoce las condiciones en que un molde debe operar, no importará lo bien o mal que este diseñado el molde, siempre existirá una posibilidad de tener contratiempos durante la producción.

Cuando tenemos una transferencia de un molde que anteriormente ya había corrido producción, difícilmente pensamos en tener problemas. Sin embargo habrá que reconocer que el molde por sí solo no puede producir partes aceptables, es decir, que independientemente de su diseño y de su historia es necesario identificar los recursos y las condiciones que cada molde requiere para operar.

El éxito en una transferencia de molde puede lograrse si esta operación se realiza de forma silenciosa para los departamentos de manufactura de la empresa. El fracaso de esta actividad ocasionará tiempos perdidos para el personal, desperdicios de material y de energía.

envíos urgentes de material y de piezas, pero sobre todo, el malestar entre los diferentes equipos de trabajo. El contar con la información adecuada en el momento oportuno ayudará no solamente a tomar decisiones sobre la selección del equipo y del personal apropiado, sino que además marcará las áreas de oportunidad para mejorar el proceso de manufactura, incrementado así la productividad de la empresa.

Esta tesis pretende mostrar como el manejo de información estructurada sobre la transferencia de moldes puede convertirse en una ventaja competitiva para responder a los requerimientos del cliente con rapidez, calidad y precio. Por información debe entenderse al conjunto de datos claves sobre las características de la pieza, del molde y del proceso que ayuden a los departamentos de producción y de moldes de una compañía a prepararse adecuadamente para la transferencia. Por estructurada debe entenderse el hecho de que se conocen las fuentes de información, la forma y el momento en que éstas serán utilizadas y los resultados que la información debe proporcionarnos.

### 1.3 Objetivos

#### *Objetivo Principal.*

Presentar una metodología para la administración de una transferencia de moldes que nos permita definir adecuadamente el equipo de manufactura necesario para el proceso y conocer con anterioridad, la moldeabilidad de la aplicación. Las actividades propuestas dentro de la metodología requieren de una integración entre los departamentos de proyectos, producción y moldes de la empresa. Adicionalmente se requiere involucrar a los proveedores de la materia prima y del equipo de manufactura para lograr definir los requerimientos críticos de la transferencia. Esta metodología es aplicable a la transferencia de moldes de inyección, incluyendo a aquellos de reciente fabricación y a los que ya hallan corrido producción anteriormente.

Los beneficios esperados con este trabajo serán el tener una mejor administración sobre los proyectos de transferencia de moldes, el acelerar el proceso de cotización y el tener una documentación a partir de la cual los ingenieros de manufactura puedan identificar áreas de mejora en la parte, en el molde y en el proceso que ayuden a incrementar la productividad de la empresa y del cliente.

*Alcance.*

En la inyección de partes plásticas se busca tener un balance entre tres actividades: el diseño para la moldeabilidad de la pieza, el diseño del molde y la selección del equipo de manufactura. La moldeabilidad se refiere a la facilidad con la que un material es procesado para producir un artículo dado. El diseño del molde se refiere a las características que debe tener la herramienta para poder reproducir los requerimientos del cliente en la pieza disparo tras disparo. La selección del equipo de manufactura incluye a aquellos recursos que hacen posible la producción de la pieza.

En esta metodología se incluyen las 3 actividades, sin embargo sólo se consideran las siguientes características para cada una de ella:

<b>Moldeabilidad</b>	<b>Diseño del Molde</b>	<b>Equipo de Manufactura</b>
Pared de la pieza	Entradas	Máquina de Inyección
Esquinas	Coladas	Secador
Refuerzos (costillas, escuadras, postes)	Expulsión de la pieza	Mezclador
Ubicación de la entrada	Enfriamiento de la pieza	Cargador
	Venteo de la pieza	Robot
		Molino

*Objetivos Específicos.*

- a) Definir y representar gráficamente las actividades necesarias para una transferencia de moldes mediante una guía.
- b) Definir la información que los departamentos de producción y moldes requieren documentar para el proceso de transferencia de un molde.
- c) Recopilar conocimientos sobre el proceso de inyección de plásticos necesarios para evaluar las actividades de la transferencia de moldes.

**1.4 Organización.**

El presente capítulo contiene la introducción al asunto de investigación así como los objetivos de este trabajo. En el capítulo 2 se habla sobre la administración del proceso de transferencia de moldes. Se describe la forma en que actualmente se lleva a cabo esta administración y la forma en que la metodología propuesta en este trabajo podría ayudar a tener mejores resultados durante la transferencia. Ahí mismo se mencionan las 4 actividades que propone

esta metodología y también se incluye información relacionada con la prueba piloto que las empresas de inyección realizan antes de arrancar producción. El capítulo 3 incluye la guía de actividades para el proceso de transferencia de moldes. Esta guía incluye las actividades que el equipo de trabajo debe realizar para seleccionar adecuadamente el equipo de manufactura y para conocer la moldeabilidad de la aplicación. El capítulo 4 contiene la información que el departamento de proyectos debe documentar para que puedan desarrollarse las actividades mencionadas en la guía del capítulo 3. El capítulo 5 contiene información relacionada con el proceso de inyección que servirá para evaluar la transferencia. En este capítulo se incluyen datos sobre equipo de manufactura, diseño de partes y diseño de moldes. Esta información pretende servir de apoyo a los departamentos de producción y de moldes. En el capítulo 6 se presentan los requerimientos que el equipo de trabajo debe definir antes de realizarse la transferencia. Estos requerimientos están relacionados con la selección del equipo de manufactura y con las modificaciones o ajustes necesarios en el molde de transferencia. El capítulo 7 presenta un caso de estudio donde la metodología es llevada a la práctica. El caso se desarrolló en la compañía DTM Products de México, S.A. de C.V.<sup>2</sup> en la ciudad de Guadalajara, Jal. Finalmente el capítulo 8 contiene las conclusiones de este trabajo y algunas recomendaciones para su futuro desarrollo.

---

<sup>1</sup> IMPI. 1997. Instituto Mexicano del Plástico Industrial, S.C. Insurgentes Sur 954. Col. del Valle. México, D.F.

<sup>2</sup> DTM Products de México, S.A de C.V. Carretera Base Aérea 5850 Km. 5, Zapopan, Jal. 45100.

## *Capítulo 2*

### **2. ADMINISTRACIÓN DEL PROCESO DE TRANSFERENCIA DE MOLDES**

En el capítulo 1 se expone la necesidad que tienen las empresas de inyección de piezas plásticas en México de identificar y documentar la información clave para la transferencia de moldes. Este capítulo presenta la forma en que actualmente se desarrolla esta actividad y la forma en que este trabajo propone administrarla para mejorar la productividad de las empresas.

#### **2.1 Transferencia de moldes en la actualidad.**

En la actualidad la transferencia de moldes está presente en la mayoría de las empresas de inyección de plásticos en México. En empresas con varios años de experiencia este proceso puede resultar bastante familiar, en ellas se realiza la documentación adecuada y se cuenta con sistemas de trabajo que facilitan un rápido y eficiente arranque de la producción. Sin embargo, este no es el caso de las empresas de recién apertura en México o de aquellas en donde aún no se ha logrado una institucionalización de los procesos. En estos casos las transferencias de moldes aún representan un verdadero dolor de cabeza para los departamentos de manufactura.

La transferencia incluye a los moldes que ya estaban corriendo producción en otra compañía y a los de reciente fabricación. La documentación que existe hoy en día para este proceso es la que cada compañía ha ido desarrollando en base a la experiencia adquirida por sus equipos de trabajo.

Hoy en día podemos hablar de que anualmente llegan hasta 90 moldes de transferencia a una empresa de inyección de plásticos. Estos moldes son recibidos e instalados en las máquinas disponibles justo a tiempo para cumplir con las demandas de producción. Cuando aparecen problemas en el piso el ingeniero de procesos busca solucionarlos de forma independiente sin contar con una referencia que le explique porqué se está utilizando una máquina inadecuada o porqué no se le asignó una persona para retrabajar la pieza.

En algunas empresas la transferencia de moldes se busca únicamente para llenar sus capacidades. Esta forma de actuar los ha llevado a utilizar más recursos de los necesarios

para mantener la calidad del producto, incrementando su costo y ocasionando tiempos muertos, desperdicios de material y malestar entre el equipo de trabajo.

### 2.1.1. Documentación de la información.

En la actualidad la información se solicita en etapas, dependiendo del momento en que cada departamento la requiera. Usualmente proyectos se encarga de reunir la información, sin embargo habrá ocasiones donde cada departamento decida buscar por separado aquellos datos o parámetros necesarios para sus actividades. Cuando varias personas deciden recolectar la información sobre el proyecto se corren los siguientes riesgos:

- manejar diferentes versiones de un producto,
- documentar requerimientos de calidad incompletos,
- extraviar documentos,
- y en muchas ocasiones el llevar a que cada persona o departamento trabaje de forma independiente durante la evaluación de la transferencia.

Los caminos que se tienen actualmente para obtener esta información son:

- *Mandar a un ingeniero a la empresa actual de inyección.* Con esta acción fácilmente se puede completar la documentación de toda la operación y de las necesidades del molde. Esta opción está disponible cuando la empresa actual de inyección es la misma que en México o es una que no representa una competencia directa.
- *Recibir a un ingeniero de la empresa actual de inyección.* Esta acción no es tan buena como la anterior, ya que podrán haber detalles difíciles de entender o identificar al no estar presente en la operación.
- *Visitar la empresa fabricante del molde.* Esta acción es casi obligada para la empresa de inyección. Dependiendo del momento en que se realice esta visita, el ingeniero de manufactura tendrá la oportunidad de involucrarse en distintas decisiones que afectarán la moldeabilidad de la pieza y el diseño final del molde.
- *Recibir la información a través de mensajería, fax o por e-mail.* Esta opción no es tan buena como las anteriores, sobre todo en el caso en que dependamos del actual moldeador para recibirla. En una transferencia de un molde que ya ha corrido producción anteriormente, el trabajo adicional que obtenemos en México representa una disminución de actividades, de personal, de utilidades y quizá hasta un cierre de operación en alguna parte del mundo. Por esta razón, el personal de esas empresas tendrá una mínima prioridad por comunicarnos los detalles del molde en transferencia y de su proceso de



manufactura. La mensajería es un excelente medio para recibir documentos claros y piezas muestras. El uso del fax puede ocasionarnos problemas con la calidad en que se reciben los documentos, además se debe tener cuidado por conocer el momento en que éste se envía. El e-mail es realmente útil por su rápida transmisión, sin embargo en ocasiones la respuesta no llega en el momento oportuno.

### 2.1.2. Evaluación del Proyecto

Actualmente la información que se recibe es revisada de forma independiente por los diferentes departamentos de manufactura de la empresa. Cada departamento identifica y documenta sus necesidades al departamento de proyectos, el cual en base a la información y a su experiencia determina las necesidades para la transferencia.

En caso de realizarse la transferencia de moldes ésta forma de trabajar puede ser suficiente para arrancar la producción, sin embargo difícilmente ofrecerá la posibilidad de identificar los problemas que durante el arranque se presenten.

### 2.2 Metodología propuesta para la administración de la transferencia de moldes.

La transferencia de moldes debe ser un proceso donde la empresa analice cada oportunidad y seleccione aquella que pueda ofrecerle mayores beneficios considerando su capacidad y su visión de crecimiento. La Figura 2.1 presenta una ilustración sobre la metodología propuesta.

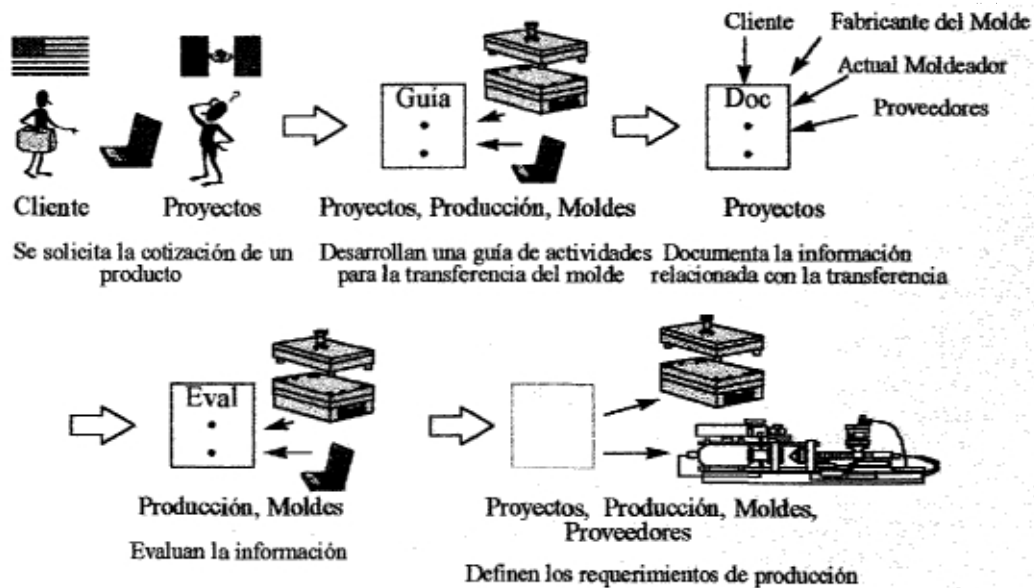


Figura 2.1 Metodología propuesta para la administración del proceso de transferencia de moldes.

Una vez recibida la requisición para cotizar un producto (RFQ), se propone realizar lo siguiente:

1. Desarrollar una guía de actividades.
2. Documentar la información necesaria para desarrollar las actividades en la guía.
3. Evaluar la información.
4. Definir los requerimientos necesarios para la transferencia del molde.

*1. Desarrollar una guía de actividades.*

**G** Las actividades incluidas en la guía representan decisiones relacionadas con los equipos necesarios para la producción y con la inspección de la pieza y del molde. Esta guía debe ser definida por todos los departamentos involucrados en el proyecto. La guía no debe incluir los detalles, sin embargo para cada actividad se requiere identificar: la fuente de información, su control, los medios o recursos necesarios para realizarla y los resultados esperados.

En el capítulo 3 se presenta la guía de actividades para la transferencia de moldes propuesta en este trabajo. Esta guía puede resultar inadecuada para algunos moldes, sin embargo pretende servir de ejemplo para la metodología aquí propuesta. La guía esta representada mediante la herramienta IDEF0<sup>1</sup>.

Es importante reconocer que una vez desarrollada la guía de actividades al inicio de la transferencia, esta guía podrá ser modificada durante el transcurso del proyecto ajustándose a las necesidades que vayan identificándose.

*2. Documentar la información necesaria para desarrollar las actividades en la guía.*

**D** El cliente, el fabricante del molde y el actual moldeador son las fuentes más importantes de información. El departamento de proyectos será el responsable de llevar a cabo la documentación siguiendo algunos de los caminos presentados en la sección 2.1.1. Adicionalmente esta metodología propone apoyarse en la información que los proveedores de las materias primas y los proveedores del equipo de manufactura puedan ofrecer. La información necesaria para el desarrollo de las actividades se encuentra definida en los documentos presentados en las Figuras 4.1 y 4.2 del capítulo 4.

### *3. Evaluar la información.*

**E** Al tener la documentación completa sobre la transferencia del molde los departamentos de producción y moldes tendrán que evaluar esta información para identificar:

- las especificaciones del equipo de manufactura,
- la moldeabilidad esperada de la pieza y
- las características del molde a recibir.

En el capítulo 5 se presenta una recolección de conocimientos teóricos y de experiencias personales que podrán ayudar a la evaluación del proyecto.

### *4. Definir los requerimientos necesarios para la transferencia del molde.*

**R** Los resultados de la evaluación son presentados por los departamentos de producción y de moldes. Estos resultados en conjunto con la información sobre la capacidad de la empresa serán analizados por un equipo de trabajo integrado por los departamentos de proyectos, producción, moldes y por los proveedores del equipo de manufactura y de la materia prima. En base a sus experiencias y conocimientos el equipo de trabajo deberá definir los requerimientos necesarios para la transferencia del molde, en los cuales deben incluirse:

- el equipo de manufactura y
- las modificaciones o ajustes en el molde necesarios para que la producción de piezas cumpla con los estándares de calidad del cliente.

Los puntos arriba mencionados serán sumamente importantes para asegurar la productividad tanto de la empresa de inyección como del cliente.

### **2.3. Prueba piloto.**

Así como un molde bien diseñado no asegura el éxito de una transferencia, así tampoco lo hará la metodología que se presenta en este trabajo. Cuando el arranque de producción lo permite, aún contamos con un recurso útil para conocer otras características importantes del molde y del proceso que ayudará a disminuir la probabilidad de que se presenten problemas: la prueba piloto.

Cuando un molde llega a la empresa se dirige al taller de moldes donde recibe una inspección general. Esta inspección consiste en revisar que durante el transporte no se hayan dañado los componentes o que no existan elementos faltantes como pernos, roscas, resortes, conectores y mangueras. Además se toman medidas sobre la dureza de la cavidad, insertos y pernos; se revisa que las líneas de enfriamiento estén limpias de oxidaciones, se inspecciona que los pernos de expulsión no estén doblados o fracturados, se asegura de que el molde tenga un aro centrador, una argolla para su movimiento, candados de protección, identificador de material, cavidades y fechador. Algunas empresas inspeccionan los venteos en el molde, unas miden su profundidad mientras que otras utilizan una prensa y dirigen aire hacia las cavidades en busca de venteos cerrados. Adicionalmente a estas rutinas de inspección, en este momento se realizarán las modificaciones o ajustes identificados en el paso 4 de la metodología propuesta en este trabajo. Una vez concluidas las tareas en el molde, éste se envía a la prueba piloto.

En la prueba piloto se busca encontrar problemas que dependen de las condiciones de proceso y del medio ambiente dentro de la planta, incluyendo la experiencia de los operadores, la cantidad de polvo y la humedad relativa en el ambiente, las temperaturas de alimentación de agua y aceite, y la metodología de la empresa para ajustar una ventana de proceso. Los problemas que buscamos encontrar durante la prueba piloto incluyen principalmente el alabeo, brillos, líneas de flujo, esfuerzos residuales, rebabas, disparos cortos, manchas plateadas y puntos negros. Si el equipo de manufactura ha sido seleccionado adecuadamente y el diseño del molde y de la pieza no presentan irregularidades, los problemas que aparecen dentro de la prueba piloto pueden ser solucionados a través de ajustes en el proceso de inyección.

#### 2.4 Conclusiones del capítulo 2.

En este capítulo se describe la metodología propuesta para realizar el proceso de transferencia de moldes. Se habla de 4 actividades básicas que buscan apoyar al equipo de trabajo a definir exitosamente el equipo de manufactura y a identificar si el molde requiere de alguna modificación o ajuste antes de arrancar la producción.

---

<sup>1</sup> IDEFO 1999. IDEF home page. <http://www.idef.com>.

## Capítulo 3

### 3. GUÍA DE ACTIVIDADES PARA EL PROCESO DE TRANSFERENCIA DE MOLDES

**G** En el capítulo 2 se expone la necesidad que tienen las empresas de inyección en México de identificar y documentar la información clave para la transferencia de moldes. Este capítulo presenta una guía que incluye las actividades necesarias para definir las especificaciones del equipo de manufactura y para identificar las características de la pieza y/o del molde que aseguren la adecuada moldeabilidad de la aplicación.

#### 3.1 ¿Por qué una Guía de Actividades?

Frecuentemente nos encontramos con procesos de trabajo en nuestras empresas que quisiéramos entender o mejorar, sin embargo hallamos obstáculos que impiden que esta innovación beneficie a todos los departamentos. Un obstáculo puede ser la dificultad de analizar y entender la forma en que un proceso interactúa afectando las actividades de varios departamentos. En la transferencia de un molde al menos 6 áreas de la empresa deben trabajar juntas: proyectos, producción, mantenimiento, moldes, calidad y logística. Estas áreas requieren en general de la misma información para realizar sus actividades. Para lograr el éxito de cada área, es importante que la información provenga de la misma fuente y que ésta sea administrada y compartida tan pronto como sea definida. Hoy en día es difícil lograr esta armonía de trabajo, cada área se preocupa sólo por aquello que le es importante. Esto en ocasiones es entendible, pues para conocer la forma en que nuestro trabajo interactúa con los demás es necesario invertir tiempo en lecturas de procedimientos que muchas veces nos parecen cansados y aburridos.

Una guía pretende concentrar las actividades claves de un proceso. Estas actividades se presentan en una hoja, eliminando los detalles que en ocasiones las hacen parecer complejas. En este caso la representación es a través de cuadros y flechas, las cuales ayudan a darle estructura a la información.

Existen buenas razones para utilizar una guía de actividades, entre ellas dos que considero importantes:

- a) *Facilitar el entrenamiento sobre procesos.* La guía permite tener una rápida idea de las actividades que abarca un proceso, además su presentación simplificada aumentará la probabilidad de que ésta sea leída.
- b) *Cambiar los procesos.* Al presentar una guía dejas abierta la oportunidad de que fácilmente se identifiquen pasos faltantes o alternativas de trabajo antes de llevar a cabo el proyecto. Hoy en día los moldes de inyección ofrecen varias opciones de diseño, razón por la cual un proceso de transferencia ya definido puede resultar inapropiado.

### 3.2 ¿Por qué usar IDEF0 en la representación de las actividades?

Esta técnica de modelación fue creada por Douglas T. Ross entre los 60's y 70's. El objetivo de IDEF0 sigue siendo el mismo, una herramienta que ayude a simplificar procedimientos manteniendo un orden lógico entre sus actividades.

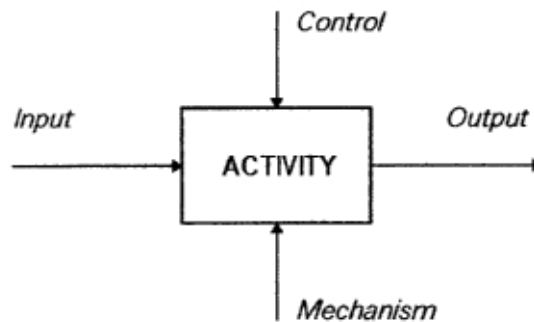


Figura 3.1 Representación de actividades en IDEF0.

La Figura 3.1 muestra la forma en que IDEF0 representa las actividades. *Input* (entrada) corresponde a aquello que se consume en el proceso, *Control* se refiere a aquello que limita la operación del proceso, *Mechanism* (mecanismo) es aquello que se utiliza para desarrollar el proceso sin embargo no es consumido y *Output* (salida) es el resultado del proceso.

### 3.3 Guía de Actividades para el Proceso de Transferencia de Moldes.

La Figura 3.2 presenta la guía de actividades propuesta en este trabajo para el proceso de transferencia de moldes. Esta guía debe definirse en cada empresa de inyección a partir de las experiencias vividas y de los tipos de moldes que usualmente reciben. Dentro de la creación de la guía deben participar al menos los departamentos de proyectos, producción y moldes.

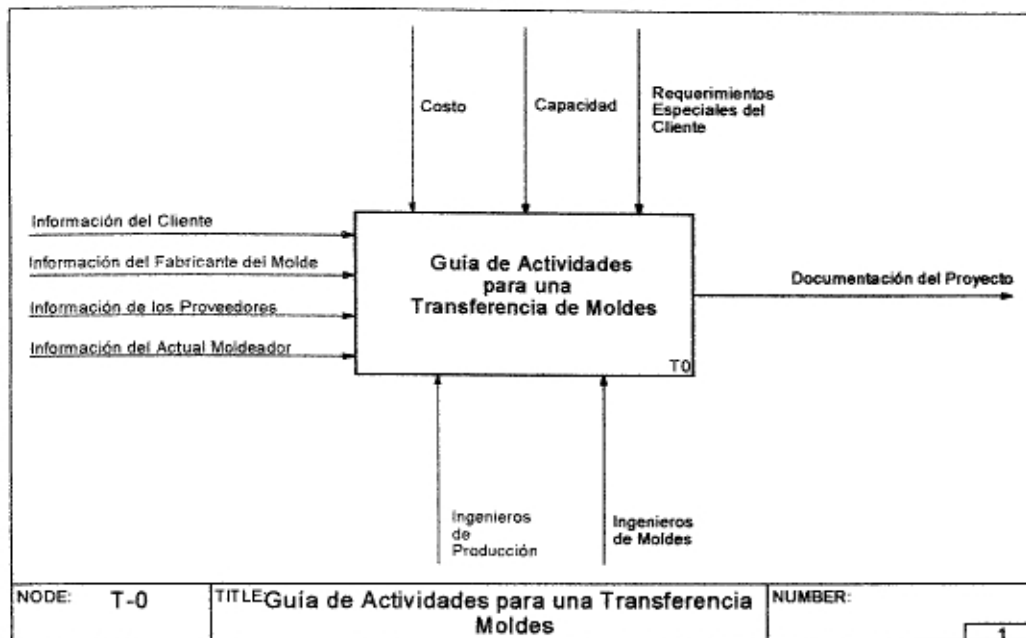


Figura 3.2 Guía de Actividades para el Proceso de Transferencia de Moldes.

La guía presentada en este trabajo tiene como *entrada* la información del cliente, la del fabricante del molde, la de los proveedores de materia prima y de equipo de manufactura y la del actual moldeador. Como *control* se contempla el costo de la compra o del uso del equipo de manufactura, la capacidad actual de la empresa incluyendo disponibilidad en equipos, personal e instalaciones; y los requerimientos del cliente para la aplicación y para la empresa. Como *mecanismo* contamos con el apoyo de los ingenieros de producción y de moldes. Finalmente como *salida* debemos obtener la documentación del proyecto, independientemente de que se lleve a cabo o no la transferencia.

Siguiendo la metodología propuesta en la sección 2.2 del capítulo 2, esta guía considera 3 actividades dentro de la transferencia de moldes:

- conocer las especificaciones del equipo de manufactura,
- conocer la moldeabilidad de la pieza y
- conocer las características críticas del molde.

En la Figura 3.3 se encuentran las actividades necesarias para cumplir con las 3 acciones definidas en la metodología. Estas actividades pueden llevarse a cabo al mismo tiempo. La especificación del equipo de manufactura y la inspección de las características críticas de la pieza son realizadas por el departamento de producción, mientras que la inspección de las características críticas del molde es realizada por el departamento de moldes.

573886

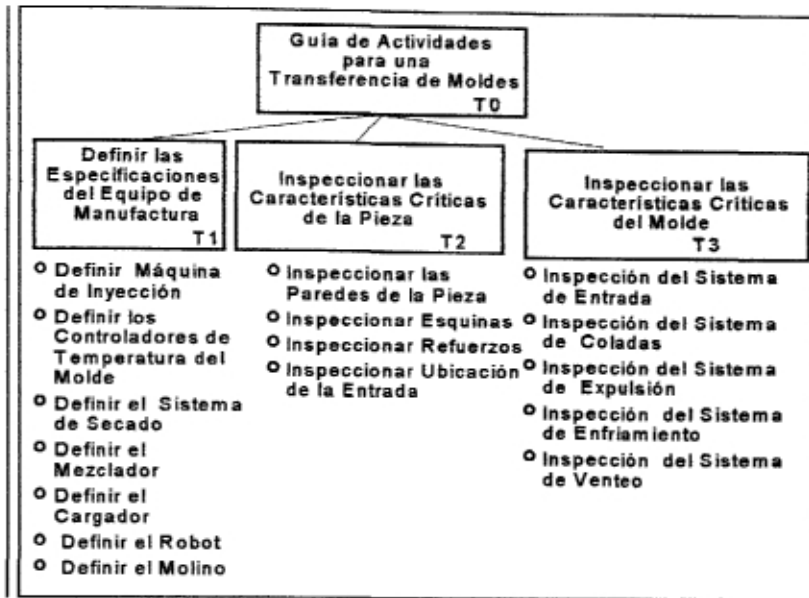


Figura 3.3 Guía de actividades para una transferencia de moldes.

### 3.3.1 Actividades relacionadas con la especificación del equipo de manufactura.

Las especificaciones del equipo de manufactura son realizadas por el departamento de producción.

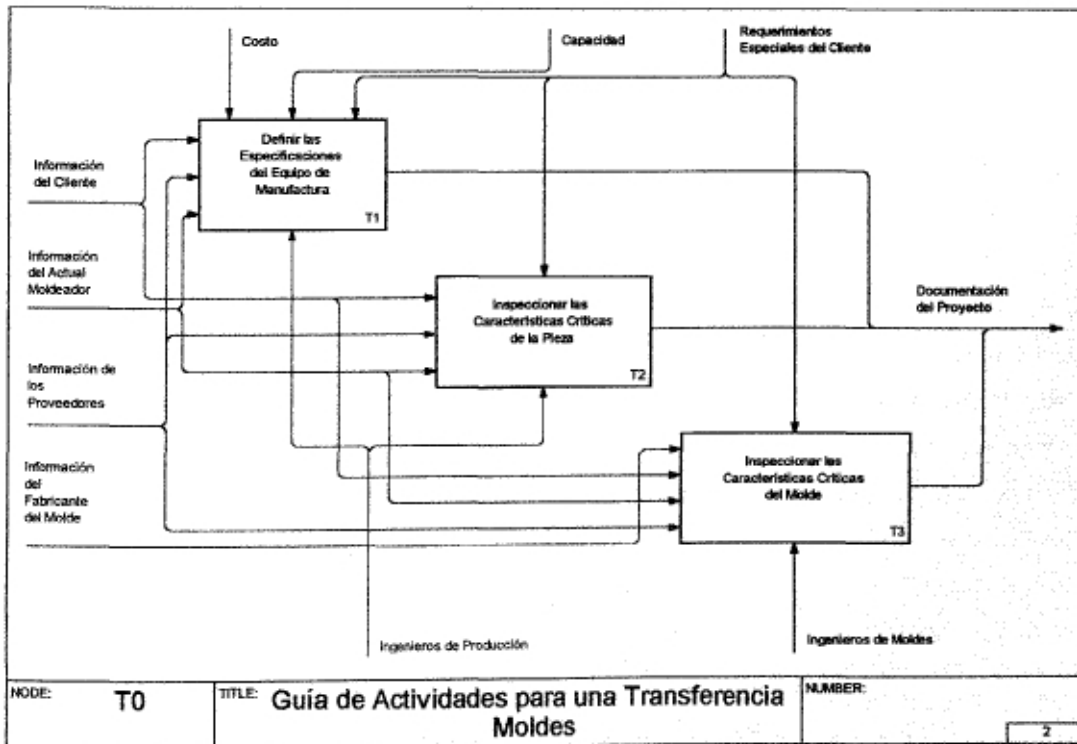


Figura 3.4 Actividades en una transferencia de moldes.



En la Figura 3.4 se muestra quienes serán las fuentes de información y los medios de control para cada una de las actividades.

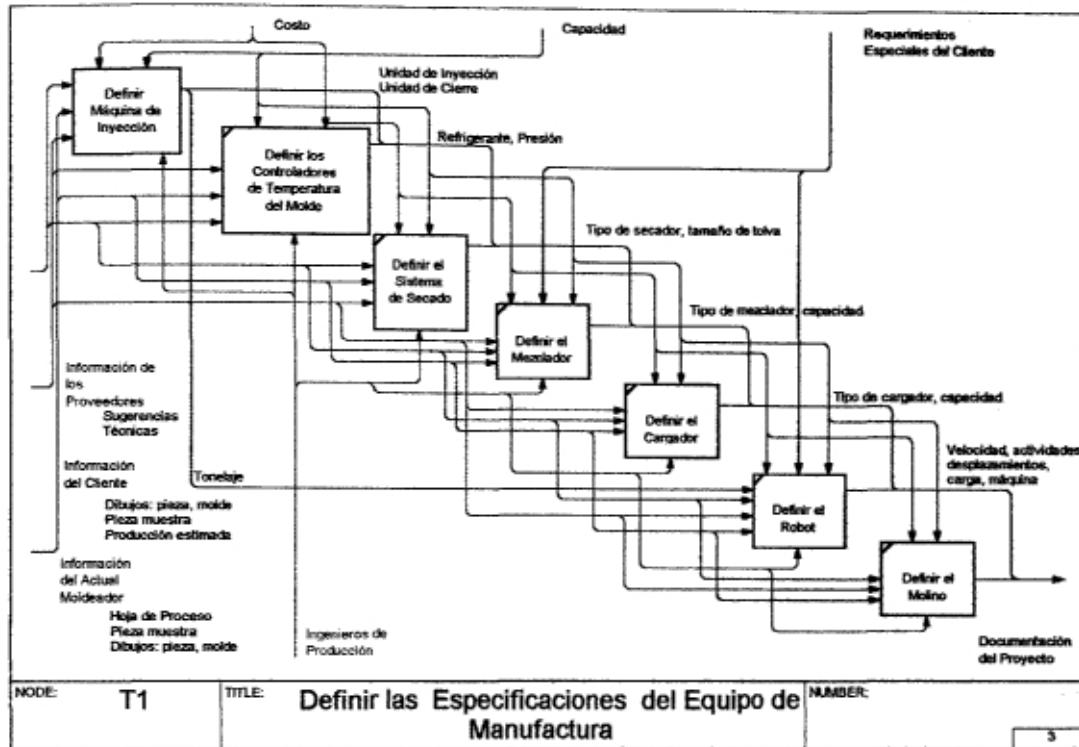


Figura 3.5 Equipo de manufactura para la transferencia de un molde.

Dentro del equipo de manufactura esta guía considera 7 elementos: la máquina de inyección, los controladores de temperatura para el molde, el sistema de secado, el mezclador, el alimentador o cargador, el robot y el molino. Estos son los más comunes, sin embargo en cada caso tendrá que identificarse el equipo necesario. La empresa, el tipo y la vida de la aplicación marcarán la necesidad de utilizar un equipo determinado. El caso del mezclador es un buen ejemplo, pues usualmente las empresas recurren a un proceso de mezcla manual para evitar la inversión en el equipo. La mezcla manual es útil para mezclar colores y para mezclar material virgen con remolido, sin embargo puede resultar inapropiada en aplicaciones que requieren tolerancias cerradas en su color o en aplicaciones que tienen que cumplir requerimientos especiales en su desempeño, como la retardancia a la flama.

La especificación de los equipos puede hacerse de manera independiente a excepción del robot, el cual está relacionado con la máquina de inyección seleccionada. La Figura 3.5 muestra esta dependencia.

A continuación se presenta la forma en que la guía puede usarse para definir los equipos de manufactura. El uso de esta guía resulta útil para casos donde el molde es de reciente fabricación o para casos donde se desconoce el equipo utilizado actualmente (debido a la falta de información proporcionada por el actual moldeador). Las fuentes de información para cada actividad aparecen en la Figura 3.5.

*3.3.1.1 Definir los controladores de temperatura de molde.* Para definir el tipo de controlador necesitamos conocer el refrigerante a usar y la presión requerida en la bomba. El cliente nos puede dar un dibujo del molde, de la pieza o una muestra. Con ellas podemos conocer sus dimensiones y material. El proveedor del equipo tiene información que puede ayudar a realizar la selección del controlador en base al tamaño del molde. En la sección 5.1.2 se encuentran algunos comentarios y sugerencias sobre la especificación de este equipo.

*3.3.1.2 Definir el sistema de secado.* Para definir el sistema de secado se requiere conocer el tipo de secador que la resina necesita y el tamaño de la tolva para este secador. El cliente nos puede dar un dibujo de la pieza o una muestra y el tiempo de ciclo cotizado. Con esta información podemos conocer el material y su consumo. Los proveedores de la materia prima y del equipo tienen información que puede ayudar a realizar la selección adecuada. En la sección 5.1.7 se encuentran algunos comentarios y sugerencias sobre la especificación de este equipo.

*3.3.1.3 Definir el tipo de mezclador.* Para definir el mezclador necesitamos conocer el consumo de materia prima y el tipo de alimentación que se quiera usar. El consumo de materia prima lo obtenemos del cliente en base a la producción estimada y al peso de la pieza. El tipo de alimentación puede ser gravimétrico o volumétrico. El cliente nos puede facilitar los requisitos cosméticos en la pieza. El proveedor del equipo tiene información que puede ayudar a realizar la selección adecuada. En la sección 5.1.3 se encuentran algunos comentarios y sugerencias sobre la especificación de este equipo.

*3.3.1.4 Definir el tipo de cargador.* Para definir el cargador necesitamos conocer el consumo de materia prima y el tipo de alimentación que se quiera usar. El tipo de alimentación puede ser a pie de máquina o a través de un sistema central. El cliente nos puede facilitar la producción estimada, los colores, los materiales y el peso de la pieza. El proveedor del equipo

tiene información que puede ayudar a realizar la selección adecuada. En la sección 5.1.5 se encuentran algunos comentarios y sugerencias sobre la especificación de este equipo.

*3.3.1.5 Definir el tipo de robot.* Para definir el robot necesitamos conocer su velocidad de operación o el tiempo de ciclo con el que cuenta para realizar sus actividades, el peso de la carga, el tipo de actividades y desplazamientos que va a realizar y el tipo de máquina en el cual va a operar. El cliente nos puede facilitar el tiempo de ciclo cotizado, el peso de la parte y la forma en que ésta debe ser manejada. El proveedor del equipo tiene información que puede ayudar a realizar la selección adecuada. En la sección 5.1.6 se encuentran algunos comentarios y sugerencias sobre la especificación de este equipo.

*3.3.1.6 Definir el tipo de molino.* Para definir el molino necesitamos conocer el consumo de materia prima y el tipo de molino que requiere la aplicación. El tipo de molino depende de lo que se quiera moler, ya sean piezas, coladas o purgas. También depende de la resina y del máximo espesor de lo que se va a moler. El cliente nos puede facilitar la producción estimada, el tamaño y el material de la parte. El proveedor del equipo tiene información que puede ayudar a realizar la selección adecuada. En la sección 5.1.4 se encuentran algunos comentarios y sugerencias sobre la especificación de este equipo.

En la Figura 3.6 se observa que para definir la máquina de inyección, ésta debe considerarse como la unión de dos equipos: la unidad de cierre y la unidad de inyección. Cada equipo puede especificarse de forma independiente, dependiendo del tipo de molde y del producto a inyectar. Siendo este un procedimiento recomendable, en ocasiones encontraremos que el equipo con el que contamos no cumple ambas especificaciones. En este caso no se recomienda conseguir un equipo muy especializado sin antes conocer la duración y el riesgo del proyecto. Lo más adecuado es comprar equipos de uso general y con dimensiones estándares.

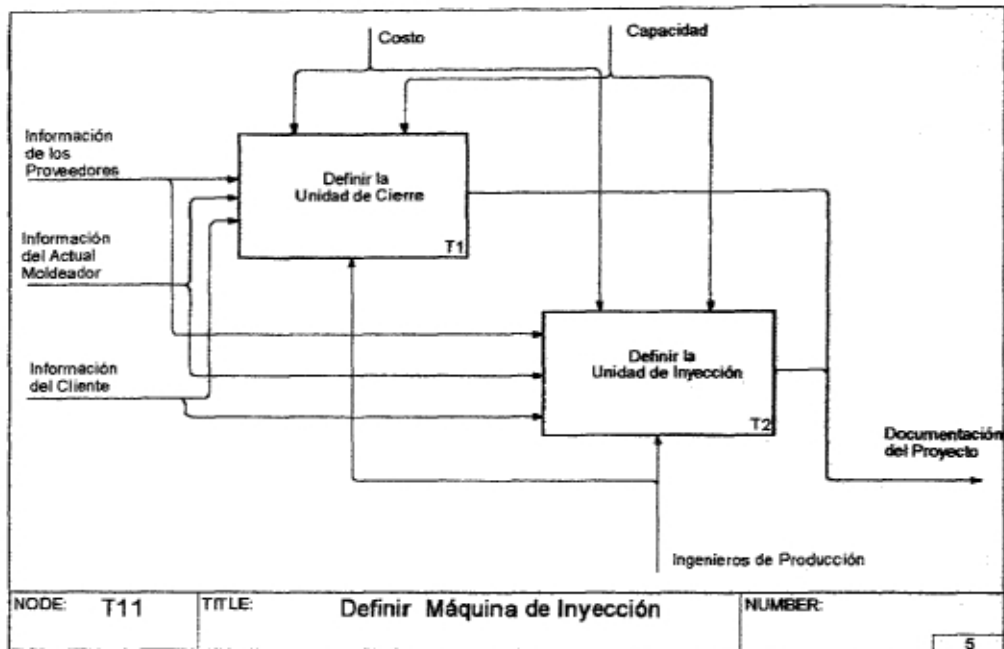


Figura 3.6 Elementos a especificar para la máquina de inyección.

La Figura 3.7 muestra la forma en que cada unidad de la máquina de inyección debe especificarse. Estas especificaciones no buscan describir detalladamente a cada unidad, pero

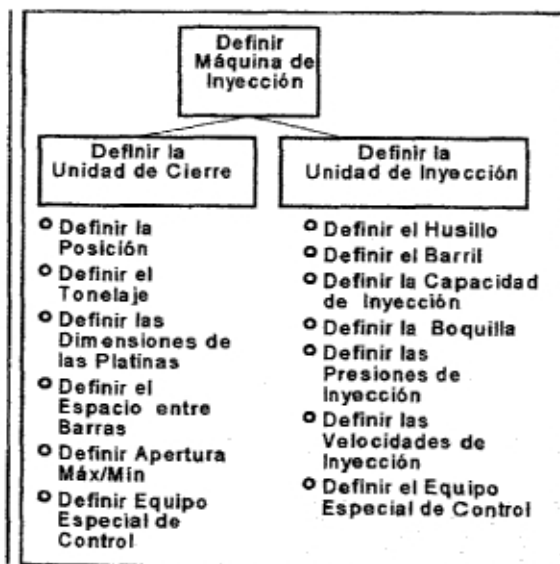


Figura 3.7 Especificación de la máquina de inyección.

serán suficientes para definir al equipo de inyección adecuado para la aplicación. La definición de la unidad de cierre incluye la posición, el tonelaje, las platinas, las barras, la apertura y los equipos especiales de control. Estas características pueden definirse de manera independiente. La Figura 3.8 presenta las fuentes de información que pueden utilizarse para su especificación.

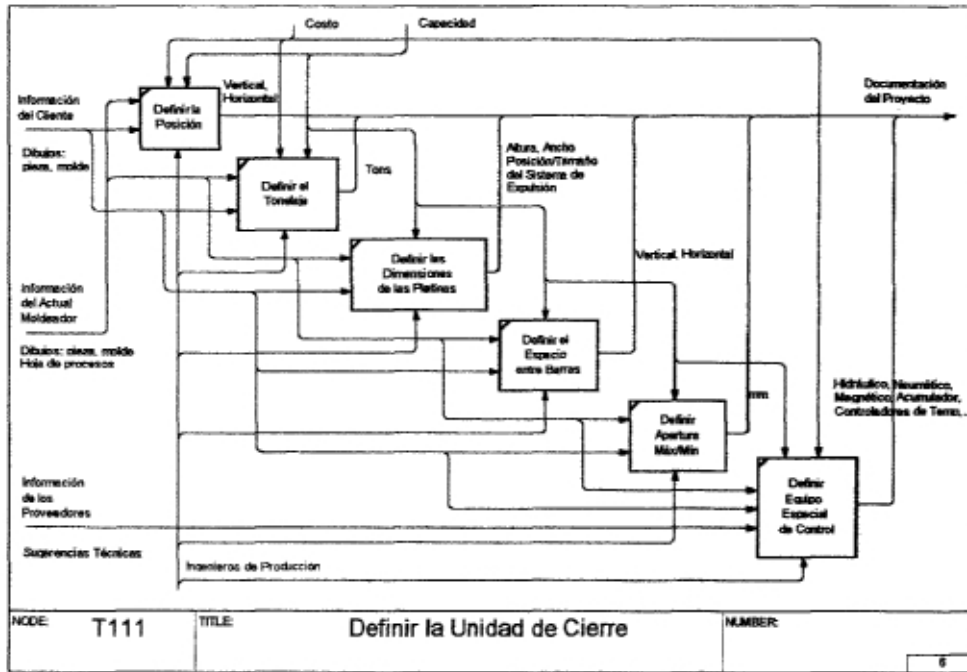


Figura 3.8 Especificaciones de la unidad de cierre.

En la sección 5.1.1.1 del capítulo 5 se presenta una explicación de cada una de las características de la unidad de cierre. Esta sección contiene también sugerencias para ayudar a definirlas.

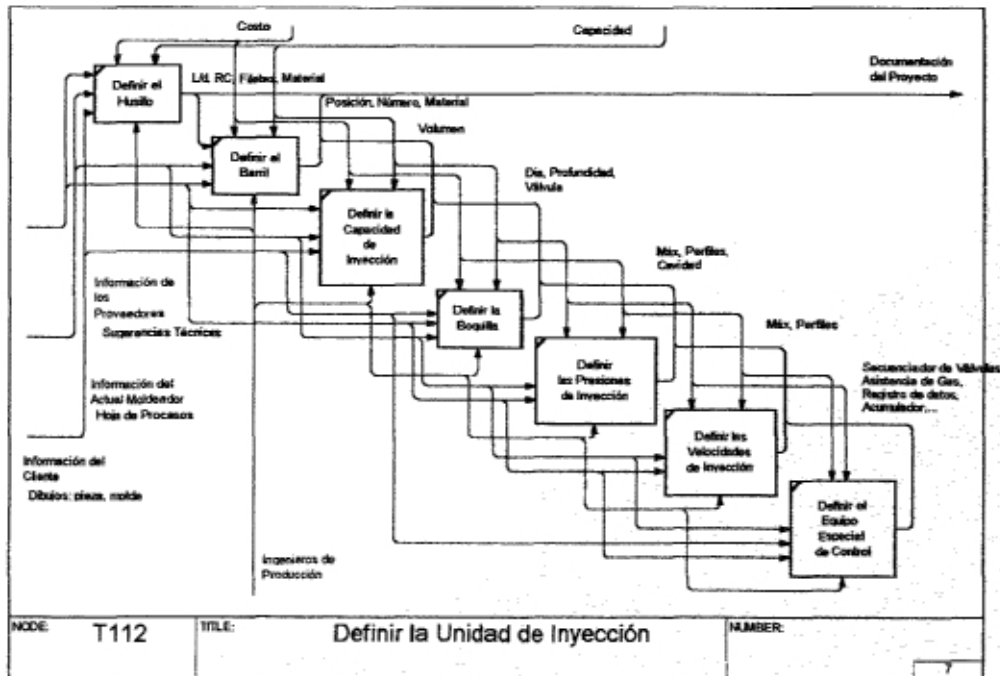


Figura 3.9 Especificaciones de la unidad de inyección.

Por otro lado en la unidad de inyección necesitamos definir el husillo, el barril, la capacidad de inyección, la boquilla, las presiones y velocidades de inyección y el equipo especial de control. Estas características pueden definirse de forma independiente a excepción del husillo y del barril, los cuales deben ser compatibles.

La Figura 3.9 presenta las fuentes de información que pueden utilizarse para su especificación, además la sección 5.1.1.2 del capítulo 5 presenta una explicación de cada una de las características de la unidad de inyección. Esta sección contiene también sugerencias para ayudar a definir las.

*3.3.2 Actividades relacionadas con la inspección de las características críticas de la pieza.*

La Figura 3.10 presenta las características críticas del diseño de una pieza. La inspección que propone hacer esta guía es para evaluar si las características en el diseño de la pieza pueden afectar a su moldeabilidad. Esta inspección aplica para cualquier molde, y entre las características se incluyen las paredes, las esquinas, los refuerzos y la ubicación de la entrada. Dependerá si el molde está en fabricación o si ya ha corrido producción de que el ingeniero de manufactura pueda influir en el diseño de estas características o en una modificación de las mismas.

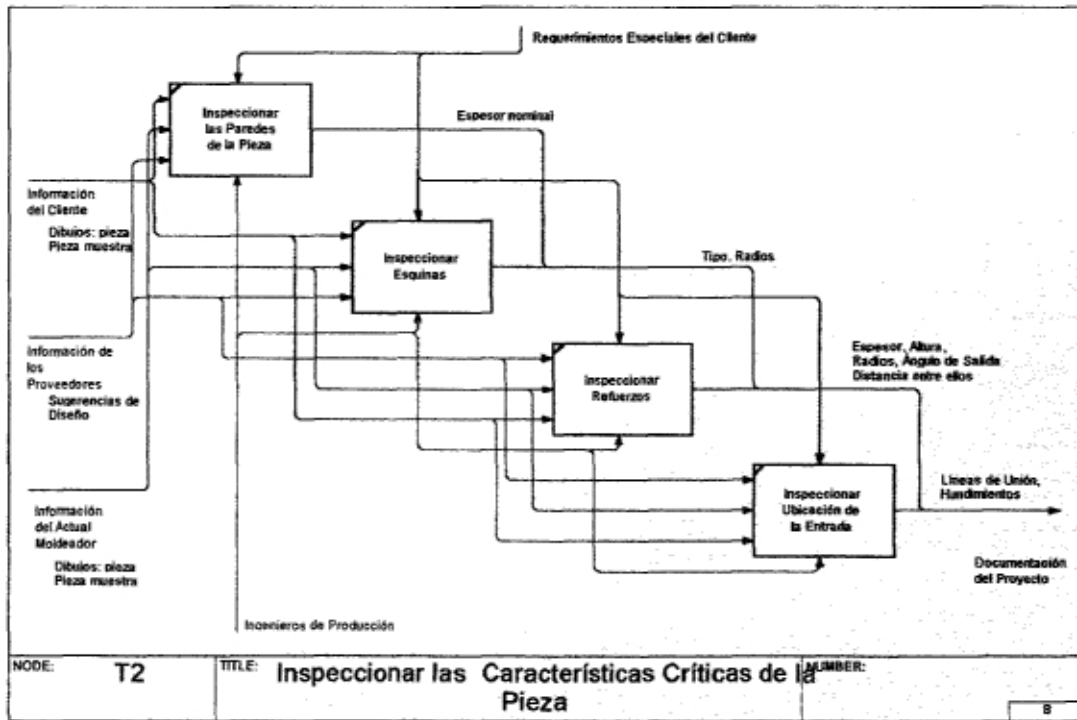
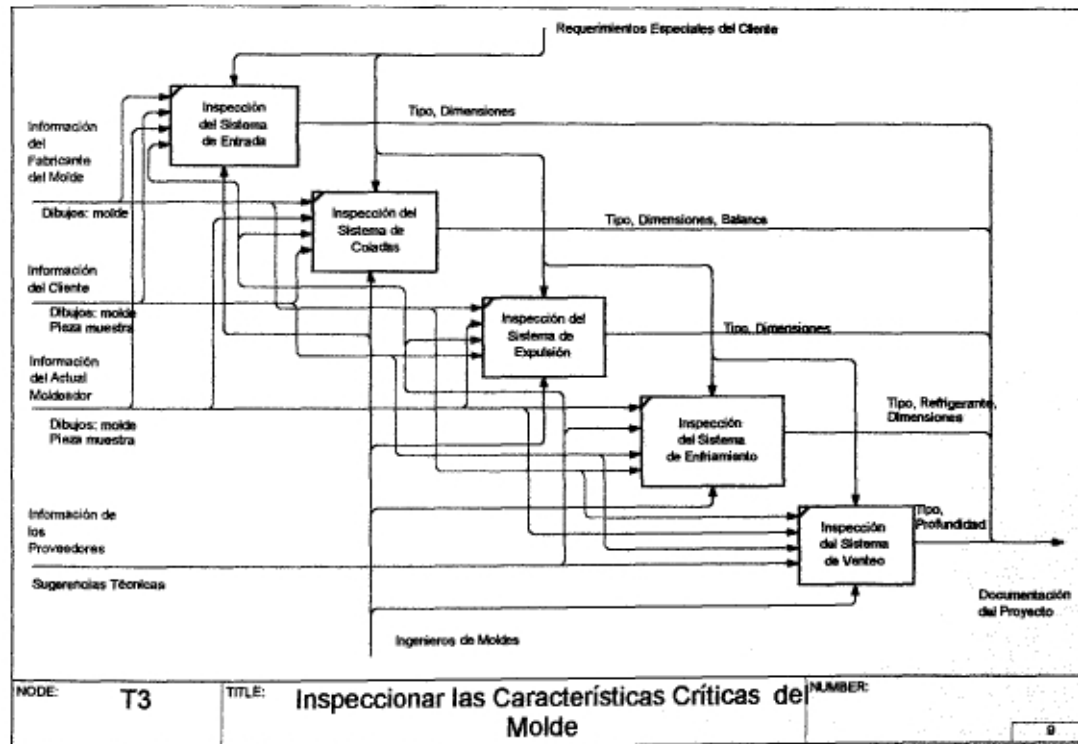


Figura 3.10 Características críticas en el diseño de la pieza.

La sección 5.2 del capítulo 5 presenta una explicación detallada sobre estas características, sobre problemas de moldeabilidad relacionados con ellas y también contiene algunas sugerencias para su diseño.

### 3.3.3 Actividades relacionadas con la inspección de las características críticas del molde.

La inspección que propone hacer esta guía es necesaria para que las características en el diseño del molde sean consideradas en la especificación del equipo de manufactura y en la negociación de la calidad final de las piezas. Las características que esta guía propone inspeccionar se muestran en la Figura 3.11. Estas características incluyen el sistema de entrada, el sistema de coladas, el sistema de expulsión, el sistema de enfriamiento y el sistema de venteo. Dependiendo si el molde está en fabricación o si ya ha corrido producción será la forma en que el ingeniero de moldes pueda influir en el diseño de estas características o en una modificación de las mismas.



La sección 5.3 del capítulo 5 presenta una explicación detallada sobre estas características, sobre problemas de calidad en la pieza relacionados con ellas y también contiene algunas sugerencias para su diseño.

### 3.4 Comentarios sobre el capítulo 3.

En el capítulo 3 se presenta una guía de actividades para la metodología del proceso de transferencia de moldes. Las actividades de la guía se relacionan con 2 acciones: definir el equipo de manufactura e inspeccionar las características en la pieza y en el molde. Cada uno de los equipos y características incluidos en la guía mantienen una fuerte relación con la calidad de la producción. Al seguir cada actividad en la guía, los elementos básicos del proceso de inyección serán analizados y documentados de tal suerte que durante el arranque de la producción se tendrá una referencia sobre la forma en que el equipo de manufactura fue seleccionado y sobre los resultados de la inspección del molde y de la pieza.



## Capítulo 4

### 4. DOCUMENTACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES DE LA GUÍA.

**D** En el capítulo 3 se presenta la guía de actividades para el proceso de transferencia de moldes. Este capítulo presenta la documentación necesaria para el desarrollo de las actividades sugeridas en la guía.

#### 4.1 Fuentes de la información del proyecto.

Las actividades en una transferencia de molde comienzan cuando el cliente (OEM) envía una solicitud de cotización (RFQ) al departamento de proyectos de la empresa de inyección. El departamento de proyectos es el encargado de reunir información sobre la pieza, el material, el proceso y el molde que se desea transferir. Esta información servirá de apoyo a los departamentos de manufactura de la empresa para evaluar el proyecto y determinar los requerimientos del equipo de manufactura y los ajustes o modificaciones en el molde necesarios para cumplir con los requerimientos de calidad del cliente.

La fuente de información más fácil de usar dependerá de cada caso en particular. Si la transferencia corresponde a un molde de reciente fabricación, el contacto adecuado será el fabricante del molde y el cliente. En este caso también los proveedores de materia prima pueden dar apoyo participando en las pruebas técnicas que se realizan en los moldes prototipo, siendo esta participación de mucha utilidad pues en ese momento aun hay tiempo para realizar modificaciones en el diseño y fabricación del molde.

Si la transferencia de moldes se realiza entre la misma compañía (una localizada en EUA y otra en México), lo más fácil es realizar una visita y documentar el proceso tal cual esta operando. Por otro lado, si el cliente traslada sus moldes entre empresas rivales una visita resulta imposible, se complica el flujo de información e inclusive en ocasiones el molde llega con daños (ocasionados por un pobre empaque) y piezas faltantes (conectores, pernos, sellos). En este caso el apoyo de los proveedores es aún más importante, pues ellos están expuestos a trabajar con aplicaciones similares en las diferentes empresas a las cuales ofrecen servicio.

En cualquier caso el uso de la metodología aquí propuesta puede ayudar a mejorar las condiciones finales de la producción. Veamos el siguiente ejemplo, un molde esta corriendo

producción adecuadamente y la transferencia se va a realizar entre la misma compañía (una en EUA y la otra en México). La información señala que la actual producción utiliza un controlador de temperatura para ambos lados del molde y que el diámetro del orificio de la boquilla del barril es un 50% menor al diámetro del buje de colada del molde. Si esta información es documentada de forma independiente será difícil identificar áreas de oportunidad. La explicación es la siguiente, el departamento de proyectos estará muy satisfecho de cotizar un solo controlador de temperatura para el molde, adicionalmente no le prestará atención al tipo de boquillas disponibles. Estas decisiones afectarán a la empresa, pues estará perdiendo la oportunidad de reducir el tiempo de ciclo de la aplicación. Un controlador adicional podría ayudar a enfriar más rápido la pieza reduciendo el tiempo de enfriamiento, lo mismo sucede con la boquilla, un diámetro adecuado en su orificio podría acelerar el llenado de la pieza. Si la información se evalúa mediante una reunión de los diferentes departamentos de manufactura y los proveedores, estas oportunidades serán fáciles de identificar e inclusive de evaluar, pues en ese momento se puede calcular si ambos, el controlador de temperatura adicional y el uso de una boquilla con el diámetro correcto, en conjunto con la disminución del tiempo de ciclo pueden traer mejores beneficios al proyecto.

En este trabajo se busca evidenciar la importancia de tener el apoyo de los proveedores durante una transferencia. Es indispensable involucrarlos desde el inicio del proyecto, no sólo para las cotizaciones sino para que participen en su evaluación identificando posibles áreas de conflicto (disponibilidad del material, del equipo, costos y tiempos de entrega). Los proveedores de materia prima podrán presentar alternativas más económicas y/o con mejores propiedades o características para un determinado desempeño (flujo, estabilizadores, lubricantes, desmoldantes, etc.). Los proveedores del equipo de manufactura podrán presentar adelantos tecnológicos. Por ejemplo, los controladores de temperatura del molde tipo "pulse cooling" han demostrado tener ventajas sobre los controladores convencionales, logrando reducir los tiempos de enfriamiento y cumpliendo con mejores tolerancias dimensionales en la parte<sup>1</sup>. En el Apéndice B se presenta una lista de proveedores de materia prima y de equipo de manufactura en México.

Adicionalmente a las fuentes de información arriba mencionadas el moldeador cuenta con Internet. Este medio es sumamente útil para encontrar datos técnicos sobre resinas, proveedores, equipos y demás áreas relacionadas con la inyección de partes plásticas.

#### 4.2 Documentación del proyecto.

La Figura 4.1 muestra la información que el departamento de moldes necesita documentar sobre la transferencia. Esta información es proporcionada por el departamento de proyectos e incluye datos generales sobre el proyecto, sobre la parte y sobre el molde.

<b>MOLDES</b>		<b>Transferencia de Moldes</b>
<b>Datos Generales del Proyecto</b>		
<input type="checkbox"/>	Nombre del Cliente	
<input type="checkbox"/>	Nombre del Programa	
<input type="checkbox"/>	Nombre de la Parte	
<input type="checkbox"/>	Número de Parte	
<input type="checkbox"/>	Versión o Revisión de la Parte	
<input type="checkbox"/>	Volumen de Producción	
<input type="checkbox"/>	Empresa actual de Inyección o Fabricante del Molde	
<b>Datos de la Parte</b>		
<input type="checkbox"/>	Último Disparo	
<b>Datos del Molde</b>		
<input type="checkbox"/>	Número del Molde	
<input type="checkbox"/>	Dibujos del Molde	
<input type="checkbox"/>	Dibujos del Manifold	
<input type="checkbox"/>	Registros de Mantenimiento	
<input type="checkbox"/>	Lista de refacciones	
<input type="checkbox"/>	Peso del Molde	

Figura 4.1 Información sobre la transferencia de moldes correspondiente al departamento de moldes.

De igual forma en la Figura 4.2 se muestra la información que el departamento de producción necesita sobre la transferencia. La información es entregada a los departamentos de moldes y de producción personalmente para luego ser archivada en un folder de acceso común en el sistema. Con esta acción se asegura el hecho de que los documentos estén accesibles para los integrantes del proyecto y además marcará el inicio de la evaluación. El capítulo 5 presenta una forma en que esta evaluación puede llevarse a cabo.

PRODUCCIÓN		Transferencia de Moldes	
<b>Datos Generales del Proyecto</b>			
<input type="checkbox"/>	Nombre del Cliente	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Nombre del Programa	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Nombre de la Parte	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Número de Parte	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Versión o Revisión de la Parte	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Volumen de Producción	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Empresa actual de Inyección o Fabricante del Molde	<input type="checkbox"/>	
<b>Datos de la Parte</b>			
<input type="checkbox"/>	Muestra Física	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Dibujo de la Parte	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Requerimientos de Calidad del Cliente	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Archivos de CAD, CAM o Mold Flow de la Parte	<input type="checkbox"/>	
<b>Datos de la Materia Prima</b>			
<input type="checkbox"/>	Resina	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Nombre Comercial de la Resina	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Grado de la Resina	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Fabricante de la Resina	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Distribuidor de la Resina	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Color de la Resina	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Código del Color	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Máximo % de Remolido Permitido en la Aplicación	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Temperatura de Secado de la Resina	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Tiempo de Secado de la Resina	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Gravedad Específica de la Resina	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Factor de Encogimiento de la Resina	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Tipo de Aditivos o Concentrantes de Color	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Fabricante de los Aditivos o del Concentrante de Color	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Distribuidor de los Aditivos o del Concentrante de Color	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	% de Mezcla de los Aditivos o del Concentrante de Color	<input type="checkbox"/>	
<b>Datos del Proceso</b>			
<input type="checkbox"/>	Tipo de Proceso de Manufactura	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Ambiente de Manufactura	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Hoja de Parámetros del Proceso	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Volumen de la Parte	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Peso de la Parte	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Peso del Disparo	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Tiempo de Ciclo Cotizado	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Forma de Remover la Parte del Molde	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Operaciones Secundarias	<input type="checkbox"/>	
<b>Datos del Molde</b>			
<input type="checkbox"/>	Dibujos del Molde	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Dibujos del Manifold	<input type="checkbox"/>	

Figura 4.2 Información sobre la transferencia de moldes correspondiente al departamento de producción.

<sup>1</sup>Yelsh, Amanda. 1997. *Advantages of Pulse Modulated Mold Cooling Systems*. GE Plastics. Polymer Processing Development Center.

## Capítulo 5

### 5. EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN SOBRE LA TRANSFERENCIA DE MOLDES.

**E** El capítulo 4 presenta la información que el departamento de proyectos entrega a los departamentos de moldes y producción antes de realizarse la transferencia de un molde. Este capítulo busca servir de apoyo a los departamentos de moldes y producción para realizar el análisis de la información y reportar los resultados sobre el proyecto.

Existen 3 resultados que se esperan obtener de esta evaluación: las especificaciones del equipo de manufactura, la moldeabilidad de la pieza y las características del molde a recibir.

#### 5.1 Especificaciones del equipo de manufactura

La Figura 5.1 muestra el equipo de manufactura que ha sido incluido en la guía del capítulo 3. Esta sección presenta sugerencias para la especificación del equipo basadas en la literatura y en la recolección de experiencias personales, también se encontrarán algunas reglas de dedo que pueden utilizarse en caso de no contar con información suficiente.

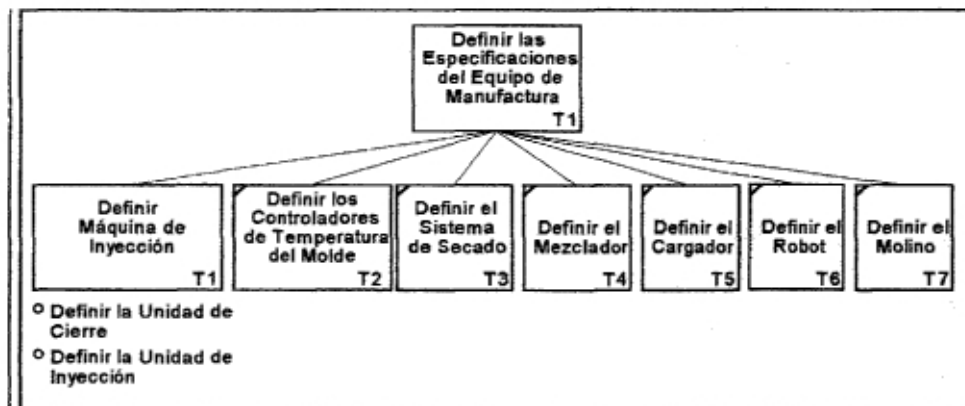


Figura 5.1 Equipo de manufactura para la producción de un molde.

El equipo de manufactura incluye la máquina de inyección, los controladores de temperatura del molde, el sistema de secado, el mezclador, el cargador, el robot y el molino. Para cada equipo tendremos que definir algunas especificaciones que ayuden a su selección. Cabe señalar que las especificaciones que se definan no serán suficientes para describir a detalle el equipo, sin embargo serán suficientes para seleccionar el equipo adecuado para la operación del molde.

Para definir las especificaciones de cada equipo necesitaremos datos relacionados con el material, la pieza, el molde y el proceso. Las fuentes de información para cada actividad presentada en esta sección quedaron señaladas en la guía del capítulo 3.

### 5.1.1 Definir la máquina de inyección.

La máquina de inyección consta de 3 elementos: la base, la unidad de cierre y la unidad de inyección. La Figura 5.2 muestra una fotografía de una máquina de inyección en la cual se pueden identificar sus elementos

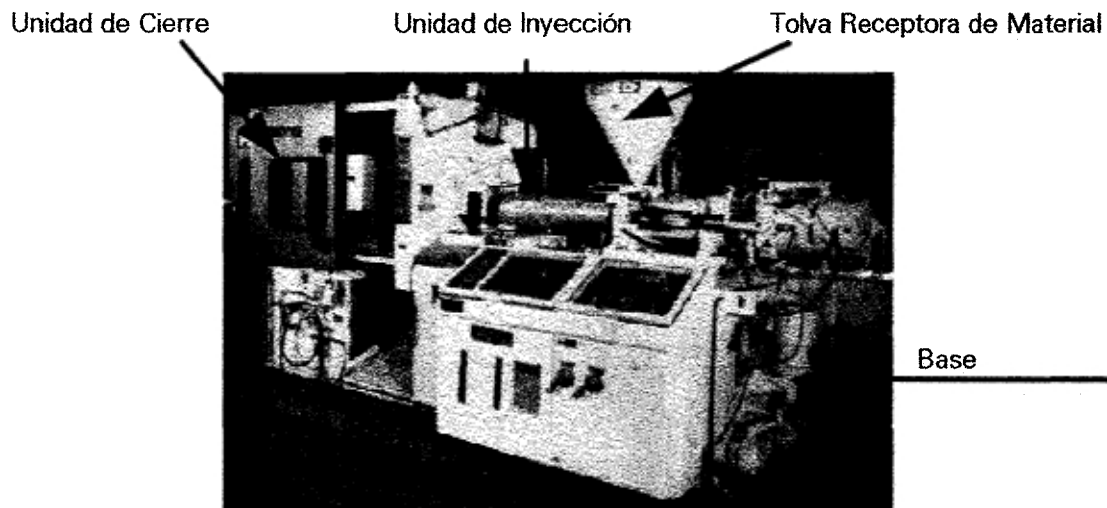


Figura 5.2 Fotografía de una máquina de inyección.

La base le da a la máquina estabilidad dimensional, precisión y resistencia, además sirve para almacenar los tanques hidráulicos. Siguiendo las actividades definidas en la guía, en este trabajo únicamente se especificarán la unidad de cierre y la de inyección.

#### 5.1.1.1 Definir la unidad de cierre.

La Figura 5.3 muestra las especificaciones necesarias para la unidad de cierre: posición, fuerza de cierre, tipo y tamaño de las platinas, distancia entre barras, apertura máxima y mínima y equipos especiales de control.

La unidad de cierre de la máquina esta diseñada para mantener cerrado firmemente el molde durante la inyección, además es la encargada de abrir y cerrar el molde cuidando su integridad al evitar cierres bruscos o presiones excesivas. Ocasionalmente también participa en la

expulsión de la pieza. La evolución de la unidad de cierre al paso del tiempo ha generado diferentes mecanismos para su operación: mecánico, hidráulico, hidromecánico y últimamente el eléctrico.

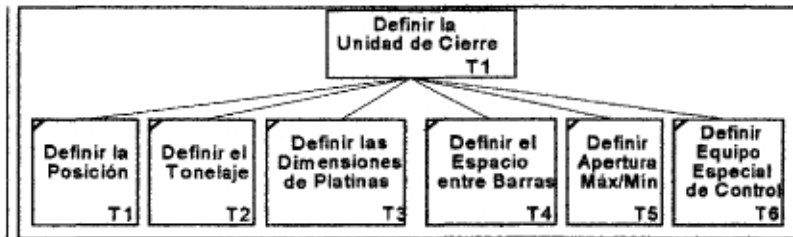


Figura 5.3 Especificaciones para la unidad de cierre.

**Posición de la unidad de cierre.** El diseño más común en las máquinas de inyección cuenta con una unidad de cierre en posición horizontal ya que este diseño se favorece de la gravedad para poder expulsar libremente las piezas del molde. El moldeo con múltiples componentes como sería el caso de usar insertos metálicos durante la inyección requerirá de una unidad de cierre en posición vertical.

**Fuerza de Cierre.** La fuerza de cierre es la que compensa a la fuerza que surge debido a la presión en la cavidad desarrollada durante el proceso de inyección. Una fuerza de cierre insuficiente puede favorecer la aparición de rebabas en la línea de partición e inclusive afectar el peso y espesor de la pieza. En el caso de exceder la fuerza de cierre necesaria, el molde puede llegar a deformarse o a rajarse prematuramente debido a la fatiga del material.

Si no se cuenta con datos sobre la presión en la cavidad ni con las hojas de proceso del actual moldeador que nos indiquen el tonelaje necesario para la inyección, la fuerza de cierre puede aproximarse mediante diferentes métodos. El mínimo tonelaje necesario se puede aproximar conociendo el espesor de la pieza, el área proyectada, la resina y la longitud que recorre ésta desde que entra a la cavidad hasta el punto más alejado. Un método más seguro es aquél que requiere conocer sólo del área proyectada.

- a) *Cuando conocemos la longitud de flujo de la resina desde la entrada de la cavidad hasta el punto más alejado ( $L$ ), el espesor mínimo de pared ( $t_{min}$ ), el material y el área proyectada de la pieza.*
  - Utilizar el espesor y la relación  $t_{min} / L$  para determinar la presión en la cavidad (bar) mediante la Tabla 5.1.

- Multiplicar la presión en la cavidad por el factor de flujo del material. Ver Tabla 5.2.
- Calcular el área proyectada (cm<sup>2</sup>) de la pieza sobre la superficie de cierre del molde. El área proyectada incluye la zona de las coladas excepto en el caso de colada caliente.
- Multiplicar la presión en el molde (bar) por el área proyectada (cm<sup>2</sup>) y dividir entre 1000. Como resultado tendremos el tonelaje mínimo de cierre en la máquina.

Tabla 5.1. Presión en la cavidad según el espesor de pared y la longitud de flujo (bar)<sup>1</sup>.

L/t <sub>min</sub>	Espesor de pared (mm)																		
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
50:1						200													
75:1	400	375	325	300	270	240	220	200	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
100:1	480	450	400	370	340	300	290	280	250	230	210	190	180	180	180	180	180	180	180
150:1	720	670	580	530	480	440	425	400	375	360	340	320	220	180	180	180	180	180	180
200:1	900	850	750	720	700	630	580	520	500	450	430	410	320	280	220	180	180	180	180
250:1	1050	1000	900	850	800	700	680	620	560	530	500	480	360	300	250	225	200	180	180

Nota: Longitud (L) en mm, espesor mínimo (t<sub>min</sub>) en mm.

b) Cuando sólo conocemos el área proyectada de la pieza.

Sean: F<sub>CR</sub> = Fuerza de cierre necesaria para un molde de 2 placas ( Ton )

A<sub>C</sub> = Área total de la proyección de la cavidad (in<sup>2</sup>)

A<sub>R</sub> = Área total de la proyección de las coladas (in<sup>2</sup>)

P<sub>M</sub> = Presión media de la resina sobre la cavidad (Ton/in<sup>2</sup> ). Ver Tabla 5.3.

F<sub>C</sub> = Fuerza de cierre necesaria para un molde de 3 placas en la superficie de partición de la cavidad (Ton)

F<sub>R</sub> = Fuerza de cierre necesaria para un molde de 3 placas en la superficie de partición de las coladas (Ton)

Para moldes de 2 placas<sup>2</sup>:

$$F_{CR} = [ ( P_M \times A_C ) + ( 2P_M \times A_R ) ]$$

Para moldes de 3 placas<sup>2</sup>:

$$F_C = P_M \times A_C$$

$$F_R = 2P_M \times A_R$$

Se seleccionará la fuerza mayor entre F<sub>C</sub> y F<sub>R</sub>.



Tabla 5.2 Factores de flujo según el tipo de material<sup>1</sup>.

PE, PS, PP	1
PA	1.2 - 1.4
ABS, SAN	1.3 - 1.4
PMMA, PPO	1.5 - 1.7
PC, PVC	1.7 - 2.0

Los cálculos arriba mencionados son apropiados solamente para determinar las condiciones iniciales durante el arranque de un molde. La fuerza de cierre deberá ser ajustada una vez arrancado el proceso para igualar la fuerza resultante en la operación de moldeo. Es además importante considerar el peso del molde, ya que en ocasiones este será el parámetro más importante para definir la unidad de cierre adecuada.

Tabla 5.3 Presión media que ejerce la resina en la cavidad<sup>2</sup>.

Resina con espumante	0.25 - 1 Ton / in <sup>2</sup>
ABS	1.5 - 3 Ton / in <sup>2</sup>
PC sin carga	2 - 4 Ton / in <sup>2</sup>
Resinas con cargas de vidrio o minerales	4 - 6 Ton / in <sup>2</sup>

Una regla de dedo para conocer el tonelaje de cierre en el moldeo convencional (espesor de pared mayor a 1.2 mm) sugiere 2 a 6 Ton/in<sup>2</sup>. Para el caso de aplicaciones de pared delgada (menor a 1.2 mm) los requerimientos pueden llegar hasta las 7 Ton/in<sup>2</sup>.

**Platinas.** La unidad de cierre cuenta con 2 platinas, una móvil y una fija. En la platina móvil se coloca la placa móvil del molde, que usualmente corresponde a la placa de soporte del macho. Esta platina contiene orificios del sistema de expulsión y orificios de montaje conocidos como "T" slots. En general el tamaño y la posición de los orificios en las platinas cumplen con los estándares de la Sociedad de la Industria del Plástico (SPI), sin embargo es importante revisar que las dimensiones del molde a montar también sean las estándares. Por otro lado, la platina fija también contiene orificios de montaje y además un orificio capaz de alojar al aro centrador del molde. Es importante notar que el molde debe cubrir al menos 2/3 partes de las platinas en cualquier dirección.

**Distancia entre barras.** Las barras sirven de guías para el movimiento de la platina móvil. Si las dimensiones del molde exceden estas distancias éste no podrá montarse en la unidad de cierre.

**Apertura máxima y mínima de la unidad de cierre.** La apertura máxima se refiere a la máxima distancia entre las platinas cuando el mecanismo de cierre se encuentra totalmente retraído. La mínima apertura se refiere a el mínimo espesor del molde que puede colocarse en la unidad de cierre. Para definir la apertura máxima de la platina móvil debe considerarse tanto el espesor del molde como el espacio libre necesario para expulsar la parte.

**Equipos especiales de control.** Los equipos especiales en la unidad de cierre se necesitan para que el molde cumpla con sus funciones. En ocasiones estos equipos ya están integrados a la máquinas. Una función que el molde puede realizar es la de formar orificios en la parte moldeada. La Figura 5.4 presenta la formación de un orificio con el accionamiento hidráulico de un inserto. Los componentes móviles del molde en ocasiones requieren de sistemas neumáticos, hidráulicos o magnéticos para su actuación durante el proceso de inyección.

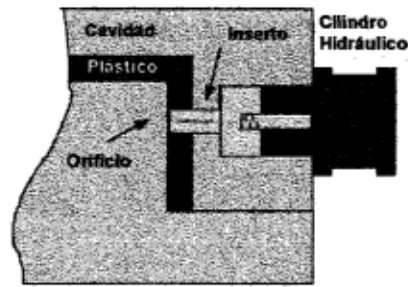


Figura 5.4 Orificio formado por un inserto de accionamiento hidráulico.

Otro equipo adicional puede ser el acumulador de fuerza hidráulica. Este será necesario en caso de que la máquina no pueda ejercer el tonelaje requerido, como sería el caso de la inyección de piezas de espesor muy delgado ( $< 1.0$  mm).

Para el caso de inyección de múltiples materiales (resinas, colores) en donde la placa móvil del molde requiera de un movimiento de rotación, será necesario definir el equipo de accionamiento.

Si tenemos un molde de colada caliente será necesario un controlador para las temperaturas de cada una de las zonas y narices del manifold, además si las válvulas en los puntos de inyección del manifold operan de forma secuencial, será necesario un equipo de control para programarlas.

Si el molde se recibe con transductores para medir presión en la cavidad, y el cliente requiere de esta operación, es necesario identificar si la máquina cuenta con el equipo indicado de control pues de lo contrario será necesario adquirirlo ya sea con el mismo proveedor de la máquina o con proveedores independientes como RJG<sup>3</sup>.

#### 5.1.1.2 Definir la unidad de inyección.

La unidad de inyección de la máquina alimenta, plastifica y dosifica la resina fundida hacia el molde. La Figura 5.5 muestra las especificaciones necesarias para la unidad de inyección: tipo y número de barriles, capacidad de inyección, tipo de husillo, tipo de boquilla, perfil de presión de inyección, perfil de velocidad de inyección y equipo especial de control.

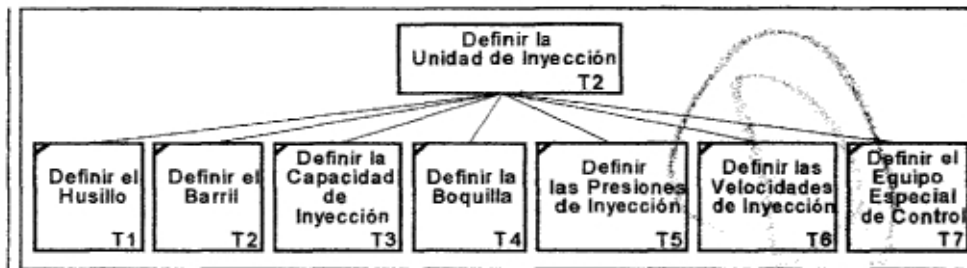


Figura 5.5 Especificaciones para la unidad de cierre.

**Tipo de husillo.** En la actualidad la mayoría de las resinas se pueden procesar perfectamente en máquinas de inyección estándar con husillo reciprocante de tres zonas: alimentación, transición o plastificación y dosificación. La Figura 5.6 muestra un husillo de uso general, éstos mantienen una relación entre su longitud y su radio ( $L/D$ ) de  $20:1 \pm 10\%$ . Los husillos de menor  $L/D$  no funden adecuadamente la masa. Husillos con  $L/D$  arriba de  $24:1$  alargan el tiempo de residencia de la resina en el barril pudiendo ocasionar degradación en resinas sensibles a la temperatura.

Otro aspecto importante en el diseño del husillo es su relación de compresión. La relación de compresión se obtiene de forma aproximada al dividir la profundidad de alimentación entre la profundidad de dosificación. La relación de compresión debe ser suficiente para comprimir el plástico eliminando las burbujas de aire en la masa fundida. Una relación de compresión usada normalmente es de  $2.0:1$  a  $3.0:1$ . Para materiales remolidos, en forma de polvo o de baja densidad es recomendable el uso de una alta relación de compresión.

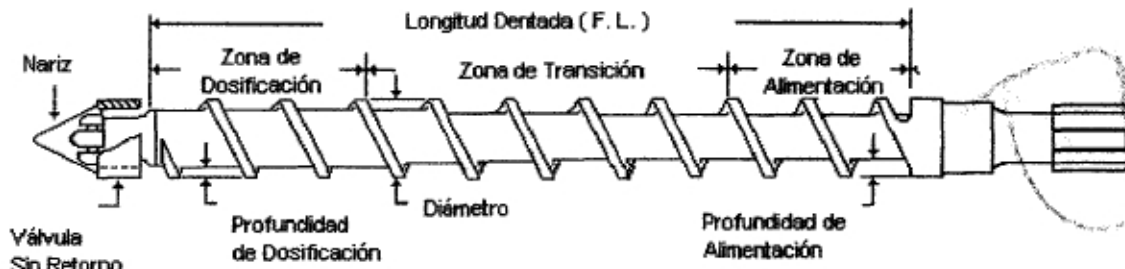


Figura 5.6 Husillo para uso general.

Finalmente se tienen que definir el número de filetes y su profundidad a lo largo del husillo. Los proveedores de husillos presentan varios diseños, todos ellos relacionados con el tipo de resina seleccionada. Generalmente una mayor profundidad del filete genera una mayor producción a una velocidad determinada del husillo. En la práctica se emplean filetes poco profundos para los materiales menos viscosos y filetes de mayor profundidad para los de alta viscosidad.

A pesar de que los husillos de uso general funcionan con una gran cantidad de resinas existen diseños especiales para algunas de ellas. Estos diseños buscan mejorar la mezcla de la masa fundida para reducir las temperaturas del proceso y con ello reducir el tiempo de enfriamiento.

**Polietileno (PEBD, PEAD, PELBD)<sup>4</sup>**

L/D		18:1 a 20:1
Paso constante		1D
Longitud de zona:	alimentación	50%
Relación de compresión		2:1

**Polipropileno (PP)<sup>4</sup>**

Debido a que el PP puede ser afectado por la presencia de cobre o aleaciones, se recomienda que el husillo y el barril tengan un baño de cromo o níquel.

L/D		16:1 a 24:1				
Paso constante		1D				
Longitud de zonas:	alimentación	50%	transición	30%	dosificación	20%
Relación de compresión		2.5:1 a 3:1				

#### Polímeros de Estireno (PS, PS-I, SAN)<sup>4</sup>

L/D		18:1				
Paso constante		1D				
Longitud de zonas:	alimentación	50%	transición	30%	dosificación	20%
Profundidad de filete:	alimentación	0.15 - 0.18D	dosificación	0.05 - 0.06D		

#### Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)<sup>4</sup>

L/D		20:1				
Relación de compresión		2:1 a 2.5:1				
Longitud de zonas:	alimentación	50%	transición	30%	dosificación	20%
Longitud total del husillo:		16 - 20D				

Diámetro del Husillo (mm)	hf (mm)	hm (mm)
30	5	2.5
50	6	3
70	8	4

Nota:

hf = Profundidad del filete en la zona de alimentación

hm = Profundidad del filete en la zona de dosificación

#### Poliéster Termoplástico (PET, PBT)<sup>4</sup>

L/D		18:1 a 20:1				
Longitud de zonas:	alimentación	8 - 9D	transición	5 - 6D	dosificación	5D
Relación de compresión:		2.0:1 a 2.5:1, < 2.0:1 para el PBT				

Se recomienda que la profundidad de los filetes en la zona de alimentación no sea muy grande. No se recomienda el uso de aceros nitrurados.

#### Cloruro de Polivinilo (PVC)<sup>4</sup>

Para reducir la degradación y el ataque químico del PVC hacia el husillo se recomienda nitrurar hasta una dureza Rc 67. Para garantizar la protección contra la corrosión se recomienda que en el momento del pulido no se remueva más de 0.005 cm de superficie nitrurada.

L/D		18:1 a 24:1				
Longitud de zonas:	alimentación	30%	transición	40%	dosificación	30%
Relación de compresión:		1.2:1 a 2.1:1				

Para evitar esfuerzos de corte excesivos sobre el compuesto, la profundidad de filetes en la zona de dosificación se establece por las siguientes relaciones:

Profundidad de Filete (mm)	Diámetro del Husillo (mm)
3	35
4	50
5	75
7	100

#### Polimetacrilato de Metilo (PMMA)<sup>4</sup>

L/D 20:1 a 24:1  
 Relación de compresión: 2.5:1 a 3:1  
 Longitud de zonas: alimentación 50% transición 25% dosificación 25%

#### Poliamidas o Nylon (PA 6, PA 6/6)<sup>4</sup>

L/D 16:1 a 20:1  
 Relación de compresión: 2.5:1 a 4:1  
 Diámetro del husillo: 40 - 90 mm  
 Longitud de zonas: alimentación 60% transición 20% dosificación 20%  
 Cuando se manejan grados con lubricantes internos, la zona de transición del husillo varía de 25 a 31%.

L/D	Dh (mm)	hf (mm), AF	hm (mm), AF	hf (mm), BF	hm (mm), BF
20:16	38.1	7.62	1.52	7.62	2.03
	50.8	7.87	1.65	8.13	2.29
	63.5	8.13	1.90	9.65	2.54
16:1	38.1	7.62	1.40	7.62	1.90
	50.8	7.87	1.52	8.13	2.16
	63.5	8.13	1.78	9.65	2.41

Nota:

Dh = Diámetro del husillo

AF = Alto flujo

BF = Bajo flujo

#### Policarbonato (PC)<sup>4</sup>

L/D 20:1  
 Longitud del husillo: 18D a 22D  
 Relación de compresión: 2.2:1 a 2.5:1, 2:1 para husillos pequeños  
 Longitud de zonas: alimentación 60% transición 20% dosificación 20%  
 Profundidad de filete: alimentación 9.5 mm transición varia dosificación 4.3 mm  
 El material adecuado para el husillo depende de la resina seleccionada para el proceso. Además, el material del husillo debe ser compatible con el material del barril. Existen husillos de aleaciones (AISI 4140, AISI 4340), de aceros inoxidables (304, 316, 17-4PH, 15-5PH), de

aceros para herramienta (CPM-10V, CPM-T440V, CPM-9V, D-2, H-13) y de materiales especiales (Duranickel 301, Hastelloy C-276). Cada material tiene propiedades específicas de dureza, resistencia a la abrasión y a la corrosión.

*Barril.* El barril es un cilindro en donde el plástico es fundido. Necesitamos definir el número de barriles necesarios en la unidad de inyección, lo cual está relacionado con la cantidad de colores y/o materiales que se requieran en el proceso. También debe definirse la composición del barril, actualmente la tendencia es usarlos bi-metálicos. El tipo de aleación depende de la resina involucrada en el proceso, existen barriles bi-metálicos de uso general, resistentes a la corrosión y de tipo carburo, éstos últimos útiles para resinas con cargas altamente abrasivas. Finalmente tendremos que determinar su posición, la cual puede ser vertical, angular u horizontal. En la mayoría de los casos encontramos barriles horizontales, pero pueden existir excepciones, sobre todo para el moldeo de múltiples componentes.

*Capacidad de Inyección.* El peso de la pieza moldeada junto con el tiempo de ciclo determinan la capacidad de inyección de la máquina en la que debe ser operado el molde. El peso de la inyección incluye la colada en su totalidad excepto en los moldes de colada caliente. Las capacidades de inyección en una máquina son generalmente indicadas en gramos de Poliestireno que pueden ser inyectados en un disparo. La unidad y medida de capacidad es el volumen de material desplazado por un disparo. Para una máquina determinada, este desplazamiento volumétrico es una constante independiente de la gravedad específica del plástico. Por ejemplo, una máquina con capacidad de 1,350 kg. de Poliestireno tiene un desplazamiento del husillo de 1.288 cm<sup>3</sup>, dado que 1 cm<sup>3</sup> de Poliestireno pesa 1.05 gramos. Sin embargo, esta misma máquina puede inyectar 1.783 kg. de PVC rígido en un disparo y sólo 1.180 kg. de Polietileno.

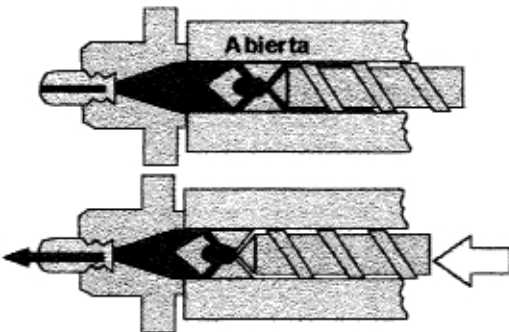
Se recomienda usar de un 35 a un 75% de la capacidad de inyección de la máquina. Cuando utilizamos menos del 35% de la capacidad de inyección debemos asegurar que el tiempo de residencia no exceda de entre 6 a 12 minutos dependiendo de la resina. Un tiempo largo de residencia puede ocasionar cambios en los colores de la resina o inclusive su degradación. Por otro lado, es muy frecuente encontrar una máquina operando a su máxima capacidad de inyección y aún a más. El resultado es inevitablemente una pobre calidad en las piezas inyectadas presentando líneas de flujo, líneas de unión, terminaciones opacas y problemas de llenado esporádicamente. Si la máquina opera a su máxima capacidad se necesitará en

general un ciclo de moldeo mayor para permitir una plastificación uniforme a la temperatura de fusión requerida. Además, un uso prolongado de la máquina a su máxima capacidad impone una pesada carga al sistema hidráulico y de calentamiento, provocando desgastes prematuros por sobrecarga en las resistencias, bombas y válvulas.

**Boquilla.** La boquilla es la adaptación que se hace en un extremo del barril para dirigir la resina hacia el bebedero del molde, también conocida como nariz. La boquilla debe ser de tamaño estándar lo más corta posible, sin embargo su longitud depende del diseño del bebedero del molde. Es esencial que la boquilla se ajuste perfectamente al bebedero, logrando de ser posible que tengan el mismo radio. El tamaño de la boquilla debe ser 0.8 mm más pequeño que el tamaño del bebedero, de lo contrario es muy probable que ocurran fugas de material pudiendo dañarse los termopares de las bandas calefactoras de la boquilla o impidiendo el desprendimiento del buje de colada. Por otro lado, se recomienda que el tamaño del orificio de la boquilla sea de al menos un 80% del diámetro de la entrada del buje de colada. El orificio de la boquilla debe estar bien pulido, completamente liso y en ocasiones presentar un ángulo de salida de 2 a 6°.

En la mayoría de los casos la boquilla requiere de una válvula antiretorno. Esta es simplemente una válvula check que permite el paso del flujo en una sola dirección. Existen dos tipos: las de bola y las de anillo deslizante. Aunque existen argumentos sobre cuál es mejor, las de anillo deslizante son las más usadas. Las ventajas y desventajas para cada caso dependen de la aplicación.

La Figura 5.7 presenta una válvula antiretorno de bola y a continuación presentamos algunas ventajas y desventajas sobre su uso.



**Ventajas**

- Mejor cierre positivo
- Mejor control del disparo
- Más económica en su versión de descarga frontal

Figura 5.7 Válvula antiretorno de bola

**Desventajas**

- Menor alineación del flujo.



- Mayor degradación en materiales sensitivos a la temperatura
- Mayor desgaste del barril por raspaduras
- Más costosa en su versión de descarga lateral
- Mayor calentamiento por la mayor caída de presión
- No adecuada para operar con venteo
- Más difícil de limpiar

La Figura 5.8 presenta una válvula antiretorno de anillo deslizante, a continuación se mencionan algunas ventajas y desventajas sobre su uso.

**Ventajas**

- Mejor alineación del flujo.
- Menor degradación en el material.
- Adecuada para materiales sensitivos a la temperatura
- Menor desgaste del barril
- Menor caída de presión a través de la válvula
- Adecuada para operar con venteo
- Fácil de limpiar
- Más económica en su versión de descarga lateral

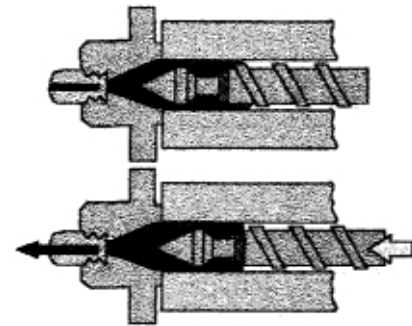


Figura 5.8 Válvula antiretorno de anillo deslizante.

La Tabla 5.4 muestra las recomendaciones de válvulas para algunas resinas.

Tabla 5.4 Válvulas para resinas.<sup>4</sup>

Resina	Válvula Antiretorno	Comentarios
Poliétileno (PEBD, PELBD, PEAD)	Recomendada	
Polipropileno (PP)	Recomendada	Para altas presiones de sostenimiento
Cloruro de Vinilo (PVC)	No se recomienda	Recomendada para piezas grandes
Polímeros de Estireno	Recomendada	
Poliéster Termoplástico (PET, PBT)	Recomendada	
Polimetacrilato de Metilo (PMMA)	No se requiere	Sólo en casos de babeo repetido
ABS	Recomendada	
Poliamidas (PA 6, PA 6/6)	Recomendada	
Policarbonato (PC)	Recomendada	De anillo deslizante

**Desventajas**

- Menor cierre positivo, especialmente en diámetros de 4 ½" (115mm) o mayores

- Menor control del disparo
- Más costosas en su versión de descarga frontal

**Presión de Inyección.** La presión hidráulica necesaria para inyectar una pieza depende de muchos factores incluyendo el espesor de pared, la temperatura de la masa fundida, el diámetro de apertura de la boquilla, el diseño del molde, el tipo de plástico, etc. Siendo el espesor de pared uno de los factores más importantes, se ha realizado una aproximación de la presión máxima necesaria de inyección según el caso (Tabla 5.5).

Tabla 5.5 Máximas presiones de inyección necesarias según el espesor de pared.<sup>5</sup>

Aplicaciones Convencionales	Aplicaciones Portátiles	Aplicaciones "Super-Ligeras"
Pared de 2.5 a 3.2 mm	Pared de 1.2 a 2 mm	Pared menor a 1.2 mm
9, 000 a 14, 000 psi	16, 000 a 20,000 psi	20,000 a 35,000 psi

Es importante identificar si la aplicación requiere de un perfil de presiones (llenado, sostenimiento y empaque) para cumplir con los requisitos de calidad (hundimientos, brillos) y si es necesario controlar el proceso a través de la presión en la cavidad (transferencia de llenado a sostenimiento).

**Velocidad de Inyección.** La velocidad de inyección es clave para el llenado y la adecuada calidad en las piezas. El tener más de una opción de velocidad puede hacer la diferencia cuando se tienen problemas de hundimientos, brillos y rebabas. Para tener un perfil de velocidades es necesario que la unidad de inyección cuente con un sistema cerrado de control de velocidad o con un sistema abierto con circuito de compensación de carga.

**Equipo especial de control.** El equipo especial en la unidad de inyección se requiere cuando la inyección no es convencional. Un ejemplo lo es la inyección con asistencia de gas, en este caso será necesario adquirir la licencia para el proceso seleccionado así como el equipo de suministro del gas inerte (ej. nitrógeno). La alimentación del gas puede realizarse en la boquilla o directamente en el molde. Otro caso de inyección no convencional lo representan las aplicaciones de pared delgada. Estas aplicaciones tienen un espesor de pared de 1.2 a 2.0 mm. En este caso será necesario contar con un microprocesador de lazo cerrado con capacidad para controlar la velocidad de inyección, la presión de sostenimiento, la velocidad de descompresión, las RPM del husillo, la contrapresión y todas las temperaturas (incluyendo

la temperatura en la zona de alimentación y la del aceite). Si la pieza tiene un espesor menor a 1.2 mm será necesario un acumulador, válvulas de servo control y una resolución especial del microprocesador para los siguientes parámetros<sup>5</sup>:

Velocidad = 0.040 pulgadas/segundo

Tiempo = 0.01 segundos

Presión = 14.5 psi. (1 bar)

Rotación = 1 RPM

Posición = 0.004 pulgadas

Fuerza de Cierre = 0.10 Ton

Temperatura = 2°F

### ***5.1.2 Definir los controladores de temperatura del molde.***

Los controladores de temperatura del molde mueven mediante una bomba un refrigerante a través de los canales de enfriamiento del molde. Estos equipos son importantes para mantener la temperatura deseada en el molde.

Las características generales de enfriamiento de un plástico son determinadas por la estructura del material: amorfo o semi-cristalino. Cada resina y cada grado de resina tiene su propio comportamiento durante el enfriamiento debido a su estructura y composición particular. Los requisitos específicos de enfriamiento pueden obtenerse a través de los valores derivados de la curva de capacidad calorífica del enfriamiento de cada resina. Una curva de la capacidad calorífica del enfriamiento permite calcular la energía total que debe ser eliminada antes de la expulsión de la pieza.

La temperatura del molde y la conductividad térmica entre la masa fundida y el molde, son los parámetros más importantes para el enfriamiento de una pieza. Para las resinas amorfas, la temperatura del molde debe ser menor a la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) para permitir que la pieza solidifique antes de su expulsión. El enfriamiento en resinas semi-cristalinas es más complicado de predecir debido al proceso de cristalización.

La conductividad térmica de un material es la medida de la capacidad de una resina para transferir el calor. Las resinas con una menor conductividad térmica pierden su calor más lentamente y por lo tanto su enfriamiento es más lento.

*Refrigerante.* Usualmente se utiliza el agua como refrigerante. Esta selección dependerá de la aplicación y de la ubicación de la empresa. Por ejemplo, si una empresa se encuentra

ubicada en un lugar donde el agua es escasa y su producción es de piezas pequeñas la mejor opción sería utilizar aire como refrigerante.

El agua o el aceite a presión son refrigerantes útiles para resinas de ingeniería como la Poliesterimida (PEI), la cual requiere temperaturas de hasta 135°C en el molde. Cuando utilizemos temperaturas en el molde arriba de 100°C es recomendable verificar que contemos con los conectores y mangueras adecuados.

*Presión de la bomba.* La presión necesaria en la bomba de un controlador dependerá de la longitud que el fluido tiene que recorrer en el molde. Una forma de aproximar la presión necesaria en la bomba es mediante la ecuación de Poiseuille's. Esta será sólo una aproximación, ya que la ecuación es para flujos laminares en canales circulares.

$$Q = P\pi r^4 / 8\eta L$$

donde: Q = flujo (m<sup>3</sup>/s)

P = presión que origina el flujo (Pa)

r = radio del canal (m)

$\eta$  = viscosidad del refrigerante (0.001 Pa s para el agua a una temperatura de 20°C)

L = longitud que recorre el fluido (m)

Esta ecuación requiere conocer los galones por minuto que el molde necesita para su enfriamiento, información que en ocasiones no es documentada. En este caso habrá que recurrir a los proveedores, ya que ellos tienen identificado su equipo en función al tonelaje de la máquina.

### **5.1.3 Definir el tipo de mezclador.**

El mezclador puede utilizarse para mezclar los pellets con concentrado de color o para mezclar material virgen con remolido. Se busca tener una mezcla homogénea entre los componentes para lograr una buena apariencia y un buen desempeño de toda la pieza.

*Tipo de alimentación.* El sistema de alimentación gravimétrico es más preciso que el volumétrico. Debido a que el tipo volumétrico es más económico la selección debe considerar los requerimientos del cliente, principalmente los requisitos de calidad para el color de las piezas y el consumo anual estimado. El tipo de alimentación también dependerá de la cantidad de colores o resinas a utilizar.

*Capacidad en lbs/hra.* Esta información la podemos obtener conociendo el tiempo de ciclo de la pieza y el peso del disparo.

$$\text{Lbs/hra} = [1/\text{Tiempo de Ciclo (seg)}] \times [\text{Peso del disparo (lbs)}] \times 3600$$

#### **5.1.4 Definir el tipo de molino.**

Un molino es aquél que tritura la resina para convertirla en un material llamado remolido. El molino debe seleccionarse aún cuando la aplicación no permita el uso de remolido, ya que de cualquier forma tendremos que deshacernos de los desperdicios. La selección inadecuada de un molino puede llevar literalmente a destruir la resina. Un sobrecalentamiento del plástico en el molino puede afectar su desempeño, particularmente en plásticos sensibles a la temperatura.

El uso de hasta un 25% de remolido mezclado con material virgen no causa efectos importantes en las propiedades del material, inclusive en algunas aplicaciones el uso de 100% de material remolido puede resultar satisfactorio para su desempeño.

El método de reciclaje más efectivo es el que se hace a pie de máquina inmediatamente después del proceso de inyección, con ello nos olvidamos de invertir tiempo en las siguientes etapas:

- Transportar el material al área de remolido,
- almacenar el material separándolo por tipo de resina y colores,
- transportar el material al molino,
- limpiar el molino después de hacer cambios de resina y color,
- almacenar el remolido de acuerdo al tipo de resina y color,
- transportar el remolido al área de mezclas,
- mezclar el remolido con el material virgen,
- almacenar la mezcla de material de acuerdo al tipo de resina y color,
- transportar la mezcla a la máquina de inyección,
- secar la mezcla (cuando la resina es higroscópica),
- alimentar la mezcla al proceso.

El proceso arriba mencionado consume demasiado tiempo e involucra costos de personal y de espacio en la planta, sin embargo los mayores conflictos de este proceso es el riesgo que

existe en cada paso de contaminar (grasa, agua, papel) el material, de cometer errores al etiquetar o identificar el material y de alimentar una máquina con el material equivocado.

*Tipo.* El molino puede utilizarse para remoler partes, coladas e inclusive purgas. El diseño de las cuchillas dependerá de las dimensiones del objeto, de su máximo espesor y de la resina. El tamaño final del remolido es un parámetro importante así como la cantidad de finos que se generan durante el proceso. El tipo de molino depende de la forma en se va a alimentar (con robot, manual) y de la velocidad en que necesitamos que se procese el material (lbs/hra).

#### **5.1.5 Definir el tipo de cargador**

El cargador es el equipo que suministra la resina a la unidad de inyección.

*Tipo.* La alimentación puede darse a través de un sistema central abastecido por un silo o por tolvas de secado, llegando a la unidad de inyección a través de tuberías. También puede hacerse a pie de máquina con un cargador de vacío en la unidad de inyección succionando el material de la caja o del secador. Un sistema central es la respuesta a un elevado consumo de una resina en diferentes máquinas de inyección. La falta de espacio en piso y un mejor control del consumo de la resina pueden llevar también a seleccionar el sistema central.

#### **5.1.6 Definir el tipo de robot**

El robot se utiliza para automatizar el ciclo de moldeo y para reducir los tiempos de operación. En ocasiones resulta indispensable, como sería el caso de inyectar discos compactos, mirillas de cámaras fotográficas y demás productos que tengan tiempos de ciclo sumamente pequeños (menor a 5 segundos) y que además son frágiles de manejar.

*Velocidad.* Necesitamos definir el tiempo en el cual queremos que el robot realice todas sus operaciones (tiempo de molde abierto menos tiempo de desplazamiento de la platina móvil).

*Carga.* Se define conociendo el número de cavidades, el tipo de coladas y su peso.

*Tipo de aplicación.* Necesitamos definir las actividades a realizar por el robot. Entre ellas están: remover una parte, remover varias partes, remover partes y coladas, remover partes, coladas y cortar las coladas, realizar operaciones secundarias como ensamble, etc. Además

deben indicarse los requerimientos especiales de manejo para la parte como las áreas que no pueden tocarse, etc.

*Desplazamientos.* Necesitamos definir el tipo de molde, el lugar de donde va a ser removida la parte (lado fijo o lado móvil), y el lugar donde será colocada la parte una vez retirada del molde.

*Tipo de máquina de inyección.* Debe conocerse el tamaño de las platinas y su abertura.

### **5.1.7 Definir el tipo de secador.**

El secado es una parte integral en el proceso de moldeo. Para el caso de las resinas no higroscópicas el secado será necesario si la parte posee requerimientos críticos de calidad en el color o si el medio ambiente en donde se encuentra ubicada la planta es de alta humedad. El secado en cualquier material ofrece el beneficio de precalentarlo, lo cual nos ayuda a tener una mejor homogeneización de temperatura en el material facilitando su flujo durante su procesamiento (en ocasiones nos lleva a reducir las temperaturas del barril).

Para el caso de resinas de ingeniería, la humedad en los pellets debe ser eliminada antes de su procesamiento. La humedad excesiva puede causar inconsistencia en el procesamiento, problemas de apariencia y en ocasiones pérdidas de sus propiedades por hidrólisis.

Algunas resinas tienen una mayor afinidad al agua que otras, por lo tanto absorberán la humedad más fácilmente. No solo cada familia de resina tiene sus propias características de absorción de agua, sino que también cada grado lo tiene. Esto significa que tenemos que conocer las variables de secado para el grado específico de la resina a inyectar.

Existen dos métodos de secado: hornos secadores y tolvas secadoras. Cuando usamos un horno secador los pellets deben ser secados en bandejas con una profundidad de 3 a 5 centímetros. El horno secador es efectivo para pequeñas cantidades de material, pero requiere de una labor intensiva para corridas largas. Por el contrario la tolva permite realizar un secado continuo. Existen tres tipos de secadores para tolvas: el de aire caliente, el de condensación y el de camas desecantes o dehumificador.

Los secadores de aire caliente sólo hacen eso, calentar el aire. Su punto de rocío depende de la humedad relativa del aire, siendo en ocasiones no suficiente para resinas de ingeniería.

Los secadores por condensación condensan la humedad del aire disminuyendo su punto de rocío. Estos secadores no pueden alcanzar un punto de rocío menor a -20 F.

Los secadores dehumidificadores son capaces de mantener un punto de rocío menor a -20 F. Al igual que los otros secadores, éste calienta el aire a la temperatura de secado especificada; sin embargo el aire está circulando en un sistema de circuito cerrado. La Figura 5.9 muestra como el aire que entra es dehumidificado en un cartucho que contiene una cama desecante, esta cama absorbe la mayoría de la humedad del aire.

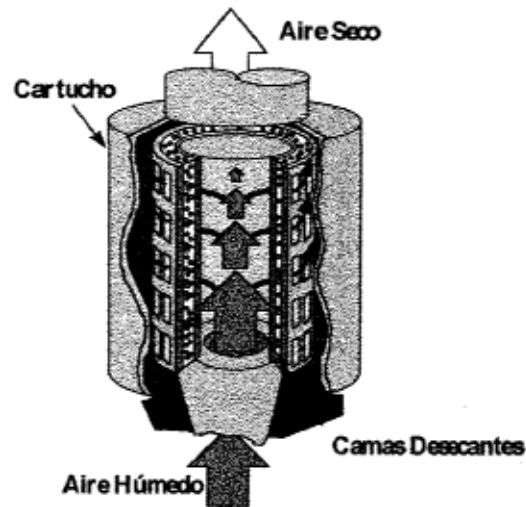


Figura 5.9 Esquema de un cartucho con camas desecantes.

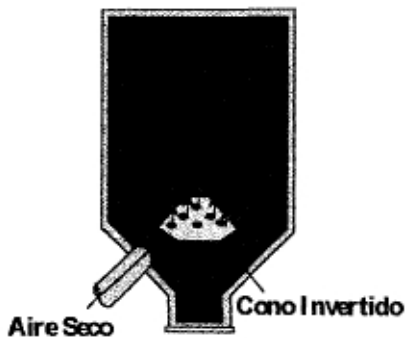


Figura 5.10 Esquema de una tolva de secado.

El flujo de aire necesario en una tolva de secado para cualquier resina es de 1 cfm (pie cúbico por minuto) por libra por hora. El diseño de la tolva también es importante para un secado eficiente. La tolva debe mantener una relación entre su altura y su ancho de 2:1, además debe estar equipada con un dispersor o cono invertido tal cual se muestra en la Figura 5.10.

*Tipo.* Puede escogerse entre un horno, un secador de aire caliente, de condensación o uno de camas dehumidificadoras. La elección debe hacerse en base al tipo de resina, a los requerimientos del cliente y a las recomendaciones del proveedor.

*Tamaño de la tolva.* Esta información la podemos obtener multiplicando el tiempo de residencia necesario del material en la tolva (en horas) por el consumo (en libras por hora).



## 5.2 Moldeabilidad de la pieza.

La moldeabilidad se refiere a la facilidad con la que un material es procesado para producir un artículo dado. Esta característica incluye el llenado, el empaque, el enfriamiento y la expulsión de la parte. Para que estas etapas del proceso de inyección se logren dar de una forma eficiente, se deben cumplir algunos criterios en el diseño de la pieza y del molde. La Figura 5.11 muestra las características en el diseño de la pieza que están fuertemente relacionadas con su moldeabilidad.



Figura 5.11 Características críticas de la pieza.

En esta sección se muestra un apoyo para realizar la inspección de las 4 características críticas de la pieza. Estas características podrán inspeccionarse antes de la transferencia en las piezas muestras o en los dibujos de la pieza. Los resultados de esta inspección deben documentarse. Estos resultados serán usados en el capítulo 6 para definir los requerimientos en el molde y en el proceso necesarios para llevar a cabo la transferencia.

### 5.2.1 Inspección de las paredes de la pieza.

En la Figura 5.12 se muestra una parte plástica donde la pared es el cuerpo base a partir del cual surgen diferentes características como los postes, las costillas y las escuadras. Hoy en día encontramos aplicaciones con espesores de pared por debajo de 1 mm. Estas aplicaciones han marcado una división en la forma de diseñar y procesar los plásticos. Se conocen como aplicaciones convencionales a aquellas con espesor de pared por arriba de 1.2 mm. Para éstas aplicaciones ya existen criterios definidos para el diseño del producto, del molde, para la selección del equipo de manufactura y para el ajuste del proceso de inyección.

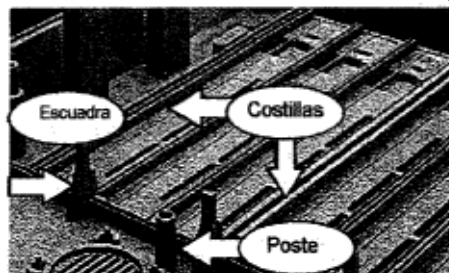


Figura 5.12 Parte plástica

Para espesores de pared por debajo de 1.2 mm aún quedan muchas áreas por desarrollar, entre éstas se incluyen el diseño de entradas, el diseño de husillos y la relación entre las variables de proceso con el desempeño final de la parte.



Figura 5.13 Oquedades y esfuerzos internos en la pieza.

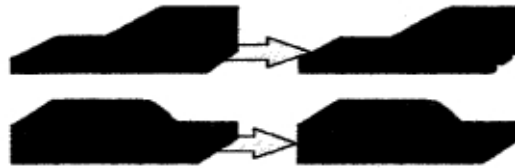


Figura 5.14 Transición de espesor de pared.

La Figura 5.13 presenta el problema de oquedades y esfuerzos internos en piezas plásticas con paredes gruesas. Las paredes muy gruesas (arriba de 4 mm) difícilmente satisfacen a tolerancias dimensionales cerradas, requieren de un mayor tiempo de enfriamiento y además afectan las propiedades del material debido a los esfuerzos internos que se generan por encogimientos no uniformes en la pieza.

Las Figura 5.14 y 5.15 muestran como debe realizarse la transición en el espesor de pared, el paso de la sección gruesa a la delgada debe ser gradual y si el diseño lo permite, las paredes deben de conservarse con el mismo espesor.

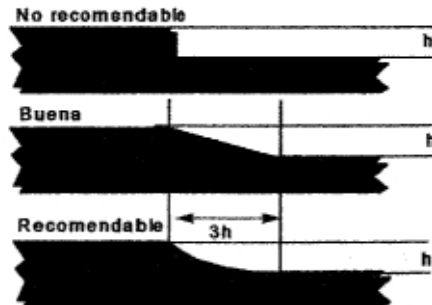


Figura 5.15 Transición en el espesor de pared.<sup>5</sup>

Si la resina es de bajo encogimiento el cambio en la sección de pared no debe sobrepasar un 25% del espesor nominal de la pared. Para resinas de alto encogimiento el cambio en el no debe exceder el 15%. Cambios abruptos en el espesor de pared pueden ocasionar pandeo, oquedades y hundimientos en las secciones gruesas. Estos problemas son más críticos en materiales cristalinos. En general la relación entre una pared gruesa y una delgada no debe ser mayor de 3 a 1 y el flujo del material siempre debe correr en dirección a la pared delgada.

La habilidad para llenar una pieza depende del diseño de la pared, del tipo de resina y grado, de la máquina, del diseño del molde, del diseño de las entradas y de las condiciones de moldeo.

Las paredes paralelas a la dirección de apertura del molde deben contar con un ángulo que facilite su expulsión. Es difícil determinar si una pared o cualquier característica de la misma tiene un adecuado ángulo de salida. Usualmente la falta de este se presenta en la pieza como una pequeña raspadura. La calificación del ángulo de salida puede dejarse para la prueba piloto. La Figura 5.16 muestra un esquema de un ángulo de salida. La falta de ángulo de salida debe corregirse en el taller de moldes, de no ser así el operador del proceso de inyección tendrá que recurrir a el uso de agentes desmoldantes (estearato de zinc, silicona en spray) para la expulsión de la parte. El uso de agentes desmoldantes aumenta el costo de la operación de moldeo, especialmente por el tiempo que toma su aplicación. Los segundos que utiliza el operador para colocar el desmoldante pueden llegar a incrementar de un 5 hasta un 10% el tiempo de ciclo total.



Las paredes interiores y exteriores con superficies sin textura requieren un ángulo de salida de  $\frac{1}{2}^{\circ}$  a  $2^{\circ}$ . La Figura 5.17 presenta una pared lateral con texturizado, éstas requieren un complemento de  $1^{\circ}$  adicional por cada 0.0254 mm de profundidad en la textura.

Figura 5.16 Esquema de ángulo de salida<sup>5</sup>.

Cada caso concreto debe consultarse con el proveedor de la textura del molde. Ángulos de salida de hasta  $10^{\circ}$  pueden ser necesarios para piezas particularmente complejas con acabados texturizados.

Finalmente debe recordarse que el pulido de las superficies laterales del molde debe hacerse con dirección paralela a la expulsión de la parte.

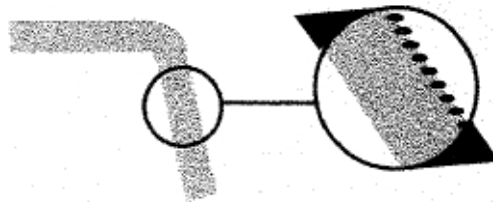
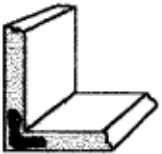


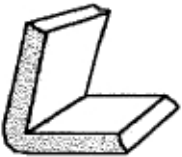
Figura 5.17 Texturizado<sup>5</sup>.

### 5.2.2 Inspección de las esquinas.

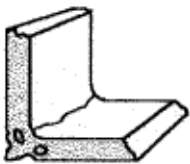
Las esquinas equivalen a una muesca en una probeta para impacto. Visualmente un radio de 0.05 cm en una pieza puede considerarse agudo, sin embargo su resistencia es mucho mejor que la de un radio de 0.01 cm. Al fabricar un molde es común dejar las esquinas tal cual quedan al final del maquinado. Esta geometría puede generar turbulencias en el flujo de la resina y concentrar esfuerzos, pudiendo ocasionar fallas prematuras en la parte. La Figura 5.18 muestra las características de una esquina, éstas incluyen el espesor de pared y sus radios. El factor de concentración de esfuerzos en una esquina es la relación entre su radio y su espesor. El factor aumenta cuando disminuye la relación radio/espesor, sin embargo una relación radio/espesor por encima de 0.6 no será de mucho beneficio e inclusive puede ocasionar problemas tales como hundimientos en el área externa del radio y esfuerzos internos debidos a la variación del espesor.



- Esquinas agudas ocasionan concentración de esfuerzos



- Una esquina exterior redondeada con una esquina interior aguda ocasiona un encogimiento no uniforme y alabeo en la pieza



- Una esquina exterior aguda con una esquina interior redondeada ocasiona un encogimiento no uniforme, hundimientos y oquedades.

Las dimensiones recomendables para las esquinas son:

$$R_2 = R_1 + t, \quad \text{donde } R_1 \geq \frac{1}{2} t.$$

$R_1$  mínimo es 0.5 mm.

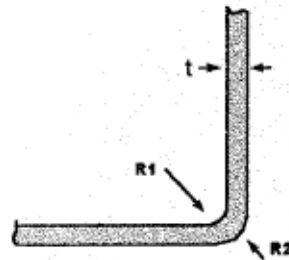


Figura 5.18 Esquema de esquina<sup>5</sup>.

La Figura 3.17 muestra un diseño alternativo de una esquina, en donde se requiere de un ángulo agudo exterior y hay la necesidad de generar un radio interior completo para evitar los problemas mencionados anteriormente.

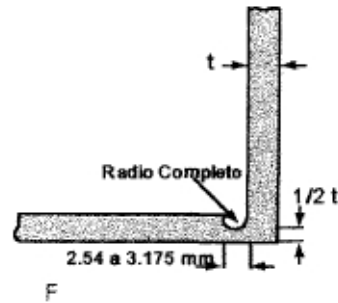





Figura 5.19 Radio completo en esquina interior<sup>5</sup>.

### 5.2.3 Inspección de los refuerzos.

El uso de refuerzos incrementa la rigidez de la pieza además de facilitar el proceso de ensamble. Los refuerzos básicos en el diseño de la pieza son las costillas, los postes y las escuadras. Sus dimensiones dependen principalmente del espesor de la pared de la cual se extiendan. Es importante identificar los refuerzos en la parte para que antes de la prueba piloto se inspeccione su pulido y limpieza. Es frecuente que los fabricantes de molde no le den el acabado adecuado a estas características y por llegar a ser tan pequeñas es fácil que se acumulen dentro de ellas grasas, aditivos e inclusive restos de material.

Tabla 5.6 Guía de diseño para costillas, postes y escuadras de acuerdo a un espesor de pared dado.<sup>5</sup>

	> 2.0 mm	1.2 a 2 mm	< 1.2 mm
 COSTILLAS	$t_c \leq 0.6 \cdot t_{pared}$ $h \leq 4 \cdot t_{pared}$ $r \geq 0.375mm$ $\theta \geq \frac{1}{4}^\circ$	$t_c \leq t_{pared}$ $h \leq 4 \cdot t_{pared}$ $r \geq 0.6 \cdot t_{pared}$ $\theta \geq \frac{1}{2}^\circ$	$t_c \leq t_{pared}$ $h \leq 4 \cdot t_{pared}$ $r \geq 0.6 \cdot t_{pared}$ $\theta \geq \frac{1}{2}^\circ$
 POSTES	$t_{post} \leq 0.6 \cdot t_{pared}$ $h \leq 4 \cdot t_{pared}$ $r \geq 0.375mm$ $\theta \geq \frac{1}{4}^\circ$ $DE \approx 2 \cdot DI$	$t_{post} \leq t_{pared}$ $h \leq 4 \cdot t_{pared}$ $r \geq 0.6 \cdot t_{pared}$ $\theta \geq \frac{1}{2}^\circ$ $DE \approx 2 \cdot DI$	$t_{post} \leq t_{pared}$ $h \leq 4 \cdot t_{pared}$ $r \geq 0.6 \cdot t_{pared}$ $\theta \geq \frac{1}{2}^\circ$ $DE \approx 2 \cdot DI$
 ESCUADRAS	$t_e \leq 0.6 \cdot t_{pared}$ $h \leq 4 \cdot t_{pared}$ $r \geq 0.375mm$ $\theta \geq \frac{1}{4}^\circ$	$t_{esc} \leq t_{pared}$ $h \leq 4 \cdot t_{pared}$ $r \geq 0.6 \cdot t_{pared}$ $\theta \geq \frac{1}{2}^\circ$	$t_{esc} \leq t_{pared}$ $h \leq 4 \cdot t_{pared}$ $r \geq 0.6 \cdot t_{pared}$ $\theta \geq \frac{1}{2}^\circ$

Nota: t = espesor (mm), h = altura (mm), r = radio (mm),  $\theta$  = ángulo de salida.

La Tabla 5.6 muestra una guía de diseño para refuerzos. En ella se encuentra definidos los espesores, alturas, radios y ángulos de salida sugeridos para cada tipo de refuerzos. Estas sugerencias están clasificadas de acuerdo al espesor de pared de la aplicación, identificándose tres categorías: espesores mayores a 2 mm, espesores entre 1.2 y 2 mm y espesores menores a 1.2 mm.

La Figura 5.20 muestra como unos pequeños relieves en la parte pueden servir como refuerzos para incrementar su rigidez, la misma función puede lograrse a través de notas y adornos en el diseño de la pieza.



Figura 3.18 Refuerzo en pieza.

*Costillas.* Las costillas son una excelente opción para dar rigidez a la pieza cuando buscamos reducir su espesor nominal, sin embargo para evitar problemas de calidad hay que cumplir con las recomendaciones de su diseño. Las costillas que no interceptan una pared vertical deben de terminarse con una transición gradual, esto mejorará el flujo de la resina, reducirá la posibilidad de concentrar esfuerzos y ayudará a tener un mejor venteo evitando problemas como gas atrapado, disparos cortos o marcas de quemaduras (efecto Diesel).

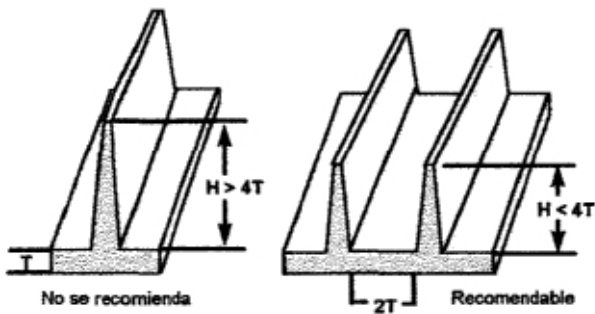


Figura 5.21 Hundimiento en pieza.

Si el espesor de la costilla es mayor al espesor de la pared de la cual se extiende se formarán hundimientos y oquedades. La Figura 5.21 muestra un hundimiento en la pieza. Los hundimientos también aparecen cuando se emplean radios muy pronunciados en la intersección de dos paredes. Los hundimientos en la pieza ocasionados por la presencia de costillas siempre serán visibles, aunque pueden minimizarse siguiendo las sugerencias de diseño de la Tabla 5.6.

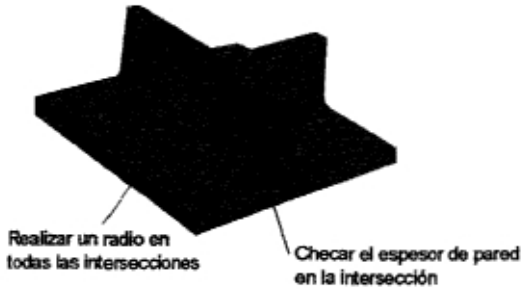
Todas las costillas requieren de un ángulo de salida en ambos lados, desafortunadamente este ángulo sólo ayuda a expulsar la pieza. El ángulo de salida en las costillas limita su llenado y disminuye su rigidez, por lo tanto debe dejarse solamente el suficiente para poder expulsar la pieza. Una costilla con ángulo de salida requiere de menor fuerza para su expulsión, sin embargo tendrá una menor área donde el expulsor pueda trabajar. Por esta razón se necesitan pernos de expulsión con diámetros pequeños, los cuales a su vez resultan ser más frágiles. Cuando se tiene un área de expulsión pequeña se pueden generar

esfuerzos de compresión muy altos ocasionando deformaciones en la pieza. Las costillas deben de pulirse en la dirección de su expulsión.



La Figura 5.22 muestra la forma recomendada de diseñar costillas, desde el punto de vista estructural es mejor contar con un gran número de costillas delgadas y poco profundas, que con pocas costillas anchas y profundas.

Figura 5.22 Diseño de costillas<sup>5</sup>.



La Figura 5.23 muestra que es importante eliminar esquinas entre las intersecciones de las costillas, cuidando el espesor restante en el centro. El espacio entre costillas debe ser como mínimo de 2 a 3 veces el espesor de pared.

Figura 5.23 Intersección de costillas.

**Postes.** La Figura 5.24 muestra unos postes en una pieza plástica, éstos sirven para dar rigidez a la pieza, para facilitar su alineación durante el ensamble y para facilitar el montaje mecánico. Bajo condiciones de servicio los postes se someten con frecuencia a cargas que no se encuentran en las demás secciones de la pieza. Los postes huecos pueden recibir tornillos autoroscantes o insertos ultrasónicos, a presión o moldeados. Cualquiera de estos elementos puede ejercer una excesiva tensión periférica sobre la pared del poste. Esta tensión puede reducirse siguiendo los principios para el diseño de postes presentado en la Tabla 5.6.

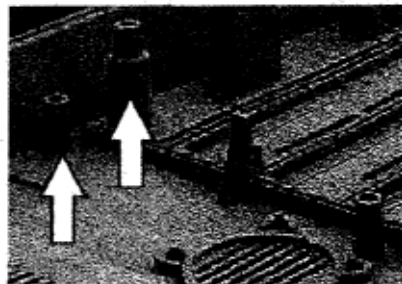


Figura 5.24 Postes en pieza plástica<sup>5</sup>.

Para reducir las marcas de hundimientos cuando el espesor del poste es mayor que 0.6 veces el espesor de la pared del cual se extiende se recomienda hacer más profundo el orificio en el poste, dejando un espesor en la pared de 0.5 a 0.7 veces el espesor original. Para evitar las concentraciones de esfuerzos y minimizar la turbulencia del material durante el llenado del molde es importante incorporar un radio generoso en el pasador del núcleo.

*Escuadras.* La Figura 5.25 muestra unas escuadras, éstas pueden considerarse como una forma de refuerzo de esquinas, paredes laterales o postes. Sirven para dar rigidez a la pieza, evitan deformaciones y distribuyen esfuerzos en áreas localizadas.

La mínima distancia entre las caras de escuadras sucesivas deberá ser 2 veces el espesor de la pared de la pieza. Deben incorporarse radios generosos en los extremos de la escuadra, así como un mínimo ángulo de salida de  $\frac{1}{2}^\circ$ .

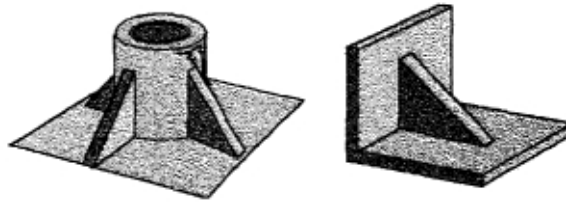


Figura 3.23 Escuadras de refuerzo.

#### 5.2.4 Inspección de la ubicación de las entradas.

La entrada proporciona un medio para controlar la velocidad del flujo dentro de la cavidad y el grado de compactación del material en la misma. Su tamaño afecta al tiempo de su solidificación y el encogimiento de la pieza. El tamaño de la entrada depende del material y del espesor de la pieza. La entrada debe ser colocada para que la resina fluya de la sección de mayor espesor a la de menor espesor, de forma que pueda seguir transmitiendo presión.



Figura 5.26 Esquema que presenta la forma adecuada (izq.) e incorrecta (der.) de llenar una pieza<sup>5</sup>.

La Figura 5.26 muestra un esquema de como llenar una pieza, si la llenamos incorrectamente la falta de presión de sostenimiento en el área de mayor espesor generará un encogimiento no compensado que ocasionará oquedades y alabeo en la pieza.



En un molde de una sola cavidad la entrada debe estar ubicada en forma simétrica con el eje de la boquilla de inyección, esto asegurará una distribución uniforme de la presión de inyección y de cierre. En los moldes con múltiples cavidades las entradas deben ser ubicadas simétricamente con respecto al buje de colada o colada principal.

### 5.3 Características del Molde

Existen características en el diseño del molde que están muy relacionadas con la calidad de la parte inyectada. Estas características son responsables de que disparo a disparo el molde sea capaz de mantener las dimensiones, la apariencia superficial y el desempeño final de cada pieza. La Figura 5.27 muestra las características que se consideraron en la guía del capítulo 3.

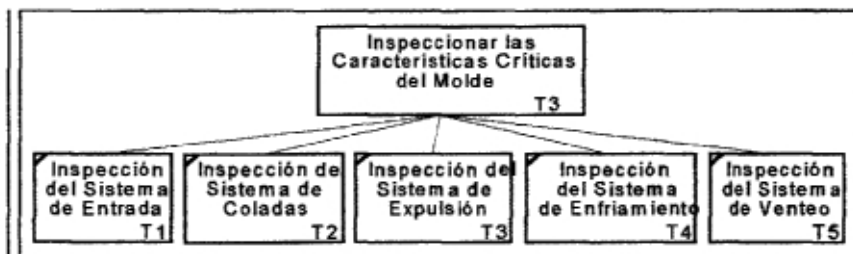


Figura 5.27 Características críticas del molde.

Estas características deben ser inspeccionadas antes de realizarse la transferencia, utilizando para ello los dibujo del molde o mediante la visita realizada al fabricante del molde o al actual moldeador. Los resultados de esta inspección deben documentarse. Estos resultados serán usados en el capítulo 6 para definir los requerimientos en el molde y en el proceso necesarios para llevar a cabo la transferencia.

#### 5.3.1 Inspección del sistema de entradas.

Debe identificarse el tipo de entrada con el que cuenta el molde. Existen varios tipos, pero pueden resumirse en tres: directa, lateral y submarina. A continuación se presentan sugerencias para el diseño de estas tres entradas y de algunas de sus versiones.

Directa. La Figura 5.28 muestra la entrada más sencilla, colocada directamente sobre la pieza.

Se sugieren las siguientes dimensiones:

- 5.08 mm de diámetro mínimo en el buje de colada
- conicidad de 3 a 5°

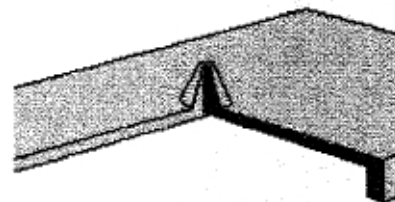


Figura 5.28 Entrada directa<sup>5</sup>.

- diámetro de entrada de 2 veces el espesor nominal de la parte sin exceder 12.7 mm
- radio mínimo de 3.81 mm en la intersección con la pieza

Es recomendable mantener la longitud del buje de colada lo más corto posible, así como utilizar un pozo frío. Esta entrada puede ocasionar blush o decoloraciones en caso de utilizar materiales reforzados.

*Escalón.* La Figura 5.29 muestra una entrada buena para reducir los problemas de culebreo al llenar la pieza, así como problemas de distorsión y alabeo en piezas planas.

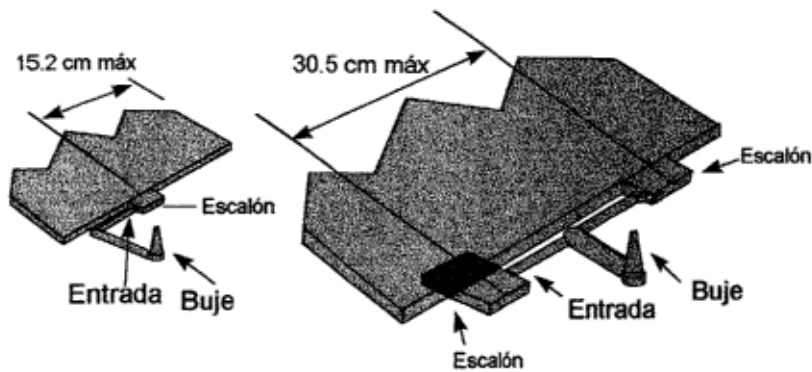


Figura 5.29 Entrada escalón, sencilla y múltiple.<sup>6</sup>

*Abanico.* La Figura 5.30 muestra una entrada que se emplea en piezas de grandes áreas y de secciones relativamente delgadas como las carátulas de reloj y velocímetros.

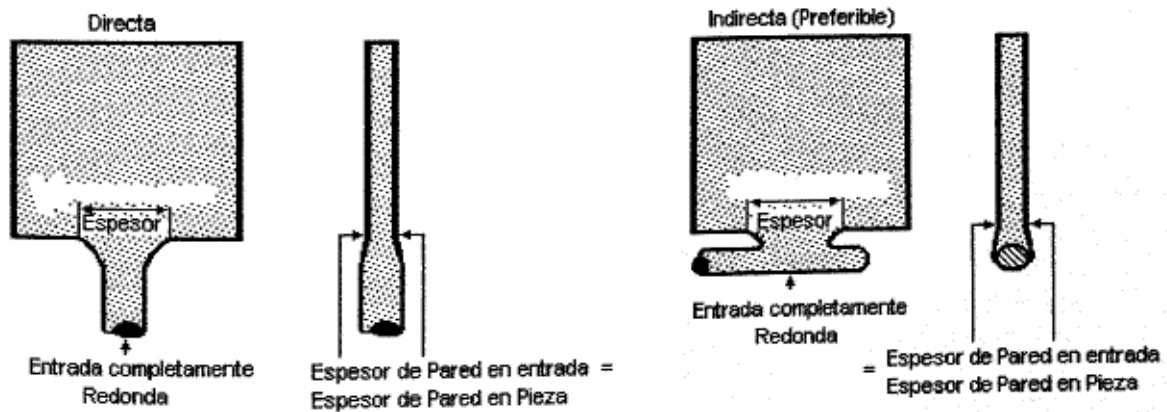


Figura 5.30 Entrada abanico, directa e indirecta.<sup>6</sup>

El espesor de esta entrada puede ser igual a el espesor de la pieza. El ancho de la entrada se rige por el tamaño de la cavidad del molde, por la forma en que el material fluye en la misma y

por la velocidad necesaria para su llenado. La práctica sugiere comenzar con un ancho igual a 2 veces el espesor de la colada, si resulta ser muy pequeña se puede ir ensanchando progresivamente hasta conseguir el flujo deseado. Esta práctica resulta ser en ocasiones tediosa y lenta, sin embargo se obtendrán mejores beneficios ya que entradas pequeñas permiten ciclos de moldeo más rápidos.

*Laminar.* La Figura 5.31 muestra una entrada laminar, ésta ha sido desarrollada recientemente y es muy adecuada para grandes superficies planas. Una colada secundaria corre paralelamente a la entrada de la cavidad. Esta colada es alimentada en su punto medio por un colada principal.

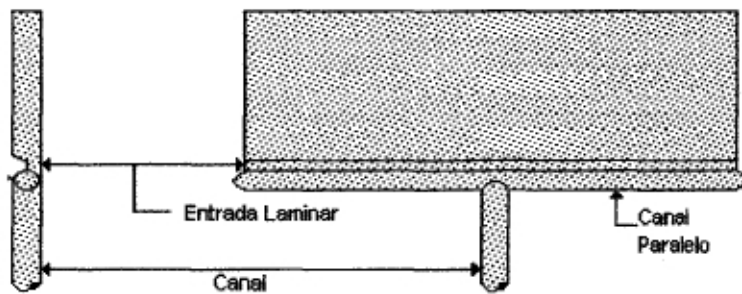


Figura 5.31 Entrada laminar.<sup>6</sup>

La longitud de entrada o distancia entre la cavidad y la colada paralela se recomienda de 0.508 a 1.016 mm. La profundidad de la entrada puede ser igual al espesor de la pieza menos 0.254 a 0.381 mm. Su ancho puede llegar a ser similar a la dimensión lateral de la pieza.

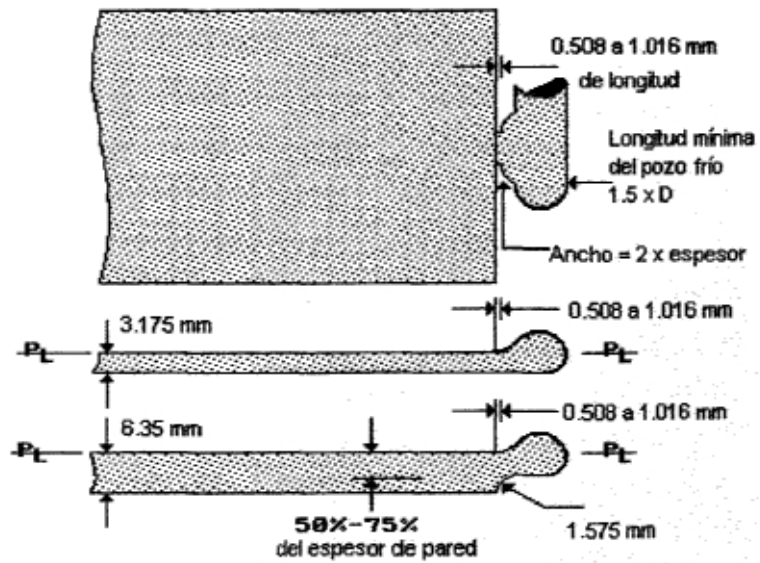


Figura 5.32 Entrada intermedia entre tipo abanico y laminar.<sup>6</sup>

La entrada laminar delgada permite que la cavidad se llene rápidamente y por lo tanto se enfríe enseguida permitiendo ciclos rápidos. La desventaja de la entrada laminar es que la colada paralela es desperdiciada en cada inyección, por esta razón se aconseja un diseño de entrada intermedia entre la del tipo abanico y la del tipo laminar como el presentado en la Figura 5.32.

*Pin Point o Aguja.* Las entradas pin point no deben usarse para polímeros de alta viscosidad o sensibles a la temperatura. La Figura 5.33 presenta un esquema de la entrada pin point, ésta es la mejor manera de controlar el flujo del material dentro de la cavidad y por lo tanto es de extrema importancia para balancear las entradas en los moldes de múltiples cavidades.

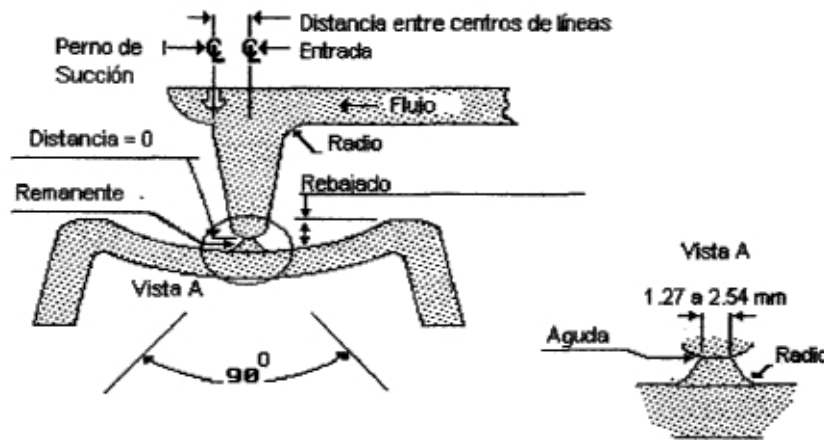


Figura 5.33 Esquema de la entrada pin point.<sup>5</sup>

Las entradas pin point deben estar ubicadas exactamente en el centro de la colada circular, pues es aquí donde se encuentra el material más caliente y por ende con mayor fluidez.

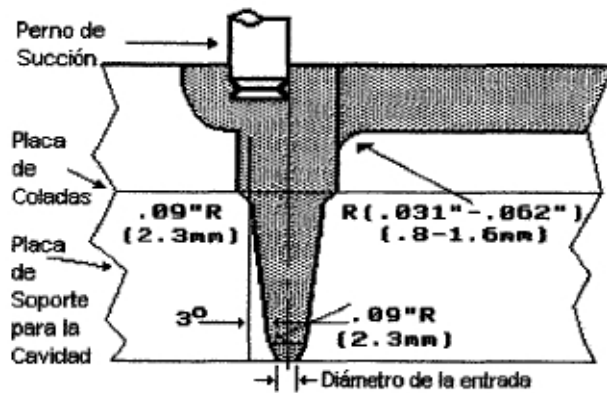
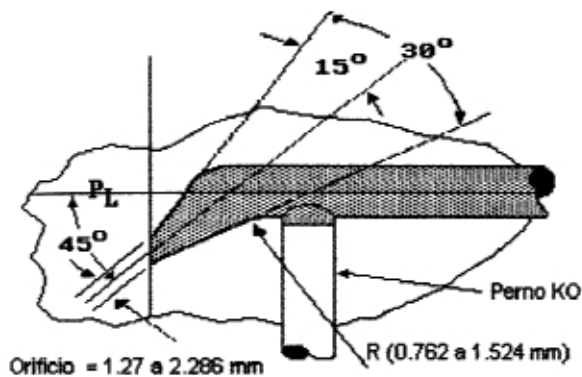


Figura 5.34 Detalle de la entrada pin point.<sup>5</sup>

Por sus pequeñas dimensiones, la entrada pin point solidifica rápidamente ayudando a tener ciclos cortos y minimizando las tensiones de empaque. En la Figura 5.34 se presenta un detalle de la entrada, su pequeño tamaño reduce o elimina el costo de la operación de acabado y permite el corte automático en moldes de tres placas o colada caliente.

Una desventaja de la entrada pin point es que por ser tan pequeña la resina fluirá a mayor velocidad ocasionando mayor calor por fricci3n. Este aumento en la temperatura puede llegar a quemar o degradar térmicamente el material.

*Submarina o Túnel.* La Figura 5.35 muestra un esquema de la entrada submarina, ésta va dentro de la cavidad por debajo de la línea de cierre del molde. El túnel tiene una conicidad de 3 a 5 grados desde el canal hasta la entrada, lo cual permite su fácil extracci3n en la expulsi3n de la pieza. La entrada es arrancada en el momento en que los pernos expulsores sacan la pieza de la cavidad.



La entrada submarina puede colocarse sobre una pared vertical como se presenta en la Figura 5.35, o sobre un perno de expulsi3n tal cual se observa en la Figura 5.37. De cualquier forma, la colada submarina es expulsada íntegramente con la colada principal.

Figura 5.35 Esquema de entrada submarina.<sup>5</sup>

El diámetro de la entrada submarina no debe ser menor a 1.27 mm. La geometría cercana a la entrada submarina debe ser generosa en su espesor para evitar cualquier restricci3n al flujo. Se prefiere tener una colada completamente redonda hacia la entrada que usar una geometría achurada, ya que esta última provoca una mayor pérdida de presi3n.

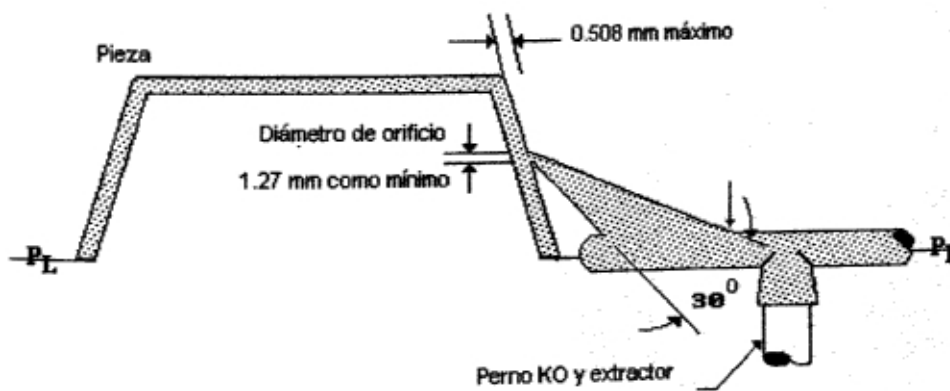


Figura 5.36 Esquema de entrada submarina con entrada a la pared de la pieza.<sup>5</sup>

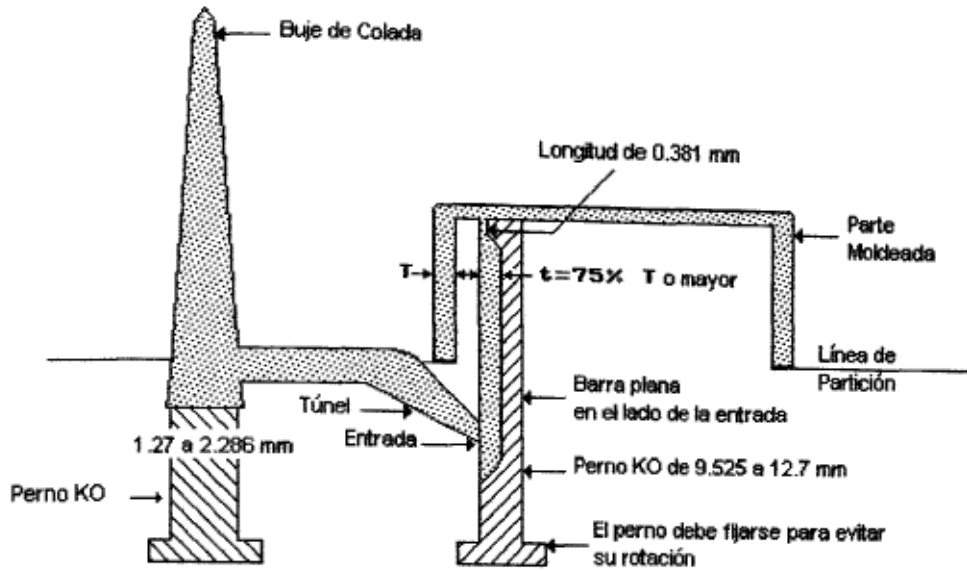


Figura 5.37 Esquema de entrada submarina con entrada a un perno de expulsión.<sup>5</sup>

La ventaja principal de la entrada submarina es que no deja marcas visibles en la superficie de la pieza.

*Anillo y Disco.* Las entradas en forma de anillo o disco son modificaciones de la entrada en abanico. Estas entradas ofrecen mejores características de moldeo y son deseables en aplicaciones cilíndricas para cavidades sencillas o para moldes de tres placas. La diferencia entre las entradas de anillo y de disco es que en estas últimas la resina fluye desde el centro del disco hacia la cavidad de la pieza.

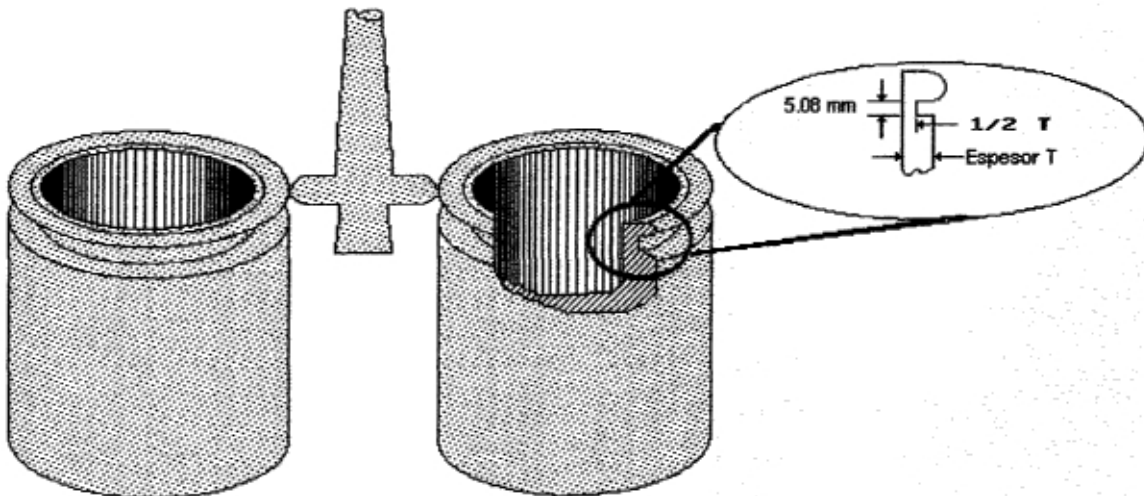


Figura 5.38 Entrada en forma de anillo.<sup>5</sup>

La Figura 5.38 muestra la entrada en forma de anillo, ésta se usa para piezas cilíndricas o tubulares en las que se requiere un flujo uniforme a lo largo del cilindro. Esta entrada evita la tendencia del corazón a descentrarse debido a las altas presiones de inyección.

La Figura 5.39 muestra la entrada en forma de disco, ésta se emplea en aberturas circulares y es separada con una herramienta de corte después de que la pieza ha sido extraída del molde.

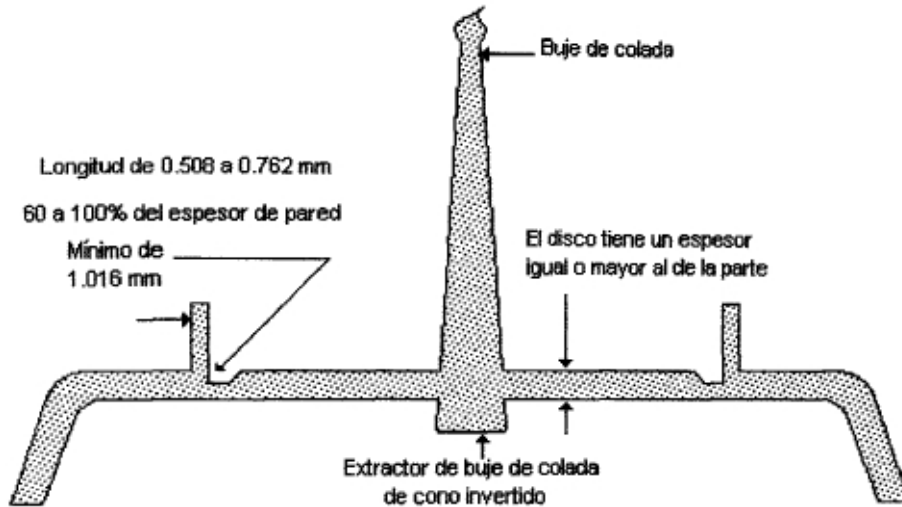


Figura 5.39 Esquema de una entrada en forma de disco.<sup>5</sup>

### 5.3.2 Inspección del sistema de coladas.

Las coladas controlan el paso del material fundido desde el buje a las cavidades. Las coladas amplias permiten un mejor acabado de la pieza y minimizan las líneas de flujo y las tensiones internas, sin embargo una dimensión mayor a la recomendada debe evitarse por las siguientes razones:

- Se enfrían más lentamente y prolongan el ciclo de moldeo.
- El peso adicional de las coladas sustrae capacidad de inyección a la máquina.
- Generan una mayor cantidad de merma la cual debe ser reprocesada incrementando el costo operativo y favoreciendo a las contaminaciones del material.
- En los moldes de dos placas que tienen más de 8 cavidades el incremento del área proyectada de las coladas reduce de forma importante la fuerza efectiva de cierre.

Estas objeciones no son aplicables a los moldes de colada caliente o moldes sin colada.

*Diseños de coladas.* Las coladas circulares son las más recomendadas en comparación con cualquier otra configuración, pues éstas presentan una superficie de contacto mínima entre el material fundido y el molde frío.

El flujo volumétrico de la resina a través de una colada circular está relacionado con su radio de la siguiente forma:  $Q = \pi R^2 \Delta P / 8 \eta L$  (ecuación de Poiseuille). Esta relación hace que cualquier incremento en el radio de la colada mejore dramáticamente el flujo a través de ella. Se recomienda usar un diámetro de entre 47 y 95 cm, incluir un pozo frío al final de cada colada (por lo menos hacerlo en la colada principal) y mantenerlas lo más corto posible.

La Figura 5.40 muestra las secciones transversales más usadas en las coladas. La forma trapezoidal es la que más se aproxima a la circular. Esta es la opción más común porque sólo requiere maquinarse una mitad del molde. Formas semicirculares o rectangulares no son recomendables.

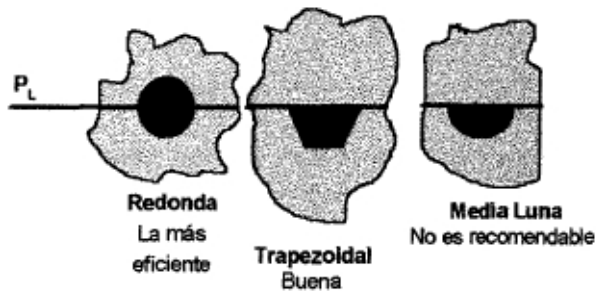


Figura 5.40 Tipos de sección transversal para la colada.<sup>5</sup>

La Figura 5.41 muestra el diseño sugerido para coladas trapezoidales, en éste se identifica que la profundidad es casi igual al ancho. El hecho de que no se pueda usar una sección rectangular se debe a que hay que proveer un ángulo de salida en las paredes laterales para extraer fácilmente la colada. Se recomienda dejar un ángulo de salida de 15°.

La Figura 5.42 muestra una intersección de la colada principal con la colada secundaria, ésta debe ser redondeada con un radio de 3.175 mm. Las coladas principales del molde deben ser del mismo diámetro, mientras que las secundarias deben tener al menos 0.8 mm menos que las principales.



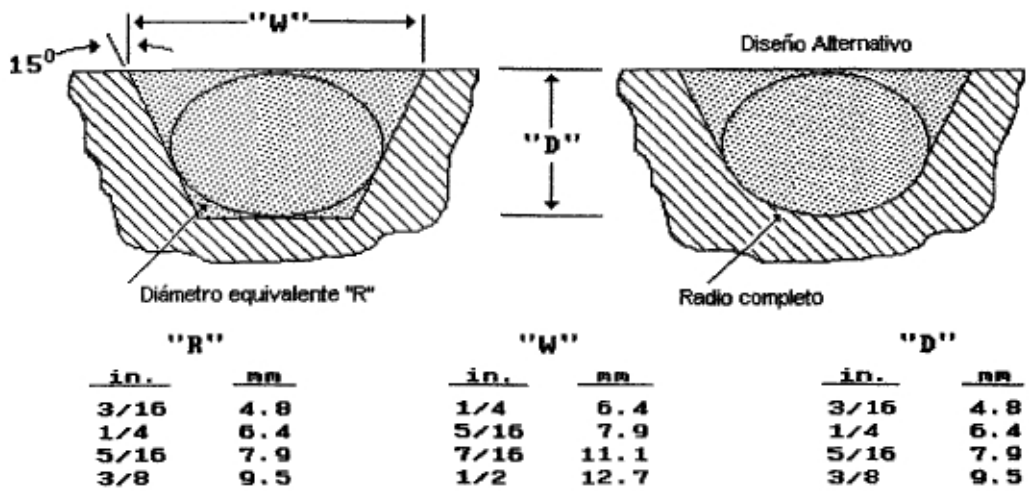


Figura 5.41 Diseño de una colada trapezoidal.<sup>5</sup>

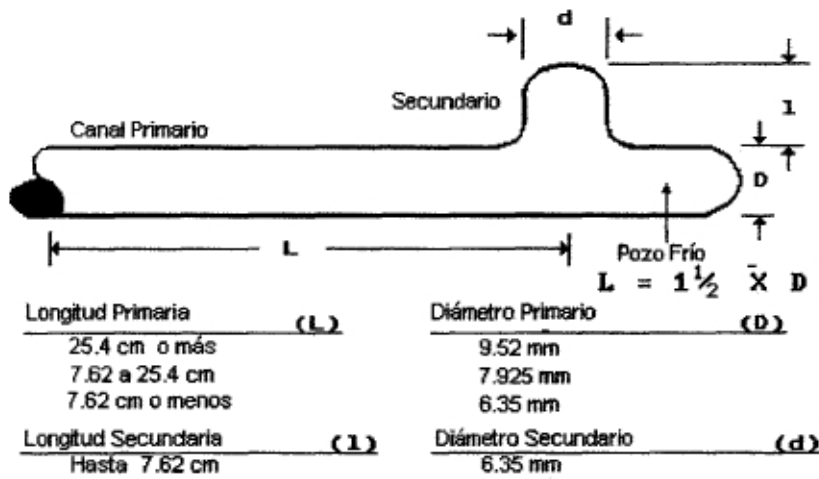


Figura 5.42 Esquema de colada primaria y secundaria.<sup>5</sup>

En los moldes con múltiples cavidades la distribución de éstas y la de las coladas debe ser tal que la distancia del buje de la colada central a cada cavidad sea estrictamente igual en todos los casos. Esta distribución mantendrá una presión de inyección igual en cada cavidad y por lo tanto la velocidad de entrada del material en cada cavidad será la misma. La Figura 5.43 muestra este principio, conocido como "balanceo del molde".

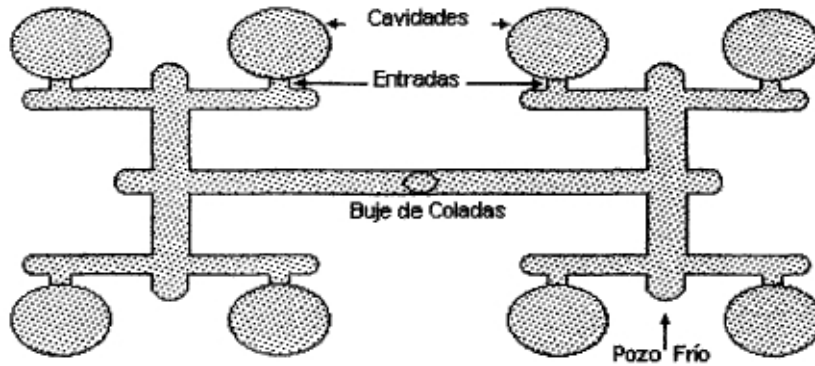


Figura 5.43 Esquema de un molde balanceado.<sup>5</sup>

Es posible realizar un balanceo artificial del molde, necesitando para ello una modificación de las coladas y entradas. En el balanceo artificial los resultados no son garantizados, aunque logre aproximarse a través de un análisis de flujo.

*Colada Caliente.* Se utiliza el sistema de colada caliente cuando se quieren reducir las caídas de presión en el llenado de la pieza, para facilitar el moldeo automático y para evitar la pérdida de material en coladas frías. En el sistema de colada caliente se busca mantener el material a la misma temperatura desde la nariz de inyección hasta las entradas. Se dice que el uso de colada caliente puede llegar a mejorar el ciclo de moldeo hasta en un 20%, lo que si es una realidad es que las piezas moldeadas con colada caliente presentan menos tensiones y mejor apariencia física.

### 5.3.3 Inspección del sistema de expulsión.

El éxito en un sistema de expulsión depende de varios factores, más aún cuando el molde ya tiene varios ciclos de vida. Después de un largo período de operación los contornos de las cavidades en la línea de partición sufren un desgaste que provoca aristas microscópicas. Cuando esto ocurre se deben retocar los bordes de las cavidades para restablecer el ángulo correcto de salida.

Las consideraciones más importantes en el diseño del mecanismo de expulsión son:

1. El diámetro de los pernos debe ser tan grande como el diseño lo permita. Si el diámetro de los pernos es demasiado pequeño, la presión ejercida por la cara de los pernos puede llegar a distorsionar una pieza que no ha enfriado totalmente.

2. Deben ser colocados tantos pernos como sea posible sin que éstos lleguen a interferir con los canales de refrigeración. Se sugieren  $6.45 \text{ cm}^2$  de soporte por cada 500 a 650  $\text{cm}^2$  de superficie de la pieza.
3. Los pernos deben ser colocados en forma uniforme en toda la superficie de la pieza de manera que la expulsión sea suave, uniforme y no provoque deformaciones en la misma

Por estar sometidos a un constante desgaste, los pernos de expulsión son componentes con poca vida. Esto hace importante el conocer de antemano el tipo de pernos usados en el molde y prepararse con repuestos antes de la prueba piloto.

En el caso de una aplicación con pared delgada ( $< 1.2 \text{ mm}$ ) el número de pernos y la longitud de su diámetro debe incrementarse. En la Figura 5.44 se encuentra una pieza donde se muestran las diferentes necesidades de expulsión para una pared delgada y para una pared convencional.

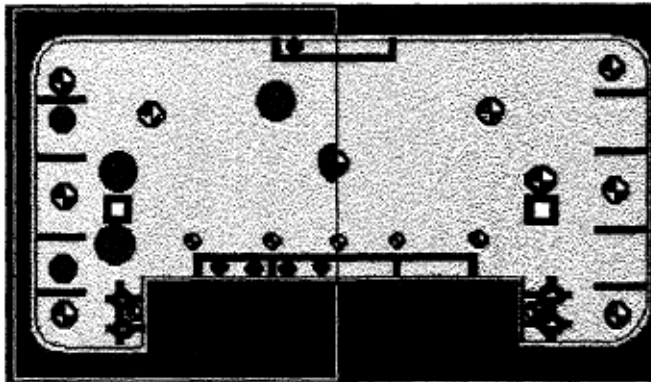


Figura 5.44 Esquema de una pieza donde se muestran el número de pernos de expulsión y sus dimensiones para el caso de una pared delgada (lado izquierdo) y para el de una pared convencional (lado derecho).<sup>6</sup>

#### 5.3.4 Inspección del sistema de enfriamiento.

Es indispensable asegurarnos que el sistema de enfriamiento en el molde sea el adecuado, más aún conociendo que un 75% del tiempo total del ciclo de inyección corresponde al enfriamiento. A pesar de que un cambio en el sistema de enfriamiento suene imposible, conocer su diseño puede ayudarnos a definir las condiciones en que éste debe operar para obtener partes aceptables.

Un sistema de enfriamiento eficiente es capaz de mantener una diferencia de temperatura entre las entradas y salidas menor a  $10^\circ\text{F}$ . La Figura 5.45 muestra este concepto, en donde

se hace indispensable tener un flujo turbulento a través de los canales de enfriamiento para lograr la diferencia de temperaturas.

Un buen diseño de canales considera:

- \* una distancia máxima entre canales de 3 veces su diámetro,
- \* una distancia máxima entre los canales y la pieza de 1.5 veces su diámetro, y
- \* diámetros de canal desde 8 mm para piezas con espesor de 2 mm hasta 12 mm para piezas con espesor de 4 mm.

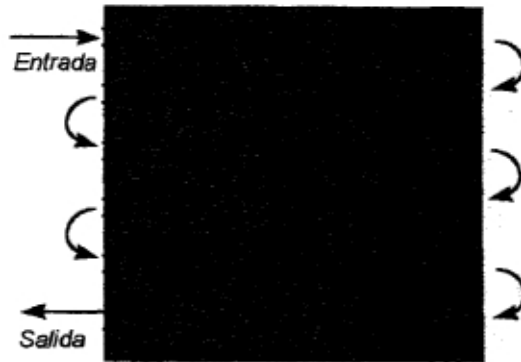


Figura 5.45 Calda de temperatura en las líneas de enfriamiento.<sup>5</sup>

Los canales de enfriamiento deben ser inspeccionados antes de la prueba piloto, asegurando que estos no se encuentren tapados o oxidados.

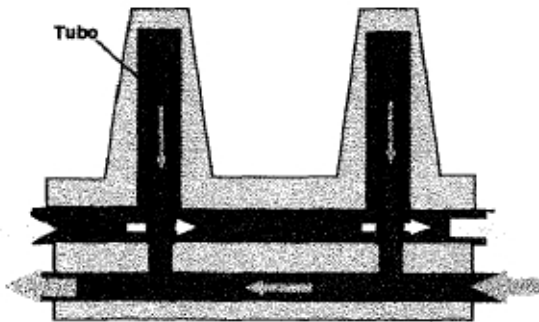


Figura 5.46 Tubo tipo "bubler".<sup>5</sup>

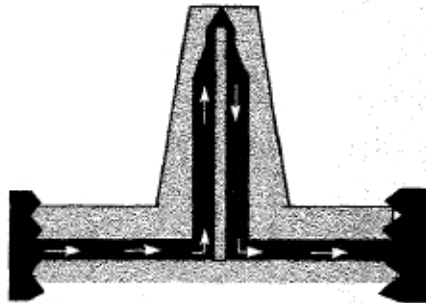


Figura 5.47 Tubo tipo "baffle".<sup>5</sup>

Las Figuras 5.46 y 5.47 muestran unos tubos de enfriamiento utilizados para remover el calor en proyecciones delgadas o profundas del molde. Es recomendable checar que estos tubos estén debidamente sujetos y en buenas condiciones.

### 5.3.5 Inspección del sistema de venteo.

La Figura 5.48 muestra un esquema sobre los venteos, éstos son los que permiten la expulsión del aire atrapado y de los volátiles generados durante la entrada de la resina a la cavidad. En teoría, la cavidad en un molde fuertemente cerrado actúa como un recipiente sellado con la entrada como única abertura. El material no podrá fluir en esta cavidad a

menos de que el aire tenga una salida. Este vital requerimiento es algunas veces tratado muy por encima y sus inevitables resultados son partes incompletas, puntos o zonas quemadas, uniones débiles, líneas de flujo y un pobre acabado.

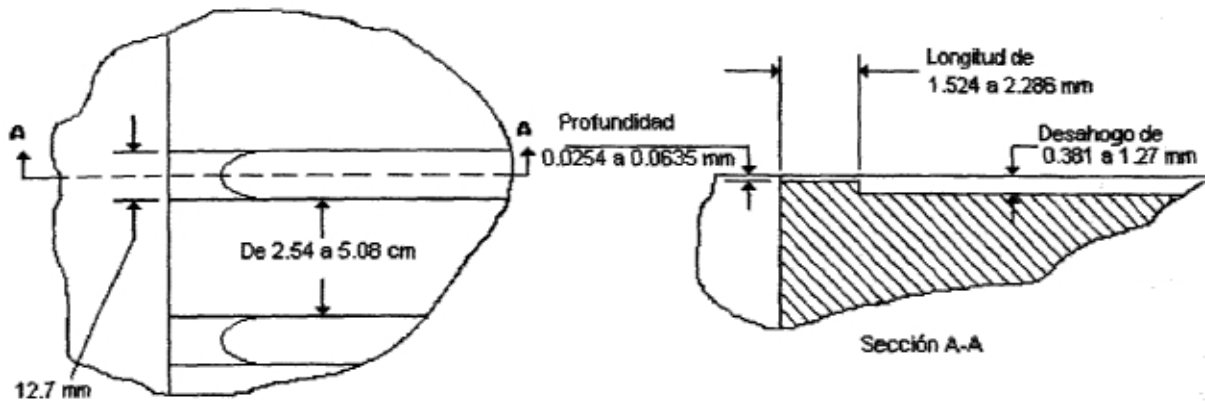


Figura 5.48 Esquema de un sistema de venteo.<sup>5</sup>

Cuando un molde ya tiene varios ciclos de vida, la revisión del sistema de venteo es fundamental e ineludible. Su diseño debe recibir la misma atención que las entradas. El lugar más importante para un venteo es donde se forma la unión de dos o más frentes de masa fundida. En la Tabla 5.7 se presentan las profundidades recomendadas para el venteo dependiendo del material de inyección. Esta es sólo una guía, pues también será necesario esperar a la prueba piloto para conocer los requerimientos especiales de la pieza moldeada.

Tabla 5.7 Profundidad recomendada para el venteo según el material.<sup>6</sup>

Material	Profundidad (mm)
Acetal	0.015 - 0.020
Poliétileno de Alta Densidad	0.015 - 0.020
Polipropileno (PP)	0.018 - 0.025
Cloruro de Polivinilo (PVC)	0.01 - 0.03, inclusive 1
Polímeros de Estireno	0.042 - 0.060
Poliéster Termoplástico (PET, PBT)	0.025 - 0.038
Polimetacrilato de Metilo (PMMA)	0.060 - 0.078
ABS	0.051 - 0.063
Poliamidas (Nylon 6/6)	0.010 - 0.015
Policarbonato (PC)	0.038 - 0.076

Nota: Esta información aplica sólo para los grados de uso general.

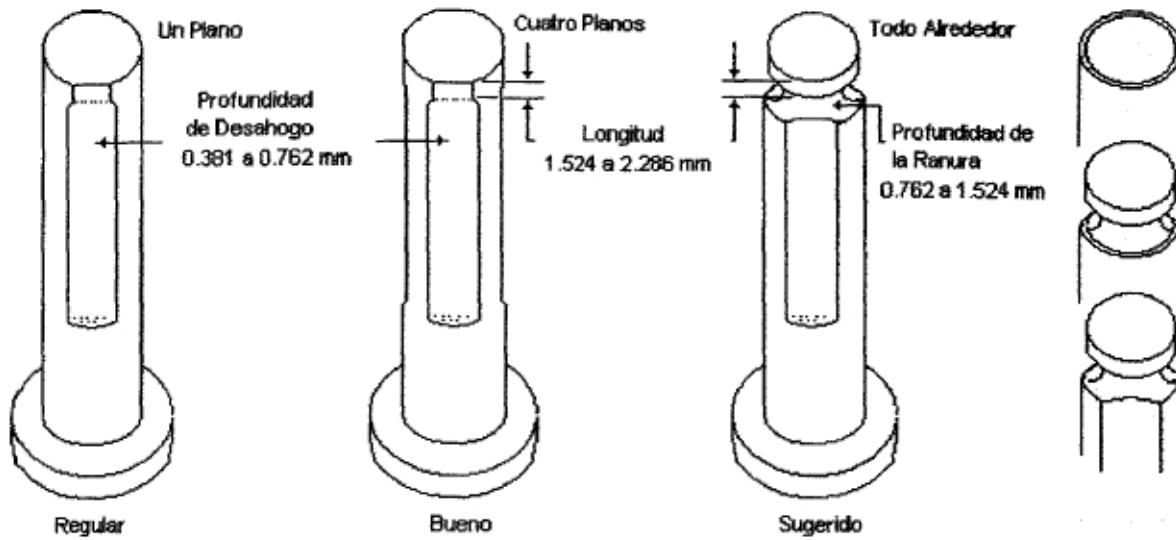


Figura 5.49 Esquema de pernos de expulsión con ranuras de venteo.<sup>5</sup>

Cuando el aire tiende a quedarse atrapado en cavidades profundas o en la parte superior de las costillas y escuadras, se recomienda instalar pernos de expulsión venteados con ranuras longitudinales. La Figura 5.49 muestra la forma en que los pernos pueden maquinarse para formar el venteo. La profundidad de la ranura dependerá del tipo de material usado.

La Figura 5.50 muestra otra opción de venteo, éste se logra a través del uso de metales porosos. El uso de metales porosos puede ocasionar problemas como la frecuente obstrucción de las salidas.

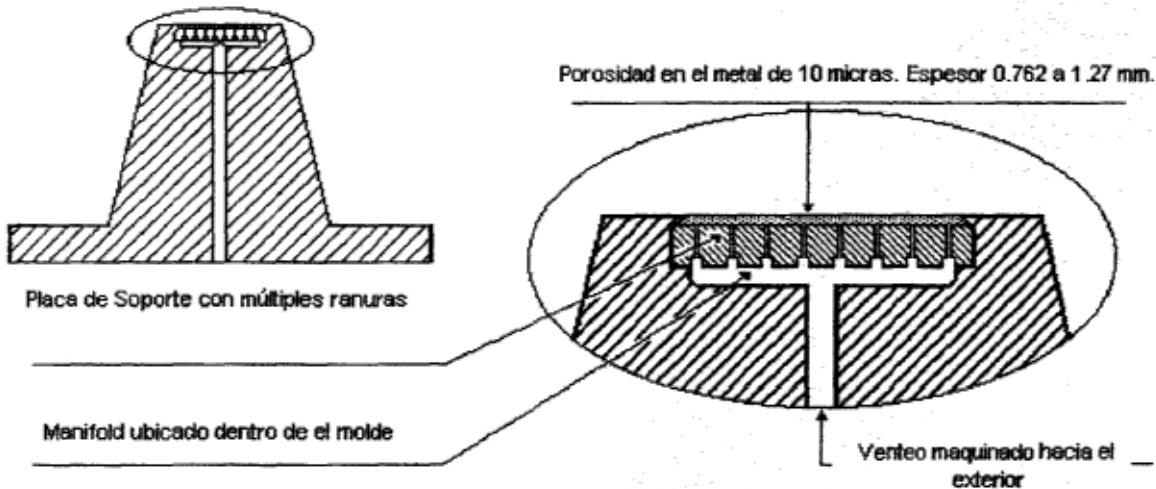


Figura 5.50 Esquema de un sistema de venteo mediante el uso de metales porosos.<sup>5</sup>

La Figura 5.51 muestra otra opción para ventilar la cavidad, esto se logra al incorporar una ranura alrededor de la línea de partición.

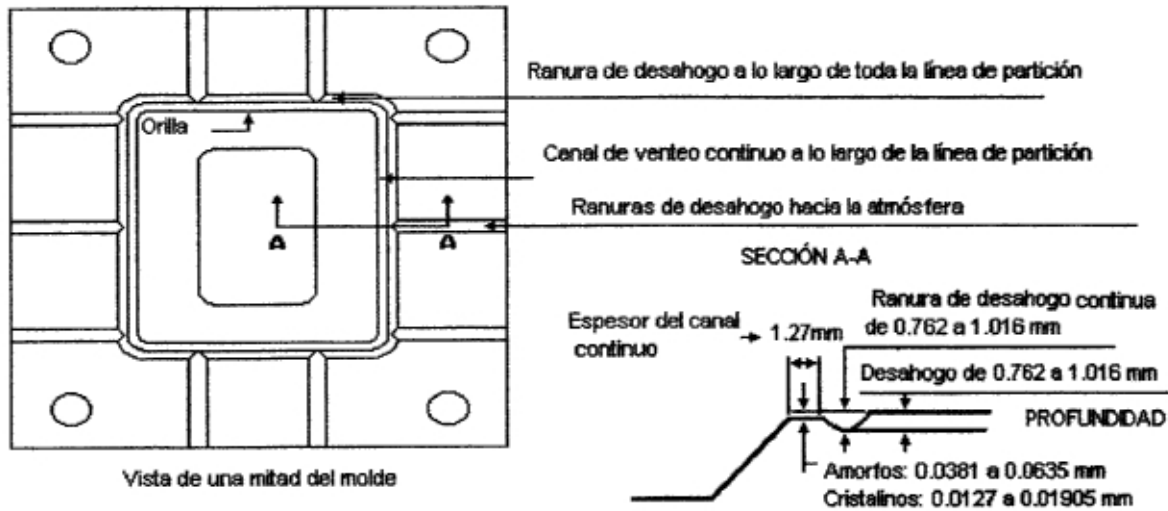


Figura 5.51 Esquema de un sistema de venteo con canal de ventilación a lo largo de la línea de partición.<sup>5</sup>

#### 5.4 Comentarios sobre el capítulo 5.

Este capítulo presenta las especificaciones necesarias para la selección del equipo de manufactura y presenta también las características que deben inspeccionarse en la pieza y en el molde para asegurar que la producción se realice cumpliendo con los requerimientos del cliente. La información aquí presentada pretende servir de apoyo a los departamentos de producción y de moldes durante la evaluación de la transferencia. Esta información es producto de la recopilación de datos publicados en diferentes manuales de diseño y de experiencias personales. Es posible que la información aquí publicada difiera de prácticas comunes en algunas empresas, por lo cual sugiero que se utilice simplemente como una referencia.

<sup>1</sup> Boaiier. *Inyección*. UNISTAR. pp. 27.

<sup>2</sup> Rosato, Dominick B, Rosato. Donald V. 1986. *Injection Molding Handbook*. Van Nostrand Reinhold. pp. 104.

<sup>3</sup> RJG Associates, Inc. RJG homepage: <http://www.rjgassoc.com>.

<sup>4</sup> IMPI. 1997. Instituto Mexicano del Plástico Industrial, S.C. Insurgentes Sur 954. Col. del Valle. 03100 México, D.F.

<sup>5</sup> GE Plastics. GE Plastics homepage: <http://www.ge.com/plastics>.

<sup>6</sup> Cracknell, P.S., Dysen, R.W. 1993. *Handbook of Injection Mould Design*. Blackie Academic & Professional. pp. 45.

## Capítulo 6

### 6. REQUERIMIENTOS PARA LA TRANSFERENCIA DE MOLDES.

**R** En el capítulo 5 los departamentos de moldes y producción realizan la evaluación de la información sobre la transferencia de moldes. Una vez terminada dicha evaluación, se documentan los resultados para compartirlos con el departamento de manufactura y con los proveedores de materia prima y de equipo de manufactura. El equipo de trabajo revisará en conjunto los resultados y se definirán los requerimientos necesarios para la transferencia de moldes. Estos requerimientos incluyen el equipo de manufactura y las modificaciones o ajustes necesarios en el molde para que la producción de piezas cumpla con los estándares de calidad del cliente.

Al celebrarse la reunión entre los integrantes del equipo de trabajo es indispensable que cada parte lleve documentada la información que afectará a la decisión final de los requerimientos del proyecto. El departamento de proyectos debe llevar consigo información actualizada sobre la capacidad actual de la empresa, incluyendo: personal, procesos de manufactura, equipos de manufactura, consumos de materia prima, voltajes e instalaciones disponibles y el costo de cada recurso. Los departamentos de moldes y de producción llevarán consigo los resultados de sus evaluaciones, incluyendo propuestas de modificaciones o ajustes en el molde y propuestas sobre el equipo de manufactura respectivamente. Los proveedores deberán llevar información relacionada con la materia prima y con los equipos de manufactura que serán necesarios para la producción.

#### 6.1 Equipo de manufactura.

El departamento de producción presentará sus resultados sobre el equipo de manufactura necesario para la producción con el molde de transferencia. La Figura 6.1 muestra una forma en que éstos resultados pueden presentarse al equipo de trabajo. Los resultados deben incluir las especificaciones de cada equipo. El departamento de proyectos deberá entonces comparar estas especificaciones con el equipo que actualmente tiene la empresa.

Cuando el equipo de manufactura no esté disponible en la empresa o cuando las especificaciones del equipo no sean estándares, el equipo de trabajo en conjunto decidirá cual es la mejor solución (utilizar un equipo inadecuado, comprar un equipo nuevo con dimensiones estándares, comprar un equipo nuevo con dimensiones no estándares, etc.). Una vez



seleccionado el equipo, esta decisión será documentada y aprobada mediante la firma del equipo de trabajo. La razón de coleccionar las firmas del equipo de trabajo responde al hecho de que estas personas serán contactos importantes para entender la forma en que se tomaron las decisiones.

EQUIPO DE MANUFACTURA		Transferencia de Moldes	
Nuevo	Equipo	Comentarios	Disponibilidad
	Máquina de Inyección		
	Controladores de Temperatura para el Molde		
	Sistema de Secado		
	Mezclador		
	Cargador		
	Robot		
	Molino		
	Otro		

Figura 6.1 Resultados sobre el equipo de manufactura.

## 6.2 Modificaciones o ajustes en el molde.

Las modificaciones o ajustes necesarios en el molde responden a los resultados de dos actividades: inspeccionar las características críticas de la pieza y las del molde. El departamento de producción deberá realizar un reporte sobre los resultados que obtuvo durante la inspección de la pieza y/o de los dibujos de la misma. La Figura 6.2 muestra una forma en que estos resultados pueden presentarse. Los resultados deben incluir comentarios sobre cada característica indicando además si existen áreas de mejora en cada una de ellas y las razones de éstas.

Por otro lado el departamento de moldes deberá presentar un reporte sobre las inspecciones que haya podido realizar en el molde y/o los dibujos del mismo. La Figura 6.3 muestra una forma en que estos resultados pueden presentarse. Los resultados deben incluir comentarios

sobre cada característica indicando además si existen áreas de mejora en cada una de ellas y las razones de éstas.

MOLDEABILIDAD DE LA PIEZA			Transferencia de Moldes		
TBD	NOK	Característica Crítica	Comentarios	Ajustes Necesarios	Duración
		Espesor de Pared			
		Esquinas			
		Refuerzos			
		Ubicación de la Entrada			
		Otra			

Figura 6.2 Resultados sobre la inspección de las características de la pieza.

Los resultados también deben indicar si existe alguna característica que deberá ser monitoreada una vez que se arranque la prueba piloto. Esta documentación es importante cuando se tiene un molde de reciente fabricación o cuando se va correr un molde con un equipo muy diferente al que se venía utilizando.

DISEÑO DEL MOLDE			Transferencia de Moldes		
TBD	NOK	Característica Crítica	Comentarios	Ajustes Necesarios	Duración
		Sistema de Entradas			
		Sistema de Coladas			
		Sistema de Expulsión			
		Líneas de Enfriamiento			
		Venteos			
		Otra			

Figura 6.3 Resultados sobre la inspección de las características del molde.

Durante la reunión con el equipo de trabajo se deberá decidir si las mejoras en el molde son posibles o necesarias. En caso de ser necesarias el departamento de moldes debe definir si

los ajustes pueden o no llevarse a cabo en el empresa. Si estos ajustes no pueden realizarse internamente, se debe evaluar la posibilidad de realizarlos con talleres externos. Es importante que se defina un aproximado del costo y del tiempo en el que se llevarán a cabo los ajustes.

Cuando se decide no llevar a cabo las mejoras en el molde deben documentarse las razones de no hacerlo y la forma en que esta decisión afectará a la moldeabilidad y a la calidad de la parte. Una vez definidas las acciones a realizar en el molde, éstas serán documentadas y aprobadas mediante la firma del equipo de trabajo. Al igual que se hizo en la selección del equipo de manufactura, la colección de firmas nos ayudará a identificar a las personas que conocen los detalles sobre estas decisiones.

Los resultados obtenidos en esta sección serán sumamente interesantes para el cliente, pues podrán ser considerados en el diseño de la nueva versión del producto. El departamento de calidad puede también beneficiarse con los resultados utilizándolos para negociar con el cliente requerimientos de peso y de apariencia incluyendo rebabas, alabeo, brillos, hundimientos y dimensiones.

Sin lugar a duda los más beneficiados por estos resultados son los mismos departamentos de producción y de moldes. Estos resultados estarán relacionados con la ventana de proceso que tendrá el molde y con el tipo de mantenimiento que deberá programarse.

## Capítulo 7

### 7. CASO PRÁCTICO

El capítulo 2 presenta una metodología para la administración de una transferencia de moldes. Esta metodología incluye las actividades críticas que deben realizarse antes de la transferencia. Las actividades están encaminadas a definir el equipo de manufactura y a conocer la condición actual del molde. Del capítulo 3 al 6 se encuentra el desarrollo de la metodología. En este capítulo se aplica la metodología a un caso práctico de transferencia de moldes.

#### 7.1 Selección de la empresa de inyección.

La selección pudo ser tarea fácil debido a la gran cantidad de transferencias de moldes que hoy en día se llevan a cabo en las diferentes empresas de inyección. El problema durante la selección fue encontrar una empresa que no sólo tuviera interés por este trabajo, sino que además estuviera dispuesta a invertir su tiempo en el desarrollo e implementación de la metodología aquí presentada. En el camino me encontré con empresas donde la preocupación era más por llenar sus capacidades que por dirigir un crecimiento sostenido de sus procesos. Finalmente una empresa mostró interés y además me brindó el apoyo y los recursos necesarios para implementar el caso práctico. Esta empresa es DTM Products de México y quisiera aprovechar esta sección para dar las gracias a todo el equipo que estuvo apoyándome en cada una de mis visitas.

#### 7.2 Selección del molde.

Se seleccionó un molde que estuviera en su etapa inicial de transferencia. El molde pertenece a la empresa Hewlett Packard y ya se encontraba corriendo producción en Colorado dentro la misma empresa DTM Products.

#### 7.3 Desarrollo de la transferencia.

Tal cual se propone en la metodología, se inició con el desarrollo de una guía de actividades donde se identificaran aquellas acciones necesarias para seleccionar el equipo de manufactura y para conocer la condiciones actuales del molde.

##### 7.3.1 Desarrollo de la guía de actividades.

En este momento sólo se conocía la pieza plástica. En conjunto con los departamentos de proyectos, producción y moldes se acordó utilizar la guía que se presenta en el capítulo 3. La Figura 7.1 muestra las actividades dentro de la guía.

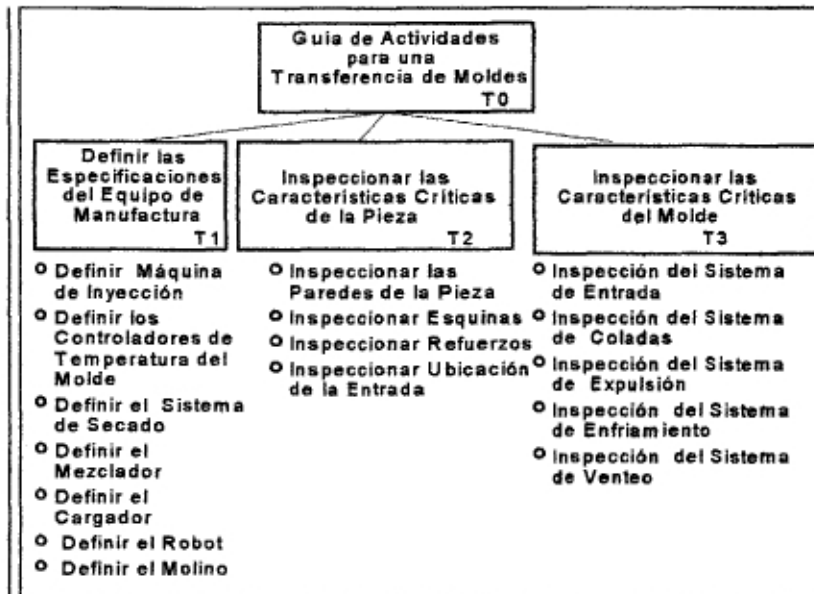


Figura 7.1 Guía de actividades para el caso práctico.

Una vez definidas las actividades del equipo de trabajo, el departamento de proyectos se hizo responsable de reunir la información del proyecto.

### 7.3.2 Documentación de la información.

En este caso el molde se encontraba corriendo producción en Colorado dentro de la misma empresa. Debido a las buenas relaciones que se mantienen con Colorado, el manejo de la información pudo completarse a través del teléfono, del e-mail y recibiendo muestras y documentos por mensajería. La documentación cumplió casi con el 100% de los objetivos, pues sólo faltó conocer si existían archivos de CAD, CAM o Mold Flow para la aplicación.

Esta documentación se completó en 5 días incluyendo la información recibida por mensajería. Las Figuras 7.2 y 7.3 muestran la información que el departamento de proyectos entregó a los departamentos de producción y de moldes respectivamente. Ambos documentos fueron también archivados en el sistema de la empresa, quedando a disposición de cualquier departamento.

### 7.3.3 Evaluación de la información.

La información documentada por el departamento de proyectos fue suficiente para que los departamentos de moldes y producción evaluarán el proyecto. Otro punto interesante fue que durante el transcurso de esta evaluación no se identificaron cambios necesarios en la guía de actividades.

Ambos departamentos realizaron la evaluación de la información en medio día. Las Figuras 7.4, 7.5 y 7.6 muestran los resultados que se obtuvieron dentro de la evaluación. Estos resultados fueron archivados en el sistema de la empresa para luego notificar al equipo de trabajo vía e-mail sobre la necesidad de reunirse para revisar los resultados y definir en conjunto los requerimientos de la transferencia.

#### 7.3.4 Requerimientos de la transferencia.

Durante la mañana siguiente se reunió el equipo de trabajo integrado por los departamentos de proyectos, producción, moldes y el proveedor de materia prima. Los proveedores del equipo de manufactura no pudieron atender a la reunión, principalmente por no tener representantes en la región.

La junta inició con una revisión sobre los resultados. El departamento de producción presentó los resultados sobre la moldeabilidad de la pieza. Se comentó sobre el espesor de sus paredes, el cual mostraba un cambio gradual de 1.2 a 1.8 mm apegándose a las recomendaciones de diseño. Se comentó que la entrada estaba correctamente ubicada sobre el mayor espesor de la pared, sin embargo se señaló que a pesar de llenarse completamente la cavidad, la pieza presentaba quemaduras en el último punto de llenado. A partir de esta observación se sugirió una revisión en los venteos del molde. Los resultados por este departamento fueron aprobados por el equipo de trabajo y debido a que no se encontraron banderas rojas en cada una de las características de la pieza, se concluyó que la moldeabilidad era la adecuada.

El departamento de moldes tomó la palabra para dar a conocer los resultados sobre el diseño del molde. En éste se identificó un sistema de colada caliente diferente al que comúnmente había manejado la empresa. Este sistema funciona a través de una varilla interna calentada eléctricamente, alrededor de la cual el material fluye hacia 2 boquillas tipo Multi Tip que alimentan 4 entradas. Estas boquillas tienen un diámetro de 0.020 pulgadas, dimensión que cumple la sugerencia de su fabricante EWIKON. Sobre este punto se comentó la necesidad de

visitar la planta de Colorado para conocer a detalle su operación y mantenimiento. El sistema de enfriamiento presentó un balance adecuado. El sistema de expulsión se identificó como sencillo a base de 3 pernos botadores para cada cavidad, sin embargo debido al problema del efecto diesel en las cavidades, se sugirió hacer un desahogo en cada botador para proporcionar un venteo adicional. Esta sugerencia fue bien aceptada por el equipo de trabajo y se programó la tarea con fecha anterior a la transferencia del molde. El venteo fue la única característica que presentó una bandera roja. Se decidió aprovechar la visita a Colorado para conocer a detalle el sistema de venteo y para conocer la posibilidad de realizar mejoras a la llegada del molde.

Finalmente el departamento de producción presentó los resultados sobre el equipo de manufactura. Este departamento identificó 5 equipos necesarios para la operación del molde. Para la máquina de inyección se seleccionó una NISSEI FN1000 de 90 toneladas. En esta máquina se inspeccionaron los elementos definidos en la guía para la unidad de cierre y la de inyección, cumpliendo todos ellos con los requerimientos de la aplicación. Se presentó la necesidad de adquirir el controlador de temperatura para el sistema de colada caliente en el molde. En ese momento se realizó una llamada a Colorado mediante la cual se notificó que este controlador llegaría junto con el molde. Los otros 3 equipos incluían a los controladores de temperatura para el molde, al secador y al cargador. Las características de estos equipos fueron definidas utilizando las sugerencias del capítulo 5, y una vez conocidas sus especificaciones se seleccionaron de entre los equipos disponibles en la empresa.

#### **7.4 Comentarios sobre el caso práctico.**

Los requerimientos finales de la transferencia fueron documentados y se obtuvieron los siguientes beneficios:

- rápida identificación de los equipos de manufactura adecuados para la producción,
- rápida identificación de las modificaciones o ajustes en el molde,
- y en base a los anteriores, una rápida y sólida cotización de la aplicación.

La metodología propuesta agradó a todo el equipo de trabajo, no sólo por los beneficios mencionados anteriormente sino porque logró integrar la experiencia y el conocimiento de los diferentes participantes dentro de un mismo proyecto. Esta integración es usualmente menospreciada y por esta razón en ocasiones nos podemos encontrar con errores básicos durante una transferencia. Se reconoció que con el uso de la metodología el tiempo invertido en realizar los objetivos de este trabajo fue menor al acostumbrado (6 días para este caso), sin

embargo también se reconoció que el apoyo de DTM Colorado fue clave para completar a tiempo la documentación.

<b>PRODUCCIÓN</b>		<b>Transferencia de Moldes</b>	
<b>Datos Generales del Proyecto</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Nombre del Cliente:	HEWLETT PACKARD	
<input checked="" type="checkbox"/>	Nombre del Programa:	SHERWOOD	
<input checked="" type="checkbox"/>	Nombre de la Parte:	ADJUSTER PPS	
<input checked="" type="checkbox"/>	Número de Parte:	C2128-40055	
<input checked="" type="checkbox"/>	Versión o Revisión de la Parte:	A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Volumen de Producción		
<input checked="" type="checkbox"/>	Empresa actual de Inyección:	DTM Products COLORADO	
<b>Datos de la Parte</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Muestra Física:	DISPONIBLE	
<input checked="" type="checkbox"/>	Dibujo de la Parte:	DISPONIBLE	
<input checked="" type="checkbox"/>	Requerimientos de Calidad del Cliente		
<input type="checkbox"/>	Archivos de CAD, CAM o Mold Flow de la Parte		
<b>Datos de la Materia Prima</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Resina:	NYLON 6/6	
<input checked="" type="checkbox"/>	Nombre Comercial de la Resina:	ZYTEL	
<input checked="" type="checkbox"/>	Grado de la Resina:	101	
<input checked="" type="checkbox"/>	Fabricante de la Resina:	DUPONT	
<input checked="" type="checkbox"/>	Distribuidor de la Resina:	DUPONT	
<input checked="" type="checkbox"/>	Color de la Resina:	BLANCO	
<input checked="" type="checkbox"/>	Código del Color:	WVB 1000	
<input checked="" type="checkbox"/>	Máximo % de Remolido Permitido en la Aplicación:	0%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura de Secado de la Resina:	175 °F	
<input checked="" type="checkbox"/>	Tiempo de Secado de la Resina:	3 a 4 HORAS	
<input checked="" type="checkbox"/>	Gravedad Específica de la Resina:	1.06	
<input checked="" type="checkbox"/>	Factor de Encogimiento de la Resina:	11 mil/Inch	
<input checked="" type="checkbox"/>	Tipo de Aditivos o Concentrantes de Color:	NINGUNO	
<input checked="" type="checkbox"/>	Fabricante de los Aditivos o del Concentrante de Color:	NO APLICA	
<input checked="" type="checkbox"/>	Distribuidor de los Aditivos o del Concentrante de Color:	NO APLICA	
<input checked="" type="checkbox"/>	% de Mezcla de los Aditivos o del Concentrante de Color:	NO APLICA	
<b>Datos del Proceso</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Tipo de Proceso de Manufactura:	INYECCIÓN CONVENCIONAL	
<input checked="" type="checkbox"/>	Ambiente de Manufactura:	CONDICIONES NORMALES	
<input checked="" type="checkbox"/>	Hoja de Parámetros del Proceso:	DISPONIBLE	
<input checked="" type="checkbox"/>	Volumen de la Parte		
<input checked="" type="checkbox"/>	Peso de la Parte:	0.66 grs.	
<input checked="" type="checkbox"/>	Peso del Disparo:	5.3 grs.	
<input checked="" type="checkbox"/>	Tiempo de Ciclo Cotizado		
<input checked="" type="checkbox"/>	Forma de Remover la Parte del Molde:	POR GRAVEDAD	
<input checked="" type="checkbox"/>	Operaciones Secundarias:	NINGUNA	
<b>Datos del Molde</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Dibujos del Molde:	DISPONIBLES	
<input checked="" type="checkbox"/>	Dibujos del Manifold:	DISPONIBLES	

Figura 7.2 Documentación entregada al departamento de producción.



MOLDES		Transferencia de Moldes
<b>Datos Generales del Proyecto</b>		
Nombre del Cliente:	HEWLETT PACKARD	
Nombre del Programa:	SHERWOOD	
Nombre de la Parte:	ADJUSTER PPS	
Número de Parte:	C2128-40055	
Versión o Revisión de la Parte:	A	
Volumen de Producción		
Empresa actual de Inyección:	DTM Products COLORADO	
<b>Datos de la Parte</b>		
Último Disparo:	DISPONIBLE	
<b>Datos del Molde</b>		
Número del Molde:	T-338416	
Dibujos del Molde:	DISPONIBLES	
Dibujos del Manifold:	DISPONIBLES	
Registros de Mantenimiento:	DISPONIBLES	
Lista de refacciones:	DISPONIBLES	
Peso del Molde:	275 libras	

Figura 7.3 Documentación entregada al departamento de moldes.

Nota: En las Figuras 7.2 y 7.3 no se muestra el volumen de la producción, sin embargo este fue un dato conocido para DTM Products.

DISEÑO DEL MOLDE		Transferencia de Moldes			
TBD	NOK	Característica Crítica	Comentarios	Ajustes Necesarios	Duración
		Sistema de Entradas	Diámetro 0.020"	Visita a Colorado para conocer operación y mito.	Por definir
		Sistema de Coladas	Colada caliente con sistema EVIKON		
		Sistema de Expulsión	3 pernos de botado con roscado	Ranurar para ventear la cavidad	Antes de la transferencia
		Líneas de Enfriamiento	Buen balance		
		Venteos	Podrían estar cerrados o ser insuficientes	Inspeccionar el sistema de venteo en visita	Por definir

Figura 7.4 Resultados de la evaluación realizada por el departamento de moldes.

Sin lugar a dudas, el éxito en el uso de esta metodología fue gracias al compromiso y a la responsabilidad que demostraron cada uno de los integrantes del equipo de trabajo.

MOLDEABILIDAD DE LA PIEZA		Transferencia de Moldeo			
TBD	NOK	Característica Crítica	Comentarios	Ajustes Necesarios	Duración
		Espesor de Pared	Máximo espesor 1.8 mm	Ninguno	
			Mínimo espesor 1.2 mm		
		Esquinas	Ok.	Ninguno	
		Refuerzos	Ok.	Ninguno	
		Ubicación de la Entrada	Ok.	Ninguno	

Figura 7.5 Resultados de la evaluación realizada por el departamento de producción.

EQUIPO DE MANUFACTURA		Transferencia de Moldeo	
Nuevo	Equipo	Comentarios	Disponibilidad
	Máquina de Inyección	7 toneladas, 2.2 onzas	Máquina 5
	Controladores de Temperatura para la colada caliente	No se tiene equipo EWKON	Contactar a DTM Colorado
	Controladores de Temperatura para el Molde	2 controladores para máquina de 90 Ton.	Ok
	Sistema de Secado	Capacidad mayor a 20 libras	Ok
	Mezclador	No se requiere	
	Cargador	A pie de máquina con una tolva receptora, un succionador de vacío y una bayoneta	Ok
	Robot	No se requiere	
	Molino	No se requiere	

Figura 7.6 Resultados de la evaluación realizada por el departamento de producción.

## Capítulo 8

### 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS.

Este capítulo presenta las conclusiones sobre la metodología propuesta en el capítulo 2 y algunas recomendaciones sobre como puede seguir optimizándose en el futuro la transferencia de moldes dentro de las empresas de inyección.

#### 8.1 Conclusiones.

- Durante la realización de este estudio se logró identificar la falta de administración que tienen las empresas en el proceso de transferencia de moldes. No existe una metodología definida que incluya la interacción entre todos los departamentos relacionados con este proceso.
- La creciente industria de inyección de piezas plásticas en México exige una mayor atención y soporte técnico al diseño de aplicaciones, al diseño de moldes y a la selección de equipo de manufactura; de tal suerte que sus procesos sean más eficientes y competitivos en un mercado cada vez más global.
- La metodología descrita en este trabajo responde a las experiencias vividas dentro de la actual industria de inyección en México. Esta metodología contiene solamente 2 actividades que apoyan a la administración de una transferencia de moldes (la selección del equipo de manufactura y la identificación de ajustes necesarios en el molde para asegurar la moldeabilidad de la aplicación), sin embargo representa un buen comienzo en la búsqueda de una metodología formal para dominar este proceso.
- Esta metodología garantiza buenos resultados siempre y cuando se de la participación de un equipo multidisciplinario y se lleven a cabo las obligaciones de cada integrante. Cada integrante de este equipo deberá tener un completo entendimiento sobre el ciclo de vida de un producto plástico así como de sus características críticas que están relacionadas con el éxito de una transferencia de moldes.
- El equipo multidisciplinario debe integrar a ingenieros de proyectos o de productos, ingenieros de producción e ingenieros de moldes de la empresa junto con los proveedores del equipo de manufactura y de la materia prima.
- La información sobre el proceso de manufactura presentada en el capítulo 5 es clave en el desarrollo de la metodología. Esta información se generó de recopilación de datos en

manuales de diseño, en la literatura de los proveedores y en sistemas especializados para el diseño de manufactura de piezas plásticas.

- La metodología aquí presentada fue implementada en un caso práctico dentro de la industria demostrando ser de utilidad. Se sugiere que la metodología sea utilizada en más casos prácticos para validarla incorporando las diferencias culturales, tecnológicas y administrativas de cada empresa.

### *8.2 Recomendaciones para trabajos futuros.*

Lo ideal en un futuro sería que la empresa de inyección en México se involucrara en la transferencia desde el diseño de la aplicación. Esta representa una opción cuando el molde de transferencia corresponde a un producto nuevo. Aún así, para lograr esta participación sería necesario que la empresa de inyección tuviera una excelente relación con su cliente (OEM), demostrándole el valor agregado que sus ingenieros de manufactura podrían aportar al proyecto. En las empresas de inyección se encuentra acumulada una gran cantidad de información sobre diseño de piezas y moldes que muchas veces no llega a manos de los diseñadores y de los fabricantes de moldes. Inclusive conceptos sencillos como las dimensiones estándares de los equipos de una empresa pueden ser de gran ayuda para prevenir conflictos durante una transferencia de moldes.

En la medida en que las empresas de inyección se involucren en las etapas iniciales del ciclo de vida del producto será la medida en que ellas logren controlar los resultados de su producción. Este argumento realza la importancia de encontrar estrategias que favorezcan al desarrollo de canales de comunicación entre los moldeadores y los diseñadores.

La metodología de este trabajo busca cumplir con dos requerimientos para la transferencia de un molde:

- el equipo de manufactura y
- las modificaciones o ajustes en el molde necesarios para que la producción de piezas cumpla con los estándares de calidad del cliente.

Conocer los dos requerimientos anteriores no será suficiente para asegurar el éxito en una transferencia de moldes. Necesitamos incluir los requerimientos de los demás departamentos involucrados en el proyecto. Para ello tendrían que añadirse actividades a la guía que ayudarán a definir:

- el equipo de calidad para realizar mediciones e inspecciones,
- el equipo de manufactura para operaciones secundarias como pintura, tampografía, ensamble y soldadura, y
- el tipo de empaque o embalaje del producto entre otros.

Las Universidades y los centros de investigación y desarrollo se encuentran perfeccionando sistemas de información capaces de manejar las capacidades, recursos y estrategias de las empresas. Estos sistemas llamados Modelos de Manufactura<sup>1</sup> podrán servir de herramienta en el proceso de transferencia de moldes.

Otra actividad necesaria para optimizar la transferencia de moldes es la de desarrollar una metodología para medir la efectividad del proceso. Una vez definidos los parámetros de medición podrán entonces identificarse y analizarse nuevas áreas de mejora y las formas de controlarlo.

---

<sup>1</sup>Al-Ashaab, A.H. 1994. *A Manufacturing Model to Capture Injection Moulding Process Capabilities to Support Design for Manufacture*. Doctoral Thesis. Loughborough University of Technology, UK. Manufacturing Engineering Department.

## Apéndice A

### Apéndice A. ACRÓNIMOS PARA PLÁSTICOS

La denominación de los plásticos se basa en los monómeros que se utilizaron en su fabricación, es decir, en sus materias primas. En los homopolímeros termoplásticos se antepone el prefijo "poli" por ejemplo:

Monómero inicial	→	Metil Metacrilato
Nombre del polímero	→	Polimetil Metacrilato

Los nombres químicos de los polímeros con frecuencia son muy largos y difíciles de utilizar, por esta razón se introdujeron las "siglas" o acrónimos. El acrónimo del ejemplo arriba mencionado es PMMA.

La mayor parte de los acrónimos han sido normalizados, sin embargo algunos han sido inventados por los fabricantes o surgieron de la misma actividad práctica.

Tabla A.1 *Acrónimos para plásticos.*

ABS	Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno
CA	Acetato de Celulosa
EP	Epóxica
EPS	Poliestireno Expansible
EVA	Etil Vinil Acetato
HDPE	Polietileno de Alta Densidad
LDPE	Polietileno de Baja Densidad
MF	Melamina Formaldehído
PA	Poliamida
PB	Polibutadieno
PBT	Polibutilen Tereftalato
PC	Policarbonato
PEI	Poliesterimida
PES	Poliestersulfona
PET	Polietilen Tereftalato
PF	Fenol Formaldehído
PMMA	Polimetil Metacrilato
POM	Polióxido de Metileno
PP	Polipropileno
PPS	Polifenilen Sulfona
PS	Poliestireno
PTFE	Politetrafluoroetileno
PUR	Poliuretano
PVC	Cloruro de Polivinilo
SAN	Estireno Acrilonitrilo
SB	Estireno Butadieno
TPE	Elastómero Termoplástico
TPU	Poliuretano Termoplástico
UHMWPE	Polietileno Ultra Alto Peso Molecular
UF	Urea Formaldehído
UP	Poliéster Insaturado

## Apéndice B

### Apéndice B. PROVEEDORES DE MATERIA PRIMA Y DE EQUIPOS DE MANUFACTURA

A continuación se presenta una lista de proveedores de resinas, concentrados de color, pigmentos, aditivos y equipos para la industria del plástico. La lista contiene en su mayoría proveedores con oficinas en México a excepción de los de equipo para asistencia de gas. Proveedores adicionales pueden encontrarse en la enciclopedia del plástico del Instituto Mexicano del Plástico Industrial (IMPI).

#### PROVEEDORES DE RESINAS

---

GE PLASTICS MÉXICO, S.A. de C.V.

Ave. Prolongación Reforma 490. Santa Fe. 1210 México, DF (5) 257-6060

BAYER DE MÉXICO, S.A. de C.V. División Plásticos.

Miguel de Cervantes Saavedra 259. 11520 México DF

DOW QUÍMICA MEXICANA, S.A. de C.V.

Palmas 555. Lomas de Chapultepec. 11000 México, DF (5) 227-1900

BASF MEXICANA, S.A. de C.V. División Polímeros.

Insurgentes Sur 975. Cd. de los Deportes. 3710 México, DF (5) 325-2670, 2671

A. SHULMAN de México

Manuel Izaguirre 13-304. Satélite. 53100 Naucalpan, Edo. de México. (5) 393-7246, 1216

DUPONT, S.A. de C.V.

(5) 722-1456, 1204

ROHM AND HAAS de México, S.A. de C.V.

Paseo de los Tamarindos 400. Bosques de las Lomas. 5120 México, DF (5) 728-6666, 27

CELANESE MEXICANA, S.A.

Ave. Miguel Hidalgo Ote. 1410. 50010 Toluca, Edo. de México. (72) 79-4373, 68

EASTMAN CHEMICAL MEXICANA, S.A. de C.V.

Insurgentes Sur 1106. Nochebuena. Benito Juárez, México DF. (5) 559-7511

M.A. HANNA DE MÉXICO

Calle Tres 4-B. Fracc. Alce Blanco. 53370 Naucalpan, México (5) 357-0302, 0028

DOW CORNING DE MÉXICO, S.A. de C.V.

Campos Elíseos 345-5. Polanco. 11550 México, DF (5) 327-1313

PEMEX PETROQUÍMICA

México

(5) 227-0167

Amoniaco

(921) 112-40

Polímeros y Solventes

(921) 112-60

Aromáticos y Oleofinas

(921) 112-80

UNION CARBIDE QUÍMICOS Y PLÁSTICOS, S.A de C.V.  
Periférico Sur 4118. Jardines del Pedregal. 1900 México, DF (5) 726-9070

RESIRENE, S.A. de C.V.  
Bosque de Ciruelos 99. Bosques de las Lomas. 11700 México DF (5) 726-9011  
INDELPRO  
Ave. Roble 300. Valle del Campestre. 66250 Garza García, NL (8)335-6363

GRUPO PRIMEX  
Alamo Plateado 1. Fracc. Los Alamos. Lomas Verdes. 53230 Naucalpan, Edo. de México.  
(5) 393-7199

ACRILIA, S.A. de C.V.  
Periférico Sur 4407. Jardines de la Montaña. 14210 Tlalpan, México DF. (5) 645-1717

PLASTIGLAS DE MÉXICO, S.A. de C.V.  
Atenco 28. Fracc. Industrial La Perla. 53340 Naucalpan, Edo. de México. (5) 690-3790, 3657

INDUSTRIAS NEGROMEX, S.A. de C.V.  
Bosque de Ciruelos 180. 11700 México DF (5) 726-1800

POLIFORMAS PLÁSTICAS, S.A. de C.V.  
Calzada Zaragoza 448. Federal. 15700 México, DF (5) 785-0430

#### DISTRIBUIDORES DE RESINAS, CONCENTRADOS DE COLOR

POLÍMEROS Y QUÍMICOS, S.A. de C.V.  
Ave. Río Churubusco. Col. Del Carmen. 4100 Coyoacán México, DF (5) 658-6896, 6894  
Resinas: AMOCO, HUNTSMAN, POLYMERLAND, MONTELL, CELANESE  
MEXICANA, NOVA CHEMICALS, PRIME PVC, RESIRENE, RHETECH,  
GE PLASTICS, PLASTIGLAS, PEMEX PETROQUÍMICA.  
Concentrados de Color: CLARIANT

ASHLAND CHEMICAL de México, S.A. de C.V.  
Atlacomulco 1. San Esteban Rancho San Andrés. Atolo, Naucalpan. 53350 Edo. De México.  
(5) 359- 3000  
Resinas: DOW, PROPILCO, BAYER, DUPONT, ARISTECH, HUNTSMAN  
CHEMICAL CORPORATION, PAXON, RESIRENE, ICI ACRYLICS,  
FINA, UNION CARBIDE, EASTMAN, DSM, THE GEON COMPANY  
Concentrados de Color: CLARIANT

RECUBRIMIENTOS PLÁSTICOS, S.A. de C.V.  
Aluminio 7. Esfuerzo Nacional. 55320 Xalostoc. (5) 569-2890  
Concentrados de Color: MASTERBATCH  
Pigmentos: Orgánicos, Inorgánicos Fluorescentes, Perlecentes, Metálicos,  
Maderas  
Marmoleados, Granito  
Aditivos: Antioxidantes, filtros ultravioleta, antiestáticos, deslizantes  
antibloqueantes, antiderrapantes, plastipapel, cargas, espumantes,  
fragancias, estabilizadores térmicos.  
Purgas: DYNA PURGE



PlastiCOLOR

Balcón de la Loma 2907. Balcones de Altavista. 64840 Monterrey, NL (8) 387-2621

#### PROVEEDORES DE PIGMENTOS, CONCENTRADOS DE COLOR

HOECHST, Química Hoechst de México, S.A. de C.V.

Tecoyotitla 412. Exhda. Guadalupe Chimalistac. 1050 México, DF (5) 228-9155, 9157

CIBA GEIGY MEXICANA, S.A. de C.V. División Pigmentos.

Calzada Tlalpan 3058. 4850 México, DF (5) 422-6023, 26

CONCENTRADOS PLÁSTICOS, S.A. de C.V.

Paseo de las Palmas 765. Lomas Barrilaco. 11010 México, DF (5) 202-5348, 5493

#### PROVEEDORES DE ADITIVOS

WITCO MÉXICO, S.A. de C.V. Grupo Aditivos para Polímeros.

Guadalupe 410. 548000 Cuautitlán, Edo. de México (5) 872-0490, 0167

HENKEL MEXICANA, S.A. de C.V.

Calzada de la Viga s/n. Fracc. Los Laureles. 55090 Ecatepec, Edo. de México (5) 729-9887

CHARLOTTE CHEMICAL INC.

Homero 432.. Polanco. 11570 México, DF (5) 203-6226

#### PROVEEDORES DE EQUIPO PARA LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO

HUSKY INJECTION MOLDING SYSTEMS MÉXICO, S.A. de C.V.

Matancillas 119. Prados de la Sierra. 66230 Garza García, NL (8) 336-4981

SIDEL DE MÉXICO, S.A. de C.V.

Doñores Jiménez y Muro 10. Periodista. 11220 México, DF (5) 557-1800

NISSEI ASB CENTRO AMÉRICA, S.A. de C.V.

Torres Adalid 618. Colonia del Valle. 03100 México DF. (5) 669-0069

CINCINNATI MILACRON

Calle Uno 109. San José Escalera. 7630 México, DF (5) 389-6737

ENGEL, Engineered Molding Solutions

(5) 399-8999

CONAIR MEXICANA

Calle del Parque 632. Fracc. Ind y Com San Rafael. 67110 Guadalupe, NL (8) 327-1238

CANNON MÉXICO C.M. INCORPORATE, S.A. de C.V.

Fernando Montes de Oca 43-A. Condesa. 6140 México, DF (5) 211-6288

## DISTRIBUIDORES DE EQUIPO PARA LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO

### AVANCE INDUSTRIAL, S.A.

Andrés de la Concha 33. San José Insurgentes. 3900 México, DF (5) 563-6361, 5070

Inyección: DEMAG, VAN DORN DEMAG  
Soplado: BATTENFELD FISHER, MUELLER, PRESSBLOWER  
Periféricos: COLORTRONIC, FRIOMOLD, REGLOPLAS, TAMPOPRINT

### MANNESMANN PIPE & STEEL CORPORATION

Paseo de los Tamarindos 400. Bosques de las Lomas. 5120 México, DF (5) 570-7014, 7022

Inyección: KRAUSS MAFFEI

### EQUIPO Y TECNOLOGÍA ITALIANA D.Z.

Ave. Mariano Escobedo 369. Polanco. 11560 México, DF (5) 255-2533

Inyección; SANDRETTO METALMECCANICA

### MAQUINARIA INTERNACIONAL PARA LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO, S.A. de C.V.

Ostia 2495. Providencia. 44630 Guadalajara, Jal. (3) 641-0799

Inyección: TOSHIBA  
Inyección-Soplo: JOMAR  
Extrusión-Soplo: ROCHELEAU  
Periféricos: AEC, MAC

### GRUPO ZOICA, S.A. de C.V.

Sadi Carnot 77. San Rafael. 6470 México, DF (5) 566-4732

Inyección: NAN RONG MECHANICAL CO. LTD.  
Extrusoras: TEXAS EXTRUSION SERVICE, INC  
Barriles, Husillos: WESTLAND CORPORATION  
Colada Caliente: GÜNTHER, Hot Runner Systems Inc.  
Secado: CONAIR

### PROVEEDORA INDUSTRIAL VARGAS, S.A. de C.V.

11va. Ave. 113. Cumbres. Monterrey, NL (8) 333-7778, 1199

Molde: DME

## PROVEEDORES DE EQUIPO PARA MOLDEO POR ASISTENCIA DE GAS

GAIN Technologies  
Sterling Heights, MI

Cinpres Ltd.  
Staffordshire, England

External Gas Molding (EGM)  
Representada por Advanced Injection Solitions. Clinton Township, MI