

# MOLDEO POR ROTACION

Tomado de: Rotational Molding: Operating Manual.  
Quantum Chemical Corporation

## Parte II: El proceso

Traducido por: HUGO IVAN ORTIZ  
Adaptado por: GERMAN CIFUENTES

En el proceso de moldeo por rotación intervienen cinco pasos:

1. - El molde o cavidad es llenado con una cantidad predeterminada de polvo de poliolefina. Este paso es llamado "cargado del molde".

2. - Las mitades del molde son aseguradas por una serie de tornillos o fijaciones, para piezas totalmente cerradas, el molde completo debe ser fabricado de un material conductor del calor. Cuando uno o ambos extremos de la pieza son abiertos, se utilizan tapas de aislamiento térmico para cerrar el molde.

3. - El molde cargado es situado en un horno donde es calentado y rotado simultáneamente sobre dos ejes en planos perpendiculares.

4. - Durante el ciclo de calentamiento/rotación la resina se funde, se une y toma el contorno del molde usado para formar la pieza hueca.

5. - Cuando la totalidad del material se ha fundido en una capa homogénea sobre las paredes de la cavidad del molde, se usa una combinación de agua y aire en un canal de enfriamiento para refrigerar el molde lentamente, esto ayuda a conseguir, la estabilidad dimensional de la pieza.



Figura 1. Pesado de la cantidad de polvo poliolefina.



Figura 3. Rotación del molde en el canal de enfriamiento después del ciclo de horneado.



Figura 2. Llenado del molde.



Figura 4. El artículo terminado se extrae del molde.



Figura 5. Inspección del artículo terminado.

**ANALIZADO**  
INFORMADOR TECNICO

## EQUIPOS PARA MOLDEO POR ROTACION

Los equipos usados para el moldeo por rotación son relativamente simples pero tienen muchas variaciones (Figura. 6). El tipo más común de máquina para el rotomoldeo es una máquina multi-husillo o carrusel (Figura. 7). Las máquinas carrusel usualmente tienen forma de rueda.

Los husillos, que transportan cada uno un grupo de moldes o un solo molde grande, son montados en un cubo central y manejados por accionamientos motores variables. La mayoría de los carruseles pueden girar libremente en un círculo completo.

El carrusel consiste en un horno o unidad de calentamiento y una estación de enfriamiento. En muchos casos, el carrusel tiene también un canal cerrado y una estación de carga y descarga.

La máquina tipo reversible (Figura. 8) es usada con mayor frecuencia para rotomoldear partes grandes. Una carcasa para el sostenimiento de un molde es montada sobre un lecho móvil. Incorporados en el lecho están los accionamientos motores para mover los moldes en forma biaxial.

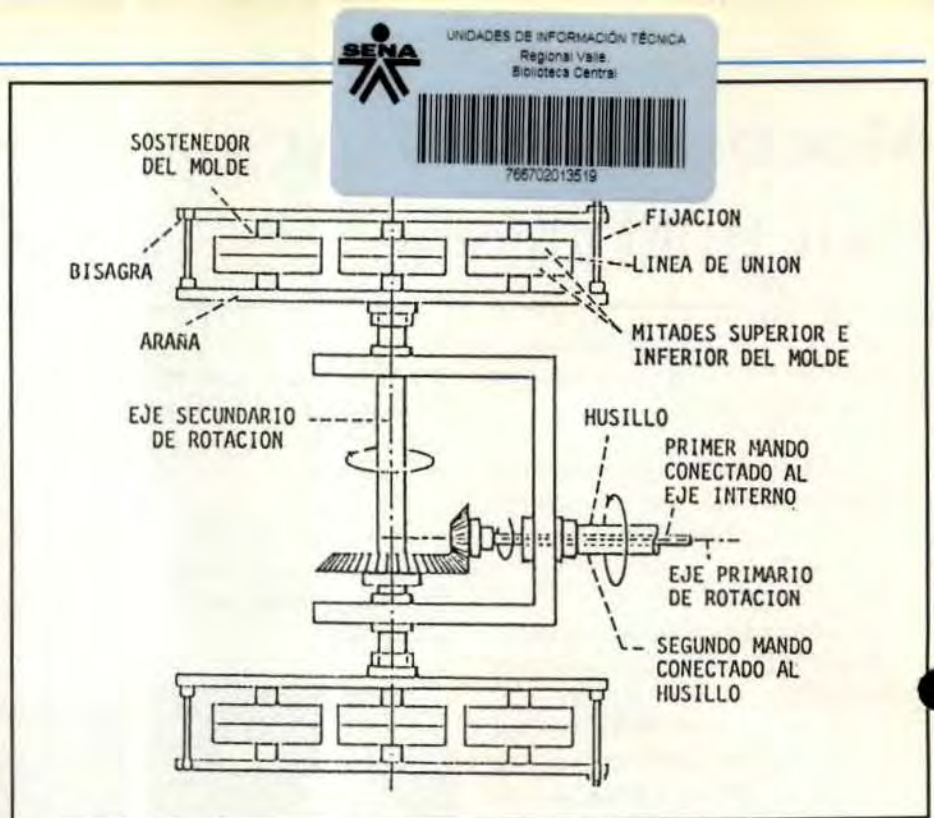


Figura 6. Esquema de un sistema usado para rotación de moldes en dos planos perpendiculares.

El lecho está sobre una pista la cual permite al molde y al lecho entrar y salir del horno. Cuando se completa el ciclo de calentamiento, el molde es trasladado a

una estación de enfriamiento no cerrada, un lecho similar con un molde es introducido luego en el horno por el extremo opuesto.

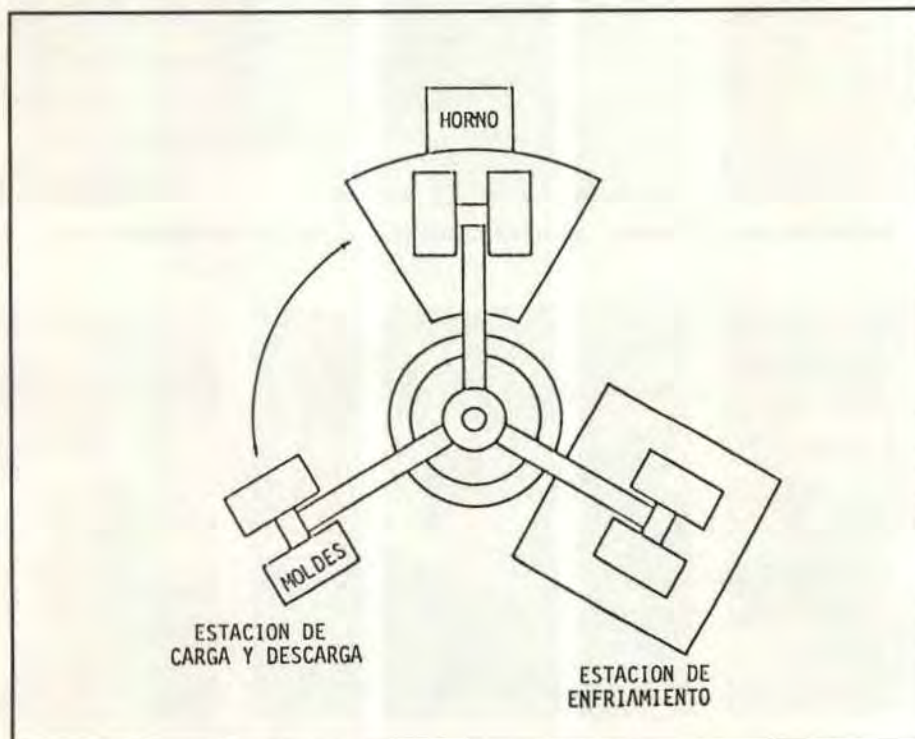


Figura 7. Máquina tipo carrusel.

Los equipos más resistentes para el moldeo por rotación existentes en el mercado, son conocidos como "cucharón" (Fig 9). Este utiliza un horno cerrado que sirve también como estación de enfriamiento. Esta máquina usa solamente un brazo y las estaciones de calentamiento, enfriamiento y carga/descarga están ubicadas en la misma localidad.

#### ESTACIONES DE CALENTAMIENTO

La mayoría de hornos para moldeo por rotación funcionan por combustión de gas natural, usando ventiladores para distribuir el calor a través del canal. Algunos hornos tienen la capacidad de ser calentados por aceite o gas propano. El gas natural es el método preferido puesto que las temperaturas normales de horneado son de 400 a 800 grados F. (270-454 grados centígrados). Los hornos deben estar bien aislados para evitar las pérdidas de calor. La fuente de calor usada más comúnmente es la convección de aire caliente, aunque también se emplean la conducción de líquido caliente y la radiación infrarroja.

#### ESTACIONES DE ENFRIAMIENTO DE MOLDES

La estación de enfriamiento necesita un sistema que envíe aire forzado para el enfriamiento inicial y un sistema con agua para conseguir el enfriamiento necesario de los moldes y las piezas. Normalmente, se utiliza sistema spray para un mejor enfriamiento.

#### ACABADO DE PIEZAS FABRICADAS POR ROTOMOLDEO

Las cargas de pigmento en el polvo de polietileno para moldeo por rotación deben ser mantenidas en un mínimo, porque los altos niveles pueden hacer que se reduzcan la resistencia al impacto, a la tracción y a la tensión del producto final.

Cualquier método apropiado de pretratamiento a la llama o electrónico, se puede usar para mejorar la adhesión de tintas y pinturas durante la impresión o pintado. Además de alguna decoración en

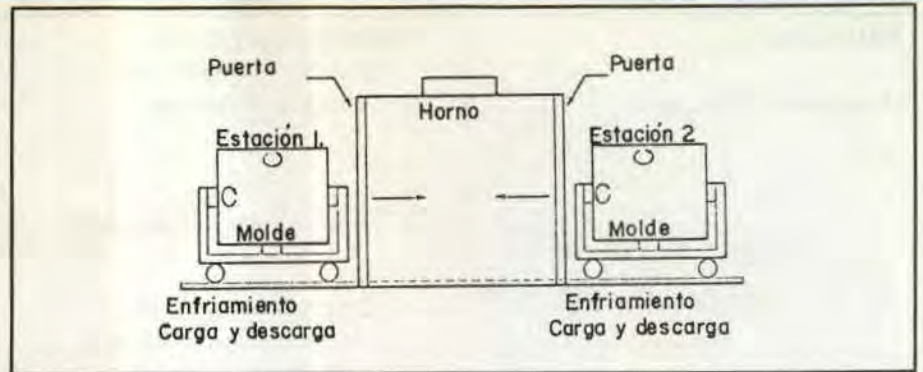


Figura 8. Máquina tipo reversible.

el producto final, el moldeo por rotación no requiere prácticamente ningún tratamiento posterior si se presentan rebabas a lo largo de la línea de unión, estas deben ser removidas aunque la rebaba en este proceso es prácticamente insignificante.

La adición de color a las piezas moldeadas por rotación se logra fácilmente. El productor de piezas rotomoldeadas puede mezclar en seco un pigmento con el polvo natural. En este proceso, es esencial una dispersión apropiada (1/4 de un porcentaje debe ser el máximo nivel usado). Otra forma de adicionar color en el proceso de moldeo por rotación es usando una resina con un color compuesto previamente. Esto permite una adición de color superior al 6%.

#### GUIA PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS

Tan simple como lo es el moldeo por rotación con polvo de poliolefina, no Durante el proceso de enfriamiento el molde debe ser rotado. La estación de enfriamiento puede o no ser cerrada.

está completamente libre de problemas. Sin embargo, la mayoría de estos problemas se pueden solucionar fácilmente con un leve ajuste en los procedimientos de operación o seleccionando un polvo de poliolefina con diferentes propiedades.

Lo que sigue es una guía para la solución de problemas - un extenso listado de problemas comunes y sus correctivos más confiables. (Ver pag 4).

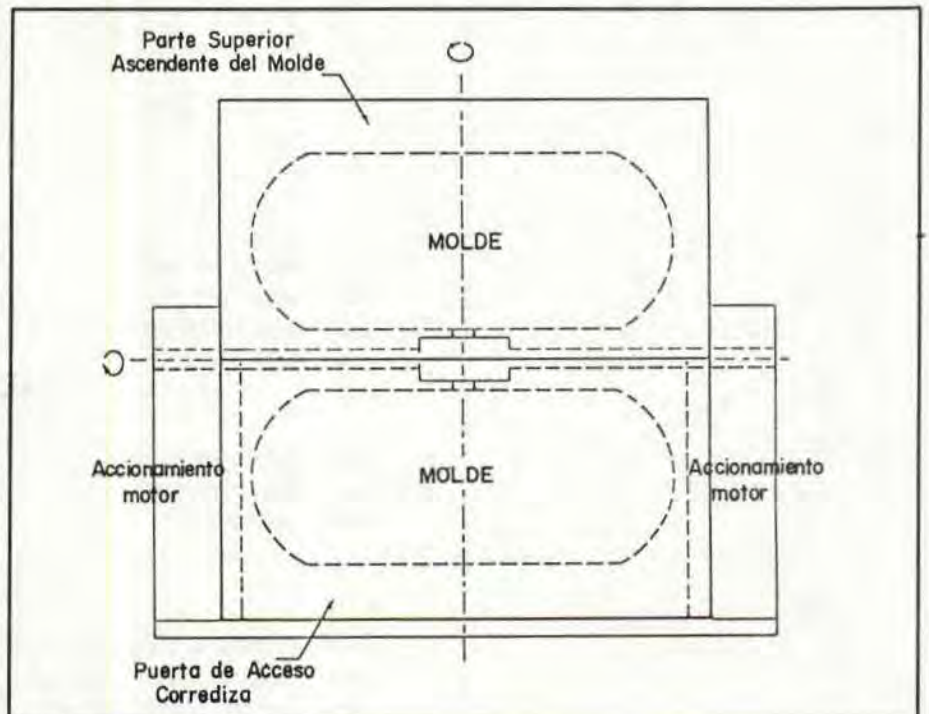


Figura 9. Máquina tipo cucharón.

<b>PROBLEMA</b>	<b>PROBABLES CAUSAS</b>	<b>CURSO DE ACCION SUGERIDO</b>
<p>Combadura de piezas</p>	<p>Ventilación inadecuada</p> <p>Enfriamiento no uniforme del molde a causa de expulsión de resina desde la pared del molde.</p> <p>Enfriamiento no uniforme causado por desigualdad en el espesor de pared de la pieza.</p> <p>Enfriamiento no uniforme causado por los paneles de protección.</p> <p>Enfriamiento desigual por causa de taponamiento de las boquillas de agua.</p>	<p>Un respiradero de 1/2" (13mm) de diámetro interno por cada yarda cúbica (metro cúbico) de volúmen del molde, es lo indicado para piezas de pared delgada.</p> <p>Girar el molde durante el ciclo de enfriamiento.</p> <p>Asegurar una ventilación adecuada y revisar que los respiraderos no estén obstruidos.</p> <p>Use menos agente de expulsión .</p> <p>Evite si es posible, los paneles grandes y planos en el diseño de la pieza.</p> <p>Reduzca la tasa de enfriamiento durante la parte inicial del ciclo de enfriamiento.</p> <p>Aumente la temperatura del medio de enfriamiento aire frío, luego agua fría .</p> <p>Aplique presión de aire a través del husillo durante el enfriamiento.</p> <p>Vea los correctivos sugeridos para uniformidad en el espesor de pared.</p> <p>Monte el molde de manera que se puedan eliminar los paneles de protección.</p> <p>Revise y limpie las boquillas periódicamente.</p>

PROBLEMA	PROBABLES CAUSAS	CURSO DE ACCION SUGERIDO
Las piezas se adhieren al molde	<p>Cantidad insuficiente de agente de expulsión, o este se ha deteriorado con el uso.</p> <p>Agente de expulsión ineficaz, o no soporta elevadas temperaturas.</p> <p>Interferencia durante la remoción de la pieza.</p>	<p>Disminuya la temperatura del horno o el ciclo de calentamiento o purgue la pieza con gas inerte (nitrógeno).</p> <p>Aumente la temperatura del horno o el ciclo total de calentamiento. Aumente la tasa de transferencia de calor usando paredes de moldes más delgadas o fabricando el molde con un material de mayor coeficiente de transferencia de calor, por ejemplo: acero, aluminio, cobre.</p> <p>Escoja un pigmento y una cantidad del mismo, que no afecte la resistencia del material.</p> <p>Use una resina apropiada que tenga punto de fusión y distribución de peso molecular adecuados para la aplicación.</p> <p>Solo use polvo y/o pigmento secos.</p> <p>Aplique nuevamente o use más agente de expulsión, debe removerse el antiguo agente de expulsión y se debe aplicar uno nuevo.</p> <p>Use un agente de expulsión del molde apropiado para la resina y temperatura usadas; aplique de acuerdo a las instrucciones del proveedor.</p> <p>Sitúe la línea de unión del molde en el sobrecorte o en los lados cónicos del molde.</p>

<b>PROBLEMA</b>	<b>PROBABLES CAUSAS</b>	<b>CURSO DE ACCION SUGERIDO</b>
Baja resistencia al impacto	<p>La selección de la resina no fue correcta.</p> <p>La densidad aumenta durante el enfriamiento lento.</p>	<p>Use una resina de menor densidad o menor punto de fusión.</p> <p>Aumente la tasa de enfriamiento para mantener más baja densidad</p>
	<p>La rugosidad y porosidad de la superficie del molde, producen áreas en las que la resina puede adherirse.</p> <p>Presencia de resina en línea de unión debido a presiones internas del molde, las cuales tienden a forzar la resina semi-fundida a través de la línea de unión.</p> <p>Formación de resina degradada en el molde, puede ser a causa de secciones de pared delgadas y quemadas.</p> <p>Encogimiento sobre grandes áreas insertadas profundamente.</p> <p>Sobrecortes en el molde.</p> <p>Bajo valor de encogimiento de la resina.</p>	<p>Dar un nuevo acabado a las superficies dañadas del molde.</p> <p>Asegure ventilación apropiada: respiradero de 1/2 pulgada (13mm) de diámetro interno por cada yarda cúbica (metro cúbico) de volumen del molde es lo indicado para piezas de pared delgada.</p> <p>Limpiar el molde periódicamente.</p> <p>Asegure conicidad adecuada en esa parte. Use un agente de extracción efectivo sobre el área de inserción.</p> <p>Remueva la pieza mientras caliente. Realice una adecuada disposición para la aplicación de fuerza para separar las mitades del molde.</p> <p>En el diseño del molde se deben situar sobrecortes en la línea de unión, de forma que el molde ofrezca fácil remoción de la pieza.</p> <p>Use una resina de más alta densidad.</p>

<b>PROBLEMA</b>	<b>PROBABLES CAUSAS</b>	<b>CURSO DE ACCION SUGERIDO</b>
<p>Punteo del polvo o no llenado de los pasajes estrechos</p>	<p>Diseño inapropiado de la pieza.</p> <p>Insuficiente fusión de la resina.</p> <p>Coloreado inadecuado.</p> <p>Diseño incorrecto del molde.</p> <p>Mala dispersión (flujo en seco) del polvo.</p> <p>El polvo no derrite o fluye apropiadamente.</p> <p>Puntos fríos en el molde.</p>	<p>Revise y altere el diseño de la pieza si es necesario, eliminando las esquinas filudas y los pasajes angostos.</p> <p>Aumente la temperatura y el tiempo de calor.</p> <p>Escoja pigmentos y proporciones de estos que no afecten la resistencia al impacto. Use compuestos pre-coloreados.</p> <p>Modifique el molde incrementando la proporción ancho/profundidad a lo largo de la abertura del molde. Diseñe las esquinas del molde con radios de curvatura más generosos. Evite rebordes con un ancho menor de 4 veces el espesor de la pared.</p> <p>Asegúrese de que el polvo tenga buena dispersión y densidad de volumen.</p> <p>Use un polvo más fino o una resina con más alto punto de fusión.</p> <p>Evite cualquier área protegida del molde. Haga una revisión de la uniformidad en el espesor de la pared.</p>
<p>Falla de la pieza a largo plazo</p>	<p>Inadecuada velocidad de rotación del molde.</p> <p>Pieza sobrecurada durante el moldeo.</p>	<p>Use proporción y localización correctas.</p> <p>Disminuya la temperatura del horno o el ciclo de calentamiento.</p>

<b>PROBLEMA</b>	<b>PROBABLES CAUSAS</b>	<b>CURSO DE ACCION SUGERIDO</b>
Desigual espesor de pared en la pieza.	Rotación no apropiada del molde.	Varíe la proporción y velocidad del molde rotativo para obtener igual cubrimiento y un número adecuado de pistas de polvo.
	<p>Fotodegradación de la pieza causada por luz ultravioleta proveniente del sol o del alumbrado interno (fluorescente).</p> <p>Ruptura por tensión debido a tensiones multiaxiales en la pieza; puede haber sido acelerada por efectos químicos, ambientales o de temperatura.</p> <p>Sistema inadecuado de resina-aditivo.</p> <p>Cambios de color debido a la oxidación.</p> <p>Colorante o mezcla no adecuado.</p>	<p>Use una resina estabilizada a la luz ultravioleta. Adicione un estabilizador ultravioleta y/o pigmentos adecuados. La mejor protección se logra con negro de humo fino, bien dispersado.</p> <p>Use polietileno resistente a la ruptura por tensión. No almacene solución para ruptura por tensión ambiental en un contenedor moldeado de polietileno de baja resistencia a la ruptura por tensión ambiental durante largos períodos de tiempo o a temperaturas elevadas. Modifique el diseño en alguna área que contenga inserciones. Examine la pieza bajo condiciones de trabajo y determine si el diseño es apropiado en los puntos de concentración de tensiones.</p> <p>El tipo de antioxidante y el aditivo. Nivel de inclusión puede ser insuficiente. Reduzca el nivel de agente extractor interno si lo ha usado.</p> <p>Reduzca el tiempo de permanencia en el horno.</p> <p>Use un colorante de buena dispersión en la resina base. Mezcle resina y pigmento en forma homogénea antes del triturado.</p>

<b>PROBLEMA</b>	<b>PROBABLES CAUSAS</b>	<b>CURSO DE ACCION SUGERIDO</b>
<p>Agujeros sopladados a través de la pieza o efecto culebrilla sobre la superficie de la pared exterior de la pieza, diferente a la linea de unión.</p>	<p>Porosidad en el molde de aluminio fundido.</p>	<p>Adquiera fundiciones de mejor calidad. Perfore por el orificio, e introduzca un pin o solde desde el interior. Rebaje desde afuera taladrando lateralmente el orificio. Remueva las piezas del molde mientras este se encuentre cálido al tacto. Esto ayuda a extraer la humedad de los poros</p>
	<p>Molde protegido.</p> <p>Espesor de pared no uniforme en el molde.</p> <p>Polvos de propiedades no adecuadas. Baja densidad volumétrica, dispersión nula, gran cantidad de pelusa, partículas con muchas tiras que forman grumos durante el moldeo.</p> <p>Concentración de aire en áreas demasiado dentadas.</p> <p>Humedad superficial del triturado criogénico (solo en el polipropileno).</p> <p>Fusión demasiado rápida.</p>	<p>Monte el molde de forma que elimine la protección.</p> <p>Sea cuidadoso en el diseño de moldes para prevenir excesivas variaciones en el espesor de las paredes del molde (los puntos delgados atraen más resinas).</p> <p>Obtenga un polvo aceptable .</p> <p>Evite las áreas demasiado dentadas en lo posible. reduzca el espesor del molde en las áreas dentadas. Abra los mangos de forma que el aire pueda fluir por los respiraderos del molde.</p> <p>Seque la resina antes del moldeo.</p> <p>Prolongue el ciclo de calentamiento y reduzca la temperatura del horno.</p>

PROBLEMA	PROBABLES CAUSAS	CURSO DE ACCION SUGERIDO
Burbujas en la línea de unión.	<p>Poros o agujeros en las soldaduras.</p> <p>Durante las primeras etapas del enfriamiento, habrá precipitación de aire en la pieza para llenar el vacío parcial resultante. Si no hay adecuada ventilación, el aire penetrará resina fundida en la línea de unión y quedará atrapado cuando solidifiquen las paredes de la pieza.</p> <p>Molde con línea de unión débil.</p>	<p>Use el electrodo y el procedimiento apropiado, solde primero la superficie interna para lograr una buena penetración.</p> <p>Ventile el molde a presión atmosférica. Reubique los orificios de ventilación hacia la mitad del molde. Use lana de vidrio en los orificios de ventilación. Use tubos de ventilación de teflón. ventile muy poco.</p> <p>Empareje la línea de unión y ajuste los dispositivos de fijación a igual presión. Limpie los bordes del molde para prevenir la separación y aplique de nuevo agente de expulsión sobre los bordes.</p>
Excesiva rebaba en la línea de unión del molde	<p>La presión interna en el molde durante el ciclo de calentamiento tiende a forzar la resina semifundida hacia afuera, a través de la línea de unión.</p>	<p>Asegure adecuada ventilación y orificios no obstruidos.</p> <p>Empareje la línea de unión y ajuste los dispositivos de fijación a igual presión.</p> <p>Limpie los bordes del molde para prevenir la separación y aplique de nuevo agentes de expulsión sobre los bordes.</p> <p>Reduzca la presión interna de aires del molde que esté empleando.</p> <p>Use una resina de menor temperatura de fusión.</p>
Prolongado ciclo de horneado.	<p>La transferencia de calor no es adecuada para fundir toda la resina, paredes del molde excesivamente gruesas.</p>	<p>Aumente la transferencia de calor usando moldes de paredes más delgadas, o usando otro material con mayor coeficiente de transferencia de calor para la fabricación del molde.</p>

<b>PROBLEMA</b>	<b>PROBABLES CAUSAS</b>	<b>CURSO DE ACCION SUGERIDO</b>
Decoloración de la superficie de la pieza.	<p>Calentamiento ineficiente.</p> <p>Baja temperatura del horno.</p> <p>Polvo de resina muy grueso.</p> <p>Bajo flujo.</p> <p>Enfriamiento prolongado.</p>	<p>Aumente la velocidad del aire sobre el molde durante el ciclo de calentamiento.</p> <p>Aumente la temperatura, calibre de nuevo los instrumentos cuando estén leyendo por encima de lo correcto.</p> <p>Use un polvo de malla más fina.</p> <p>Use una resina de mayor temperatura de fusión.</p> <p>Reduzca la proporción de tiempo de enfriamiento de aire / agua.</p> <p>Disminuya la temperatura del horno o el tiempo de calentamiento, o purgue la pieza con gas inerte. Use resina que contenga una cantidad y un tipo adecuado de antioxidante. Revise la estabilidad térmica del pigmento.</p> <p>Instale el molde en forma tal que se puedan evitar los puntos calientes.</p>
Piezas altamente sobrefundidas, asperas o con muchas burbujitas en las paredes, superficie interior polvorienta.	<p>Degradación de la resina debido a las altas temperaturas y/o ciclos de calentamiento excesivamente largos.</p> <p>Transferencia de calor no uniforme.</p> <p>Temperatura del horno no suficientemente alta para sacar las burbujas de las paredes de la pieza.</p>	<p>Aumente la temperatura del horno o el ciclo total de calentamiento.</p>

<b>PROBLEMA</b>	<b>PROBABLES CAUSAS</b>	<b>CURSO DE ACCION SUGERIDO</b>
	<p>Transferencia de calor inadecuada para fundir toda la resina.</p> <p>Polvo de resina muy grueso.</p> <p>Humedad en el molde.</p> <p>Humedad superficial proveniente de triturado criogénico (solo para el polipropileno).</p>	<p>Aumente la tasa de transferencia de calor usando moldes de paredes más delgadas o fabricando los moldes con un material de mayor coeficiente de transferencia de calor (acero, aluminio, cobre).</p> <p>Use un polvo de malla más fina.</p> <p>Reduzca la humedad operando con moldes cálidos y secados antes de cargarlos con el polvo.</p> <p>Seque la resina antes del moldeo.</p>
<p>Colores punteados y grumos de color en colores mezclados en seco.</p>	<p>Mezclado insuficiente.</p>	<p>Disperse los aglomerados de pigmento antes de mezclar. Use un mezclador de alta densidad. Si no es posible alcanzar un balance de color deseado, use un compuesto coloreado.</p>
<p>Agujeros soplados a través de la pieza alrededor de las inserciones.</p>	<p>Poco ajuste en las inserciones permitiendo que la humedad o los vapores sean atrapados al rededor de las inserciones expandiéndose y soplando agujeros en la pieza.</p> <p>Puenteo de resina a causa de dimensiones estrechas.</p>	<p>Reajuste las inserciones y rebaje para dar escape a los gases atrapados por el lado externo del molde.</p> <p>Cambie las dimensiones o la ubicación de las inserciones para permitir que el polvo fluya sin formar puentes.</p>

PROBLEMA	PROBABLES CAUSAS	CURSO DE ACCION SUGERIDO
<p>Baja rigidez de la pieza.</p>	<p>Pieza de pared muy delgada.</p> <p>Selección incorrecta de la resina.</p> <p>Diseño inadecuado de la pieza.</p> <p>Piezas sobre fundidas.</p>	<p>Agregue más polvo a la carga inicial.</p> <p>Use resina de más alta densidad.</p> <p>Revise y altere el diseño del molde si es necesario.</p> <p>Aumente la temperatura del horno o el ciclo total de calentamiento. Aumente la tasa de transferencia de calor, usando moldes de paredes más delgadas o fabricando el molde de un material de mayor coeficiente de transferencia de calor (acero, aluminio, cobre).</p>
<p>Efecto relámpago en piezas coloreadas.</p>	<p>Humedad en el pigmento.</p> <p>Formación estática.</p> <p>Pigmento molido en forma inadecuada.</p>	<p>Seque la resina antes del moldeo.</p> <p>Aplique una pequeña cantidad de aceite mineral a la resina.</p> <p>Use un pigmento a malla 100 ó pigmento pulverizado. Use compuestos coloreados previamente. ■</p>

Adaptación para el **INFORMADOR TECNICO** Por:

**Hugo Iván Ortiz**  
Traductor de Inglés  
SENA - PCAP/ASTIN

**Germán Cifuentes C.**  
Técnico en Información  
SENA - PCAP/ASTIN

**Nota:**  
Los diseñadores interesados en adquirir más información, pueden contactarse con la Association of Rotational Molders, 435 N. Michigan Ave., Chicago Illinois, 60611; (312) 644-0828.