

Procesos Industriales
Rotomoldeo
para Diseñadores Industriales
D.I. Juan Carlos Ortiz Nicolás

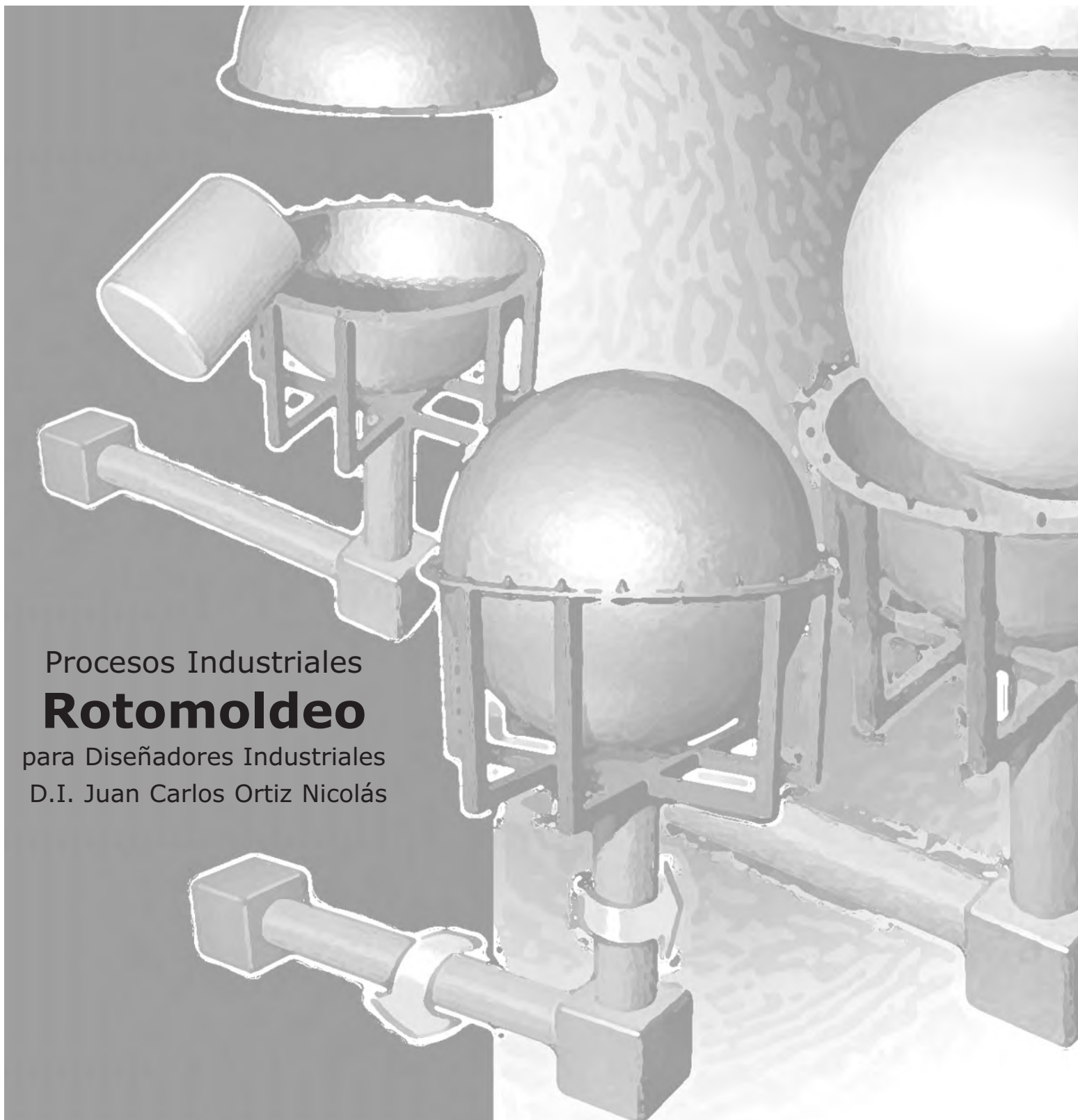
Colección cidi
Tecnología



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL 

Facultad de Arquitectura • Universidad Nacional Autónoma de México

3



Procesos Industriales
Rotomoldeo
para Diseñadores Industriales
D.I. Juan Carlos Ortiz Nicolás

Colección cidi
Tecnología

3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL 

Facultad de Arquitectura • Universidad Nacional Autónoma de México

Agradezco especialmente a Joel Pérez Fernández, quien como especialista y experto en el proceso de Moldeo Rotacional revisó, corrigió y aportó conceptos e ideas que complementaron el contenido didáctico de este manual. Además, compartió información técnica del proceso que sólo se obtiene a través de la experiencia, su apoyo durante el desarrollo de este proyecto fue absoluto y gracias a éste, el contenido de esta obra se perfeccionó.

Agradezco también a Georgina Rodríguez quien se encargó de la revisión, corrección y estilo del texto, además de facilitar información complementaria sobre los plásticos. Su colaboración para estructurar el manual, sobre todo en el diseño y selección de imágenes, fue fundamental e incondicional.

No puedo dejar de mencionar a José Luis Arriaga, Christian Balcázar, Glenn Beall, Gilberto Gutiérrez Luna, Victoria Licht, Concepción Miranda Patiño, Adriana Muñoz Díaz, José Alberto Ramos Ramos, José Luis Tinoco y Thomas Wyszynski por el apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

Dedico este trabajo a mis hermanos y por supuesto a mis padres, Marcelino y Carmen.

ÍNDICE

Rotomoldeo

1. Introducción	5	5. Moldes	33
2. Descripción del proceso	7	5.1 Componentes de los moldes	33
2.1 Ventajas del rotomoldeo	8	5.2 Moldes de aluminio fundido	34
2.2 Desventajas del rotomoldeo	9	5.3 Lámina soldada	35
2.2 Elección del proceso	9	5.4 Moldes maquinados	35
3. Materiales	11	5.5 Moldes electroformados	36
3.1 Pulverizado	11	5.6 Desmoldante	36
3.2 Polietileno (PE)	11	5.7 Selección del molde	37
3.3 Cloruro de Polivinilo (PVC)	13	6. Maquinaria	39
3.4 Polipropileno (PP)	14	6.1 Máquina de giro y vaivén (Rock and roll)	39
3.5 Poliamida	14	6.2 Máquina tipo cofre (Clamshell machine)	40
3.6 Policarbonato	14	6.3 Máquina con riel (Shuttle machine)	40
3.7 Selección de Material	16	6.4 Máquina tipo carrusel (Turret machine)	41
4. Consideraciones de diseño	19	6.5 Máquina tipo carrusel con brazos independientes (Swing machine)	41
4.1 Espesor de pared	19	7. Operaciones secundarias	43
4.2 Refuerzos perimetrales	21	7.1 Maquinado y corte	43
4.3 Radios	22	7.2 Uniones	44
4.4 Ángulos de salida	23	7.3 Decorado	44
4.5 Doble pared	24	8. Estimación de costos	45
4.6 Relieves	25	9. Estudio de diseño	50
4.7 Columnas permanentes (Kiss off)	26	10. Conclusiones	59
4.8 Columnas momentáneas (Almost kiss off)	27	11. Glosario de términos	61
4.9 Barrenos	28	12. Bibliografía	63
4.10 Insertos de metal	28		
4.11 Cuerdas	30		
4.12 Zonas sólidas	30		

"Lo que nos puede distinguir del resto de los pueblos no es la siempre dudosa originalidad de nuestro carácter -fruto quizá, de las circunstancias siempre cambiantes-, sino la de nuestras creaciones."

Octavio Paz

Rotomoldeo

1. Introducción

Los recursos del diseñador muchas veces son limitados, ya que no conoce todas las técnicas con las cuales puede realizar un proyecto determinado; aunada a esta situación, se encuentra la escasez de material bibliográfico que impide sustentarlo. Es por esta razón que se decidió realizar un manual que delimitara las bases técnicas para la generación de productos utilizando el proceso de rotomoldeo.

El moldeo rotacional o rotomoldeo surgió a mediados del siglo XX y desde entonces, ha contado con una importante intervención de ingenieros, técnicos y diseñadores para su desarrollo. Es un proceso económico, que no aplica grandes esfuerzos sobre la materia prima transformada, produce artículos huecos, sin costuras, sin esfuerzos residuales, con un espesor de pared uniforme y con amplias posibilidades de diseño de producto. Ofrece alta versatilidad en la producción y representa una opción interesante comparada con procesos similares de transformación como el moldeo por inyección, el termoformado o la inyección-soplo.

La evolución de la industria está encaminada a reemplazar productos fabricados con materiales como metal o resina con fibra de vidrio; de esta forma se obtienen productos con las ventajas del plástico: inertes químicamente, resistentes a la corrosión, tenaces, durables y livianos, características que facilitan su manipulación y transportación. El ejemplo más claro en México es la sustitución de asbesto, cemento, fibra de vidrio y lámina galvani-

zada en la producción de tinacos por polietileno procesado con la técnica del rotomoldeo, logrando excelentes resultados. Aunado a esto, el diseño de la pieza puede contemplar complicaciones imposibles de resolver utilizando otros procesos de producción. Por tal motivo pueden fabricarse productos muy complejos que eliminan el número de componentes, así, un tanque que se formaba con cuatro o cinco piezas distintas ahora es un objeto sin ensambles. Además, los parámetros de proceso pueden controlarse para producir piezas de diversos tamaños, desde máscaras o tapones para oídos, hasta carcasas para autos, con la posibilidad de incluir roscas, insertos, refuerzos, manijas, o de aplicar diversos acabados superficiales en el producto valiéndose del molde.

Hoy en día, la expansión de este proceso puede apreciarse en la diversidad de sus aplicaciones, como son: partes automotrices, juguetes, sillas de ruedas, tarimas, contenedores, etc. Estos productos han sido creados por empresas que no sólo tienen la intención de innovar, sino que además han entendido claramente que el desarrollo tecnológico puede impulsar a la industria del país, partiendo del siguiente precepto:

nuevo conocimiento = nuevas aplicaciones = nuevos mercados = nuevos ingresos = crecimiento

En el campo del diseño no existe una filosofía similar, que defina qué es lo que se quiere lograr y de qué manera se va a conseguir. ¿Cómo crear las bases que permitan generar ese crecimiento que tanta falta le hace al diseño industrial? Existen cuestiones básicas que el diseñador industrial asume inherentes a su profesión, tales como crear un producto funcional utilizando el proceso adecuado y que a la vez cumpla con los estándares ecológicos, etc., sin embargo, no hay un debate en torno al diseño, ni tampoco cooperación mutua para desarrollar nuevas vías de investigación y reflexión. La elaboración de un manual de apoyo para diseñadores industriales y toda persona interesada en el tema del rotomoldeo, es un proyecto que surge como respuesta a la problemática anteriormente expuesta y que tiene como objetivos:

- Apoyar a los estudiantes de Diseño Industrial en la sustentación de sus proyectos con conocimientos técnicos del proceso de rotomoldeo.
- Invitar a los diseñadores a experimentar con este proceso.
- Persuadir a las escuelas de diseño para que aprovechen las herramientas existentes.
- Promover este proceso entre los profesionistas de diversas disciplinas.
- Y sobre todo, establecer un debate en torno a la concepción del diseño de un producto que utilice este proceso, para generar un entorno adecuado que amplíe las oportunidades de desarrollo de los interesados en el tema.

2. Descripción del proceso

El rotomoldeo es una técnica de movimiento y cubrimiento. El movimiento se logra con una rotación bi-axial -dos brazos perpendiculares que giran sobre sus ejes- y el cubrimiento se genera con el material, que es un plástico. Al combinar estos dos factores simultáneamente en un horno, el plástico se va adhiriendo a las paredes del molde fusionándose en una masa continua que cubre uniformemente la superficie interna del molde, con lo que se obtienen piezas huecas, de alta resistencia y con formas complejas.

El rotomoldeo es un proceso simple de cuatro etapas, que utiliza un molde cerrado de paredes delgadas y alta capacidad de transferencia de calor, el cual requiere una entrada para la alimentación de la materia prima a transformar, además de garantizar la abertura suficiente para retirar la pieza moldeada.

A. Carga o llenado del molde:

Se coloca el material en un molde frío, abierto y previamente cubierto en su interior con agente desmoldante, la cantidad de material necesaria para formar la pieza es equivalente al peso deseado del producto final. La materia prima generalmente es un termoplástico en polvo, sin embargo, también pueden procesarse dispersiones de termoplásticos en solventes no volátiles y algunas resinas termoestables. Al tener la carga lista el molde es cerrado y llevado al interior de un horno para calentarlo.

B. Horneo o calentamiento del molde:

Una vez preparado el molde, se expone a altas temperaturas en un rango promedio de 260°-400°C, aunque puede aumentar o disminuir de acuerdo a las

características del objeto. Simultáneamente se rota sobre dos ejes, con la conjunción de estos dos factores el material se adhiere poco a poco a la pared interna del molde y se fusiona en una masa continua. La fusión es un proceso que une material sólido sin que éste pase a estado líquido (fundición) y luego se resolidifique; por lo tanto, las partículas de plástico utilizadas en el proceso de rotomoldeo no se funden, sino que se sinterizan en los puntos de contacto hasta formar una red tridimensional porosa.

C. Enfriamiento del molde:

Cuando todo el material plástico ha tomado la forma interna del molde, se procede a enfriarlo para que la pared formada se endurezca y el producto quede terminado con las características deseadas; durante esta etapa continúa la rotación para garantizar uniformidad en la conformación de la pieza. Como medio de enfriamiento es posible utilizar agua fría dispersada en gotas sobre la superficie del molde (enfriamiento rápido), una corriente de aire con vapor de agua condensada (menor rapidez de enfriamiento) o aire frío (enfriamiento lento).

D. Descarga o vaciado del molde:

Al estar la pieza completamente formada y enfriada se procede a retirarla del molde, con esto puede iniciarse un nuevo ciclo de producción. Esta última etapa aparentemente es muy sencilla, no obstante, puede requerir el uso de métodos de alta tecnología para retirar la pieza, lo cual es frecuente cuando el diseño del producto es muy complicado o de gran tamaño.



fig. 1 Carga de material. El molde gira sobre dos ejes durante el ciclo de horneo y enfriamiento. Se retira la pieza.

La duración de cada fase del ciclo depende de diversos factores tales como: las características del molde, la geometría y tamaño del producto, el espesor de pared, los tiempos de horneado y enfriamiento, la temperatura de horneado, etc. Estas variables se deben controlar para obtener un buen producto, sin embargo, antes de conocerlas a detalle, es necesario mencionar cuáles son las ventajas del rotomoldeo.

2.1 Ventajas del rotomoldeo

- Es posible moldear piezas de cualquier tamaño, sin embargo, a mayor tamaño del producto aumentan las ventajas del proceso. fig. 2
- Es el único proceso que puede combinar zonas huecas con zonas sólidas prácticamente en cualquier parte del producto. Esto se logra al producir la pieza utilizando dos técnicas diferentes: Moldes TRIP y el sistema MCR³.
- Pueden crearse capas de distintos materiales en el producto.
- El costo de los moldes y herramientas es relativamente bajo.
- El desperdicio de material es poco.
- Pueden producirse piezas con distinto espesor, utilizando el mismo molde.
- Pueden ahogarse insertos metálicos como partes integrales del objeto.
- Pueden obtenerse piezas con un espumado interior durante y después del proceso.
- Pueden aplicarse gráficos permanentes utilizando calcomanías que se colocan en el molde y se integran a la pieza durante el ciclo de horneado.
- Pueden diseñarse objetos de doble pared.
- Pueden crearse recubrimientos sin juntas hasta de 50 mm (2"). Este grosor permite el maquinado de dimensiones críticas que, con un recubrimiento delgado resultado de otras técnicas, no podría realizarse.
- Pueden mejorarse las características mecánicas, creando columnas internas o unión de caras en zonas específicas del producto, durante el proceso de producción.



fig. 2 Productos procesados con la técnica del rotomoldeo (SAM car, Cree Ltd.)

2.2 Desventajas del rotomoldeo

- Aunque existe gran variedad de materiales apropiados para este proceso, sólo algunos son explotados comercialmente, debido a que los plásticos requieren condiciones especiales para su transformación.
- Obtener piezas con dimensiones exactas, similares a las del proceso de moldeo por inyección es difícil.
- Las condiciones del medio ambiente pueden provocar variaciones en las dimensiones de las piezas.
- El material generalmente se compra en pellets y tiene que pulverizarse posteriormente.
- El costo de la materia prima es más alto con respecto a la materia prima utilizada por otros procesos de producción ya que se tiene que pulverizar.
- El procedimiento para extraer la pieza al terminar el ciclo es complicado, porque se utilizan cuñas que pueden dañar la parte interna del molde, que es a la vez la parte externa de la pieza.
- La duración del ciclo de horneado combinado con las altas temperaturas que se utilizan en el rotomoldeo traen consigo un riesgo de degradación química del material.

2.3 Elección del proceso

Al desarrollar un nuevo producto o realizar un rediseño, una de las cuestiones más importantes es seleccionar el material y el proceso de producción. Considerando que el producto a diseñar es una pieza hueca en plástico, existen esencialmente tres procesos con los que se puede obtener: termoformado, moldeo por extrusión-soplo y rotomoldeo. Cada uno tiene características propias, sin embargo, aquí se revisarán los puntos más importantes del proceso, imaginando que a través del análisis de selección, se eligió el rotomoldeo.

- El producto puede medir desde 50 mm, como las cabezas de muñecas, hasta 5 metros de altura. De hecho, es prácticamente imposible obtener piezas con estas dimensiones utilizando un proceso diferente.
- En general, los productos obtenidos con este proceso son huecos, sin embargo, con las tecnologías de moldes y materiales que se han desarrollado, pueden combinarse zonas sólidas. El rotomoldeo es el único proceso que permite esto.
- Una cuestión controversial es la producción, comparando el rendimiento de una máquina de rotomoldeo con una de inyección soplo, la producción de la primera es mucho menor. Con base en estos datos, podría deducirse que el rotomoldeo es ideal para producciones medianas o bajas; sin embargo, utilizar varias cavidades y máquinas permite obtener volúmenes de producción muy altos. Rotoplas, por ejemplo, fabrica 70 000 tinacos por mes, por lo que la baja producción queda en entredicho. Las dimensiones del producto son un factor determinante para definir la producción que puede obtenerse en un periodo determinado, entre más pequeño sea el producto, la producción puede ser mayor, ya que pueden fabricarse más cavidades.
- El rotomoldeo permite reducir el número de piezas y ensambles de un producto, utilizando insertos o estructuras internas de metal.
- El peso de un producto puede reducirse considerablemente al utilizar esta técnica, es por esto que ha generado grandes cambios en la industria automotriz.

Se han expuesto las principales características del rotomoldeo con el fin de conocer cuáles son sus restricciones y cualidades, y así, poder evaluar la viabilidad que tiene el producto para ser fabricado con esta técnica. Como conclusión, se presenta una tabla comparativa de los procesos que se utilizan para obtener productos huecos:

FACTOR	ROTOMOLDEO	SOPLADO	TERMOFORMADO
Costo del equipo	bajo	muy alto	alto
Costo del molde	bajo	muy alto	alto
Tiempo de ciclo	largo	corto	corto
Capacidad de producción	alto	muy alto	alto
Limitaciones de diseño	algunas	muchas	muchas
Control de espesor	bueno	pobre	bueno
Control de dimensiones	bajo	alto	bajo
Esfuerzo intrínseco	muy bajo	alto	bajo
Limitaciones del material	algunas	algunas	algunas
Factor de desecho	muy bajo	alto	alto
Tamaño del producto	muy grande	pequeño	pequeño

tabla 1 Procesos de producción

Una vez que se ha comprobado que el producto es viable para este proceso, es necesario conocer otros detalles de esta industria que nos ayudarán a definir aspectos básicos de la configuración del producto. El primer tema que se abordará será el de los materiales, teniendo como objetivo conocer sus principales características y usos. De esta manera podremos definir la materia prima que se ocupará y de este modo dar continuidad al proceso de diseño con bases sólidas.

3. Materiales

Conocer las principales características de los materiales procesados con la técnica del rotomoldeo es muy importante, pues éstos deben cubrir ciertos requerimientos. Uno de ellos es que presenten facultades para ser pulverizados. Al ser este un factor clave en esta industria, se eligió como primer punto a desarrollar.

3.1 Pulverizado

Normalmente los proveedores de la materia prima suministran los termoplásticos en forma de gránulos (pellets), presentación inapropiada para el rotomoldeo debido a que el proceso se basa en la capacidad del polímero para adquirir la forma del molde sin la aplicación de ninguna presión. El estado idóneo para garantizar excelente fluidez durante la rotación, que a su vez crea las condiciones antes descritas, es el polvo. Así mismo, durante el ciclo de horneo, la materia prima es calentada por encima de la temperatura interna del molde y para que la transmisión de calor sea rápida, es necesario generar partículas pequeñas que faciliten su circulación. Estos resultados no son posibles de alcanzar utilizando pellets, pues estos tienen un área superficial muy pequeña que provoca problemas en la transferencia de calor.

Para reducir el tamaño de los pellets se utiliza un molino que los tritura generando partículas de plástico. El tamaño ideal de la partícula es 35 mesh, esta es la medida de una malla especial por la que tiene que pasar el 95 % de la muestra del material pulverizado. Esta medida se estableció después de realizar varias pruebas en las que se utilizaron polvos de diversos tamaños. En estas pruebas se observó que polvos muy finos presentan un mayor costo de producción y pueden ocasionar un mayor consumo de material, en contraparte, el uso de partículas muy gruesas requiere temperaturas elevadas que aumentan el ciclo de horneo. Otro factor clave para asegurar un calentamiento homogéneo es la uniformidad del tamaño de la partícula, por este motivo se estableció que el 95% del material debe pasar a través de la malla.

Este breve resumen del pulverizado establece un panorama general del tema, suficiente para conocer por qué surgió y cuáles son sus principales características, indudablemente existen otras variables que intervienen para obtener un pulverizado de calidad, no obstante, definir y profundizar en otros temas que son más determinantes en el proceso de diseño, tales como los materiales, impiden mencionarlos.

El primer material que se utilizó al surgir la técnica del rotomoldeo fue el PVC, sin embargo, con el transcurso del tiempo surgieron materiales que poseían características más adecuadas para este proceso y por ende, lo desplazaron rápidamente. En la actualidad, el PE es el material más utilizado, abarcando aproximadamente el 85 % del mercado total de esta industria.

3.2 Polietileno (PE)

Este material comenzó a utilizarse en la década de los sesenta, lo que ha dado lugar a la adquisición de gran experiencia en su proceso. La familia de los PE es extensa, pero todos ellos tienen Hidrógeno y Carbón como componentes básicos; estos dos elementos pueden organizarse para producir diferentes tipos de PE con diferentes propiedades físicas y características de proceso variadas: Polietileno de baja densidad (LDPE), Polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), Polietileno de alta densidad (HDPE), Polietileno entrecruzado (XLPE) y Etileno-vinil acetato (EVA). Las principales características de los Polietilenos, entre muchas otras, son: bajo peso, resistencia a la acción de productos químicos, buena resistencia mecánica, resistencia a la torsión y tensión, excelentes propiedades dieléctricas; además de esto, cumple con las normas FDA y puede considerarse un plástico barato, si se le compara con otros polímeros que se comercializan en el mercado.

RESINA	CARACTERÍSTICAS	APLICACIÓN
LDPE	<p>Densidad en el rango de 0.91-0.925 gr / cm³ Se considera un material semicristalino Contracción estable 3 % Muy flexible Resistente al alabeo Inodoro e insípido Buena permeabilidad, presenta baja absorción de agua Buena elongación ante la aplicación de fuerzas de tensión Excelente aislante eléctrico Se recomienda utilizarlo bajo temperaturas de 60°. Los factores que determinan la temperatura máxima de uso son la carga y el tiempo de exposición Buena resistencia al impacto Resistencia a diversos productos químicos como ácidos débiles, sales, solventes inorgánicos Sin rigidez Bajo ESCR Cumple los requerimientos de la FDA</p>	<p>Contenedores de uso industrial, tolvas, tubería, etc.</p>
LLDPE	<p>Densidad en el rango de 0.92 - 0.938 gr/cm³ Traslúcido Contracción estable 3 % Flexible Resistente al alabeo Atóxico e inerte Alta permeabilidad a los gases, sin embargo, el paso de vapor de agua y humedad es mínimo Presenta baja absorción de agua Mejores características de elongación y resistencia a la tensión que el LDPE Buen aislante eléctrico Excelente resistencia al impacto Más rígido que el LDPE Temperatura de deflexión 60° C Resistente a: alcohol, gasolina, ácidos diluidos, bases, solventes inorgánicos Excelente ESCR Cumple los requerimientos de la FDA</p>	<p>Juguetes, mobiliario, contenedores, carcasas, tarimas, botes de basura, tinas, cubetas, etc.</p>
HDPE	<p>Densidad en el rango de 0.941 - 0.965 gr/cm³ Alto grado de cristalinidad, por lo que es un material opaco Contracción inestable aproximadamente 3 % A mayor densidad menor permeabilidad por lo que presenta mejores características en este aspecto que el LDPE y LLDPE Excelente rigidez, dureza y resistencia a la tensión Baja elongación Alta resistencia al impacto Excelente aislante eléctrico, sin embargo, conserva las cargas eléctricas Temperatura de deflexión en el rango de 60 a 65° C Bajo ESCR Soporta ácidos fuertes no oxidantes y bases fuertes Cumple los requerimientos de la FDA</p>	<p>Botes lecheros, ductos de aire, carcasas, contenedores, etc.</p>
XLPE	<p>Densidad en el rango de 0.91 - 1.45 gr/cm³ Se logra una estructura entrelazada similar a la de los termofijos Excelente resistencia a la deformación Excelente resistencia al impacto Se prolonga el ciclo de moldeo Resistencia a diversos químicos Excelente ESCR No cumple los requerimientos de la FDA</p>	<p>Tanques, contenedores de productos químicos.</p>
EVA	<p>Densidad en el rango de 0.92 a 0.96 gr/cm³ Flexible Excelente resistencia al impacto a baja temperatura Sin rigidez Difícil de moldear Contracción consistente Sin ESCR</p>	

tabla 2 Características de los Polietilenos

Entre las áreas de mayor aplicación y con mejores resultados se encuentran: contenedores industriales, productos para la atención médica, mobiliario, defensas y carrocerías de automóviles, juguetes, contenedores para alimentos y bebidas, casas para perros, carcasas de productos eléctricos, tanques para agua, cabinas para tractores, tanques para almacenar pesticidas y tanques para productos químicos entre otros.

Espuma de PE

Esta variante del Polietileno lleva varios años de investigación y desarrollo. Surge como una vía para generar productos con espuma interior, durante el ciclo normal del proceso. Actualmente se pueden obtener productos con espuma interna utilizando Poliuretano. La espuma de Poliuretano se inyecta a la pieza cuando está completamente moldeada. Esta acción se considera como una operación secundaria porque alarga el ciclo para obtener un producto terminado, además de que es necesario un equipo especial para aplicarla.

La ventaja de la Espuma de PE es que se forma durante la etapa de horneado de la pieza. Esto se logra colocando el PE pulverizado y la espuma de PE en pellets dentro del molde; al iniciar el ciclo de horneado, el plástico pulverizado se funde primero y forma la pared del producto, poco después reacciona la espuma y se expande por el interior del producto. De esta manera se obtiene una pieza con un espesor de pared de PE y una estructura interna de espuma, generando un ahorro de energía, material, y tiempo de producción. Al utilizar la espuma de PE no sólo se obtiene un producto muy resistente, sino que además se aprovecha como aislante térmico y acústico. Sin embargo, cuando la función de aislante térmico sea determinante es recomendable utilizar espuma de Poliuretano para obtener excelentes resultados, imposibles de lograr con espuma de PE.



fig. 3 Espuma de PE

Existen lugares específicos para manufacturar productos con este tipo de espuma, puesto que deben controlarse diversos factores durante su aplicación. A pesar de esto, su uso se está expandiendo rápidamente por todo el mundo, lo que ha propiciado el perfeccionamiento de sus características, por lo que muy pronto su aplicación será frecuente.

3.3 Cloruro de polivinilo(PVC)

Este fue el primer material que se utilizó en el roto-moldeo. Actualmente ocupa el segundo lugar en volumen de material moldeado. La resina de PVC por sí misma no es un buen material para este proceso, porque no fluye bien y se descompone durante la fusión. Con el fin de contrarrestar esta limitación se agregan plastificantes líquidos para solventar la resina, con lo que se logra una buena fluidez. Una de las ventajas que han mantenido al PVC como una buena opción para los rotomoldeadores es la fácil manipulación de sus características de rigidez y transparencia. Esto se debe a que pueden comprarse por separado los ingredientes que lo componen y elaborar una mezcla con características bien definidas y específicas para un producto determinado.

El costo de este material es relativamente bajo. Debido a que el PVC no desarrolla al máximo su rigidez sino hasta que la pieza ha sido retirada del molde, pueden moldearse detalles extremadamente finos y obtener piezas con bajorrelieves negativos. Por ejemplo, las cabezas de muñeca son extraídas a través del cuello cuando el PVC aún es muy flexible; este método de extracción, además, oculta el plano de partición del molde. El PVC no requiere un tratamiento especial para la aplicación de un pigmento y puede encontrarse en el mercado en la presentación pulverizado o líquido (Plastisol).

Una de las desventajas de este material es que resulta complicado moldearlo debido a su índice de fluidez, baja resistencia al impacto y alto índice de deflexión a altas temperaturas además de estar compuesto de muchos elementos tóxicos. Aunado a estas características, se encuentra el estancamiento de avances para mejorar las propiedades físicas y ecológicas de este material.

Las principales aplicaciones que se conocen son: ductos de aire (tanto rígidos como flexibles), máscaras flexibles para anestesia, jeringas, mobiliario inflable, muñecas, pelotas, ruedas de carros de juguete, maniqués y tuberías para la conducción de agua potable, entre otras.

3.4 Polipropileno (PP)

El Polipropileno (PP) es un material muy utilizado en diversos procesos de producción, sin embargo, su uso en la industria del rotomoldeo es relativamente nuevo. Esto se debe a características tales como su baja densidad, que complica su moldeo, además de la pérdida de gran parte de su resistencia al impacto si se le expone demasiado tiempo a altas temperaturas. Por otro lado, el PP es un plástico cristalino, característica que incide en el alargamiento del proceso, pues necesita ser expuesto a un ciclo de enfriamiento largo para garantizar la distribución adecuada de las moléculas, resultado con el cual se mantienen al máximo sus propiedades mecánicas.

El PP se emplea cuando se requiere buena resistencia a la flexión y a la temperatura. La aplicación que se le da es muy similar a la de los Polietilenos, por lo que puede afirmarse que el PP se utiliza cuando el PE no satisface los requerimientos del producto, por ejemplo, cuando se necesita una mayor resistencia a altas temperaturas. Además, el PP tiene buena resistencia a diversos químicos y buena rigidez. En contraparte, su costo es mayor que el PE, por lo que su uso está restringido a productos con cualidades específicas. Otro problema que presenta es el gran peso de los pellets de PP, puesto que complica la obtención de un tamaño uniforme al ser pulverizados. Para facilitar su procesamiento, se recomienda enfriarlos antes de ser pulverizados. Sin embargo, esto aumenta los costos de producción y el precio final de la pieza.

3.5 Poliamida (PA)

El Nylon es un material termoplástico cristalino, compuesto por una molécula de naturaleza lineal y con las fuerzas intermoleculares altas. Como resultado, es un material fuerte, con buena resistencia química y a la deformación. Al ser higroscópico, es necesario secarlo antes de procesarlo y fundirlo. De este modo se evita que la humedad absorbida se convierta en vapor y genere burbujas en las paredes del producto, que traen como consecuencia una gran pérdida de propiedades físicas.

Los tipos de Nylon que se utilizan en el rotomoldeo son: Nylon 6, 11 y 12, los cuales comparten características básicas como excelente resistencia a la temperatura a la tensión y al impacto, así como resistencia química al contacto con hidrocarburos como la gasolina. Además, al utilizar este material

pueden moldearse detalles finos, con resultados óptimos, tales como cuerdas de excelente calidad. Sin embargo, debe considerarse la rigidez del material, pues implica mayor dificultad para extraer la pieza del molde, el cual deberá tener muy buen acabado y ángulos mínimos de salida de 1.5°.

Una de las desventajas de este material es que el proceso de secado al cual debe ser sometido previamente implica gastos extras que se verán reflejados en el costo final del producto, sin olvidar que el precio de esta materia prima es muy alto y el cloro lo hace quebradizo.

Como anteriormente se señaló, el Nylon es un material cristalino, esto significa que su cadena molecular tarda más tiempo en estabilizarse adecuadamente después de fundirse. Por esta razón, el ciclo de enfriamiento de un producto manufacturado con rotomoldeo utilizando Nylon como materia prima, tiene que realizarse con lentitud, de otra manera el producto se deforma y pierde muchas características mecánicas. Hay que recordar que entre más largo es el proceso de producción, los costos aumentan considerablemente y se verán reflejados directamente en el precio final del producto. Los Nylon compiten principalmente con el Polietileno (PE) siempre que es posible; por ejemplo, cuando la aplicación requiere mayor resistencia al impacto, el Nylon es mejor opción. Algunos productos que se manufacturan con Nylon son: tanques de combustible, ductos de alta temperatura, contenedores de productos químicos, etc.

3.6 Policarbonato (PC)

El Policarbonato (PC) es un material amorfo con resistencia a altas temperaturas y alta ductibilidad. El PC es higroscópico y en muchos casos se debe secar antes de procesar, para evitar la generación de burbujas en las paredes del producto durante el proceso. El PC es un material fuerte y rígido, por lo que se recomienda tener un molde con excelente acabado interno y ángulos de salida mínimos de 2.0° que faciliten la descarga del producto.

A diferencia de otros plásticos utilizados por esta industria, el encogimiento de este material es de 0.5 a 0.8 %, lo cual permite la producción de partes dimensionalmente estables, resultado que es muy difícil lograr utilizando este proceso. La deformación del plástico y el alabeo son mínimos, mientras que la resistencia al impacto es excelente. Otra de sus características es la transparencia; el PC y el PVC son los únicos materiales con esta cualidad que pueden ser procesados con el rotomoldeo.

En contraparte, el PC no tiene buena resistencia química y su costo es muy elevado. Esto ha limitado su uso a objetos como son: lámparas, alumbrado público, contenedores de alimentos, material médico -el cual requiere ser esterilizado-, y en productos que necesitan dimensiones precisas y con mínima deformación.



fig. 4 Objetos que son moldeados con PVC: 1-Troll (Rotoplas Ltd.)
PE: 2-Think car (Nordic AS) y 3-Contenedor de ejes (Persico S.p.A)

RESINA	CARACTERÍSTICAS	APLICACIÓN
POLIETILENO	Presentan gran variedad de densidades Bajo costo Fácil de moldear Buenas propiedades físicas y mecánicas Tiene un índice de encogimiento muy alto (3%) Resistente a diversos químicos Es fácil de pulverizar Baja resistencia a altas temperaturas Menor resistencia al impacto que el PC y Nylon	Mobiliario, juguetes, tarimas, botes de basura, contenedores, botes lecheros, carcasas.
PVC	Su densidad varía de acuerdo al compuesto con el que se combine, un valor promedio es 1.35 gr./cm ³ Es un termoplástico amorfo, por lo que presenta excelente transparencia Pueden realizarse mezclas de acuerdo a las necesidades del producto Puede ser flexible o rígido Excelente fluidez Resiste a diversos químicos como: detergentes, aceites, líquidos corrosivos Se necesita equipo especial para procesarlo adecuadamente en esta industria La resistencia al impacto depende del compuesto, un PVC rígido presenta baja resistencia al impacto, en contraparte un PVC flexible puede no mostrar fractura Excelente aislante térmico En situaciones especiales se puede cumplir con la norma FDA Puede pintarse con facilidad A temperaturas de -20 °C se torna frágil	Muñecas, pelotas, máscaras, mobiliario inflable, muñecos, tubos, equipo médico, etc.
POLIPROPILENO	Densidad de 0.9 gr./cm ³ Translúcido Presenta una contracción de 1 a 2 % Excelente permeabilidad Buena resistencia a la tensión y excelente rango de elongación Excelente ESCR. Buen comportamiento al estar expuesto a altas temperaturas Baja resistencia al impacto a bajas temperaturas Resistencia a diversos químicos tales como ácidos y bases fuertes Más caro que el PE Mejor brillo y transparencia que los PE	Charolas, contenedores, equipo médico, cajas, mobiliario, juguetes, carcasas.

tabla 3 Materiales

RESINA	CARACTERÍSTICAS	APLICACIÓN
POLIPROPILENO (continuación)	<p>La temperatura de deflexión que presenta el PP bajo una carga de 4.5 Kg./cm³ es de 110° C. Entre mayor sea la carga menor la temperatura de deflexión</p> <p>Existe PP clarificado para el proceso de inyección que en el futuro podrá adaptarse al rotomoldeo</p> <p>Cumple con los requerimientos de la FDA</p> <p>El PP presenta buena resistencia al impacto a temperatura ambiente, sin embargo, se vuelve frágil a temperaturas de -10°C</p> <p>Es difícil de pulverizar</p>	
POLIAMIDA	<p>Densidad en el rango de 1.12 a 1.14 gr./cm³</p> <p>Es un termoplástico cristalino</p> <p>Presenta elevada rigidez y dureza</p> <p>Excelente resistencia al impacto</p> <p>Gran capacidad para soportar cargas dinámicas</p> <p>Su índice de fluidez lo hace difícil de moldear</p> <p>Excelente resistencia a la abrasión y al desgaste</p> <p>Buena estabilidad a la deformación térmica</p> <p>Resistencia a diversos químicos, principalmente hidrocarburos</p> <p>Es un material muy caro</p> <p>La temperatura de deflexión que presenta el Nylon 6 bajo una carga de 4.5 Kg/cm³ es de aproximadamente 150°C</p> <p>Pierde gran parte de sus características al estar expuesto a temperaturas de -100°C</p> <p>Se necesita secar antes de ser procesado</p> <p>El encogimiento es mínimo, aproximadamente 1.5 %</p>	<p>Contenedores de productos químicos, tanques, defensas de autos especiales, recipientes de uso industrial.</p>
POLICARBONATO	<p>Densidad de 1.20 gr./cm³</p> <p>Es un termoplástico amorfo</p> <p>Reúne excelentes propiedades mecánicas, térmicas y ópticas</p> <p>Excelente resistencia al exponerse a altas temperaturas</p> <p>La temperatura de deflexión bajo una carga de 4.5 Kg./cm³ es de aproximadamente 130° C</p> <p>La deformación del producto es mínima</p> <p>La estabilidad dimensional no representa problema alguno al utilizar este material</p> <p>Excelente transparencia y brillo</p> <p>El encogimiento es muy poco (0.8%)</p> <p>Es muy rígido</p> <p>Absorbe la humedad del medio ambiente</p> <p>Es muy caro</p> <p>Es atacado fácilmente por diversos químicos</p> <p>Cumple con los requerimientos de la FDA</p> <p>Es difícil de moldear y se deben considerar algunos factores especiales en el diseño del producto</p> <p>Necesita estabilizadores UV</p>	<p>Lámparas, defensas de automóviles, parabrisas, contenedores de productos médicos, carcasas para teléfonos.</p>

tabla 3 Materiales (cont.)

3.7 Selección de Material

Tras esta breve exposición de los materiales más utilizados en el rotomoldeo, se obtiene un panorama más amplio de sus principales características. Sin embargo, para obtener provecho de esta información es necesario conocer el método de selección del material a utilizar, razón por la cual a continuación se enumeran algunos factores importantes que deben analizarse para realizar la selección correcta.

Requerimientos Físicos:	Requerimientos Mecánicos:	Requerimientos generales:
Tamaño del producto	Resistencia al impacto	Definición de la producción a desarrollar
Capacidad del producto	Rigidez	Costo estimado del producto
Exactitud en las dimensiones	Deflexión	Resistencia química
Transparencia, color y acabado del producto	Temperatura de uso	Factores humanos
		Factores de reciclado
		Cumplimiento de normas, por ejemplo FDA (Food and Drug Administration)
		Requisitos tecnológicos para producir el objeto

Es muy importante conocer todos los requerimientos del producto, por esta razón se recomienda hacer una lista de las principales características que deberá poseer. El establecimiento de prioridades entre los requerimientos facilitará el proceso de selección de materia prima y de diseño. Este listado podrá utilizarse para elegir el material óptimo del producto a desarrollar, además servirá como guía y recordatorio durante el desarrollo del producto. De esta manera, se evitará la omisión o el olvido de información en cualquiera de las diferentes etapas de trabajo. En la siguiente tabla se presenta un ejemplo.

1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	
Artículo	
Uso	
2. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO	
Características físicas	
¿Es muy importante obtener dimensiones precisas?	
¿Flexible o rígido?	
¿Se requiere un plástico transparente?	
Factores de deformación y alabeo:	
Complejidad de la forma:	
Características mecánicas	
Resistencia al impacto:	
Resistencia a la tensión:	
Resistencia a la flexión:	
Resistencia química	
Contacto continuo con:	
¿Es importante el costo de la materia prima?	
Temperatura óptima de uso:	
Otras características	
¿Se utilizará como aislante térmico?	
¿Se utilizará como aislante acústico?	
Aspectos ecológicos	
3. COMPARACIÓN	
Material que se utiliza actualmente:	
Proceso de producción que se utiliza:	
Defectos y virtudes del producto similar:	
4. OBSERVACIONES	
5. MATERIAL QUE SE PROPONE	

tabla 4 Selección de materia prima

Como anteriormente se mencionó, existen muy pocos materiales que pueden utilizarse con este proceso, por lo que la selección puede ser complicada de no realizarse un análisis detallado. Por ejemplo, si se necesita un producto transparente, nuestras opciones se reducirán a dos materiales: PVC y PC, por lo que se necesitaría llevar a cabo un análisis más profundo de las características deseadas del producto que permita decidir cuál es el material más adecuado. Es aquí donde se ve reflejada la necesidad del listado mencionado en el párrafo anterior, con el fin de generar un producto que cumpla ampliamente su función.

Si este análisis enfoca el uso de un material que no puede utilizarse con este proceso, es recomendable buscar una alternativa con los especialistas en plásticos para conocer los avances en la materia y de esta manera, hacer una evaluación para decidir si se utiliza el rotomoldeo o si es mejor cambiar a otro proceso de producción. También puede consultarse al productor del material, ya que éste puede dar detalles y características específicas de su producto.

Es importante indicar que en este capítulo se mencionaron los principales materiales utilizados por esta industria, lo cual no significa que sean los únicos. Existen algunos materiales más y la gama sigue creciendo gracias a las investigaciones y pruebas que se están realizando.

La razón por la que se comenzó este manual con la selección de la materia prima, se debe a la existencia de variables de diseño entre los materiales. Cada uno tiene características específicas que deberán respetarse al diseñar el producto. Conocer el material óptimo para el producto antes de diseñarlo ofrece la oportunidad de enfocarse directamente en él y explotar al máximo sus cualidades en el proceso de diseño.

“Lo que hace al diseño tan interesante, es que los factores en su creación son tan inconsistentes y maravillosamente humanos....”

George Nelson

4. Consideraciones de diseño

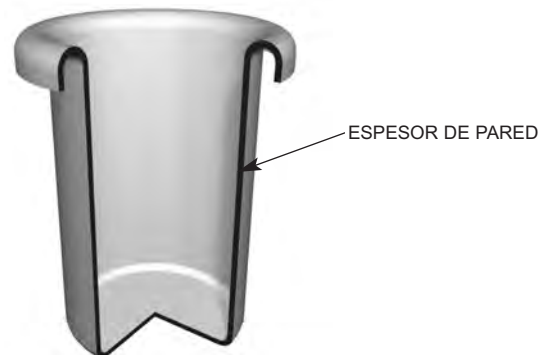
Realizar el diseño de un producto nuevo implica la integración de diversos elementos, disciplinas y pensamientos, de éstos, resaltan dos factores: el material y el proceso de producción. Estos factores deben explotarse al máximo para subordinar las condicionantes de proceso al diseño del producto. En este caso, el rotomoldeo se estableció desde el inicio como nuestra técnica de trabajo, no así el material, el cual será seleccionado de acuerdo a las necesidades a satisfacer del producto. La importancia de conocer la materia prima ideal del producto radica en que deben considerarse sus restricciones y variables en el diseño del producto y en que éstas pueden ser muy diferentes para cada plástico.

Para lograr el manejo adecuado de las propiedades de cada material es necesario reparar en cada una de las características del proceso y explicar las técnicas que se han desarrollado para esta industria. Con el fin de marcar puntos importantes se utilizarán imágenes que muestran la configuración deseada y en casos especiales se presentará una tabla con los parámetros recomendados para cada plástico.

4.1 Espesor de pared

La pieza perfecta para el rotomoldeo es la esfera, porque es un objeto que mantiene la misma distancia desde su centro a cualquiera de sus otros puntos. Así, al moldear esta geometría la distribución del material es perfecta, teniendo como resultado el mismo espesor de pared en cualquiera de sus puntos. En aspectos de diseño del molde no existiría ningún problema, ya que se podría dividir en dos partes: una estaría fija al brazo de la máquina y la otra se podría retirar para cargar y descargar las piezas. Desafortunadamente, no podemos limitarnos a esta geometría; en cambio, conocer las virtudes de la esfera nos ayudará a delimitar y generar un producto que se beneficie de los preceptos observados en la esfera, tales como el espesor de pared.

Entender el papel que desempeña el espesor de pared en el producto es básico, puede decirse que es el principal elemento de diseño, puesto que es el producto en sí mismo. Por esta razón, es importante definir el grueso del espesor, ya que esta dimensión se utiliza para precisar el resto de los aspectos de diseño. El espesor, además, influye directamente en el costo final del producto. Un espesor grueso tiene mejores características mecánicas, sin embargo, ocupa mayor cantidad de material y el tiempo de proceso aumenta; en contraparte, un espesor de pared delgado requiere menor cantidad de material y su tiempo de proceso disminuye, por lo que se genera un producto más barato. De tal manera, nuestro objetivo es utilizar espesores delgados que garanticen la función óptima de nuestro producto.



Material	Ideal mm.		Posible mm.	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Polietileno	1.50	12.70	0.50	50.80
Polipropileno	1.50	6.40	0.75	10.10
PVC	1.50	10.10	0.25	25.40
Nylon	2.50	20.30	1.50	31.75
Policarbonato	2.00	10.10	1.50	12.70

fig. y tabla 5 Espesores de pared recomendados¹

El control del espesor de pared en objetos rotomoldeados es usualmente mejor que el obtenido en piezas procesadas por soplado o termoformado, pero no tan bueno como el de piezas moldeadas por inyección. Por tal motivo, es normal que existan variaciones en el espesor de pared de productos rotomoldeados. Los principales factores que influyen en esta falta de homogeneidad son las variables tér-

¹ Beall, Glenn L. *Rotational Molding, Design, Materials, Tooling and Processing*. Ed. Hanser Publishers, Munich 1998. Página 71.

micas existentes en el horno y la cámara de enfriamiento así como las deficiencias en la velocidad rotacional de cualquiera de los dos ejes (estas velocidades son siempre diferentes entre sí).

Una virtud del proceso que ya se mencionó, es el rango tan amplio que existe para obtener diferentes espesores de pared, sin embargo, incrementarlo tiene un efecto significativo en el ciclo, por ejemplo: aumentar 0.75 mm el espesor de una pieza fabricada con Nylon requiere 2 minutos más en el ciclo de calentamiento, y entre más largo sea éste, el material puede comenzar a degradarse; adicionalmente el espesor máximo permitido está restringido por la sensibilidad térmica del polímero. Por lo tanto, es necesario estudiar los parámetros involucrados para llegar a un balance óptimo durante la producción.

Puede resultar complicado este precepto porque desconocemos cómo determinar el espesor de pared ideal. Para lograrlo, se recomienda consultar a algún especialista del área con el que se decidirá conjuntamente el valor ideal del espesor de pared. También podríamos basarnos en una fórmula ya existente, que sirve para determinar el espesor de pared en elementos cilíndricos tales como tinacos, contenedores o tanques, funciona muy bien, por lo que se muestra enseguida un ejemplo práctico:

Cálculo de espesor de pared de un tanque cilíndrico.

$$E = \frac{P \times D}{2 \text{ sd}}$$

E = Espesor de pared

P = Presión (kpa)

D = Diámetro exterior del tanque (mm)

Sd* = Esfuerzo a la presión hidrostática (Design hoop stress), el valor obtenido se mide en Kilopascales (Kpa)

*Este valor lo otorga el proveedor de la resina. En este ejemplo el material es comercializado por A. Schulman, con la marca Superlinear XL 0370.

Datos adicionales:

Diámetro del tanque = 1200 mm (ver fig. 6)

Altura del tanque = 1500 mm

Densidad del fluido que se almacenará = 1.5 Kg/l

Sd = 3619 kpa (Superlinear XL 0370 de A.Schulman)

Con los datos presentados existen dos variables: el espesor y la presión ejercida en el tanque cilíndrico. Es necesario conocer el valor de ésta última con el fin de despejar la variable principal, para hacerlo se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = S.G \times .0098 \text{ (kpa/mm H}_2\text{O)} \times H$$

S.G. = Gravedad específica del fluido.

H = Altura del tanque (mm)

$$S.G. = \frac{\text{Densidad de fluido (Kg/l)}}{\text{Densidad del agua (0.987 Kg/l)}}$$

Substituyendo:

$$P = \frac{(1.51 \text{ Kg/l} \times .0098 \text{ kpa/mm}) \times 1500 \text{ mm}}{0.987 \text{ Kg/l}} = 22.5 \text{ kpa}$$

Con el valor de la presión puede conocerse el valor correspondiente al espesor de pared:

$$E = \frac{22.5 \text{ kpa} \times 1200 \text{ mm}}{2 \times 3619 \text{ kpa}} = 3.8 \text{ mm}$$

$$E = 3.8 \text{ mm}$$

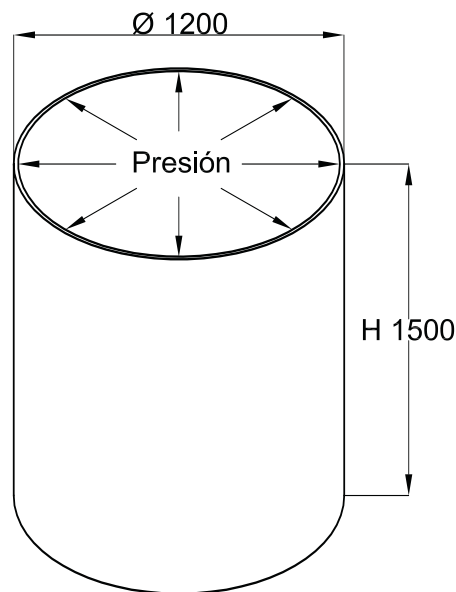


fig. 6 Contenedor cilíndrico

Otro método muy utilizado para proponer el espesor es realizar una comparación de productos similares; por ejemplo, los juguetes "Little tikes" y "Step2", tienen un espesor aproximado de 6 mm, al tener ampliamente comprobado que este espesor funciona de manera adecuada, puede proponerse su uso en productos similares. Otros objetos que manejan este espesor son: botes de basura, contenedores medianos, juguetes, tolvas, mobiliario, tanques, etc. La desventaja de esta situación radica en que el producto puede utilizar más materia prima de la necesaria.

El espesor de pared se considera uniforme en las piezas rotomoldeadas, sin embargo, no se trata de la misma uniformidad que se maneja en la inyección. Es común que en un mismo producto existan áreas con diferencias de espesor, por esta razón se establecieron tolerancias para productos comerciales. Como ejemplo, la norma que se utiliza en México y E.U. permite una variación del 20 %, por lo que un espesor de pared de 6 mm. puede medir ± 1.2 mm y seguir cumpliendo con la norma.

Puede concluirse que este es un factor polémico, ya que a pesar de ser un elemento importantísimo para el diseño de producto, el método para definirlo varía de acuerdo a la geometría, función y material empleado.

4.2 Refuerzos perimetrales

Una particularidad que se ha logrado con el roto-moldeo, es la de aprovechar la forma para mejorar el comportamiento mecánico del producto. Existen diversas técnicas para lograr esto, sin embargo, en este capítulo solo se abarcará la de los refuerzos perimetrales.

Existen básicamente dos configuraciones de productos: abiertos o cerrados, por ejemplo, un bote de basura es un producto abierto, una pelota es un producto cerrado. Los productos cerrados son estructuralmente muy estables porque son bloques compactos, en cambio, los segundos son más frágiles pues tienen una abertura. Para contrarrestar esta fragilidad se recomienda aplicar refuerzos en el perímetro de la abertura o del corte, tal como se muestra a continuación.

A. Cuello interno: Las piezas pueden moldearse completamente cerradas, para después generar la abertura, dejando una pestaña que estructure el producto. Este método puede ser muy impráctico.

B. Cuello escalonado: Es muy utilizado en productos pequeños, como cajas, y tiene un mejor desempeño que el anterior. Funciona generando un cambio de dirección de la pared.

C. Cuello curvo: Este método es excelente para aplicarlo en productos que serán sometidos a grandes esfuerzos, ya que es muy difícil deformar la media caña que se genera, además, no existen grandes problemas técnicos para moldear este perímetro, sin embargo, puede ocasionar cambios en el diseño del producto.

D. Cuello cerrado: Es el refuerzo que estructura mejor el producto, sin embargo, es más difícil obtenerlo porque se utilizan dimensiones precisas que complican la construcción del molde, por esta razón no es muy común su uso.

Un elemento clave para la distribución de los esfuerzos en los productos son los radios, en estas zonas existe la mayor variación en el espesor de pared, por lo que a continuación se mencionan los parámetros para utilizarlos adecuadamente.

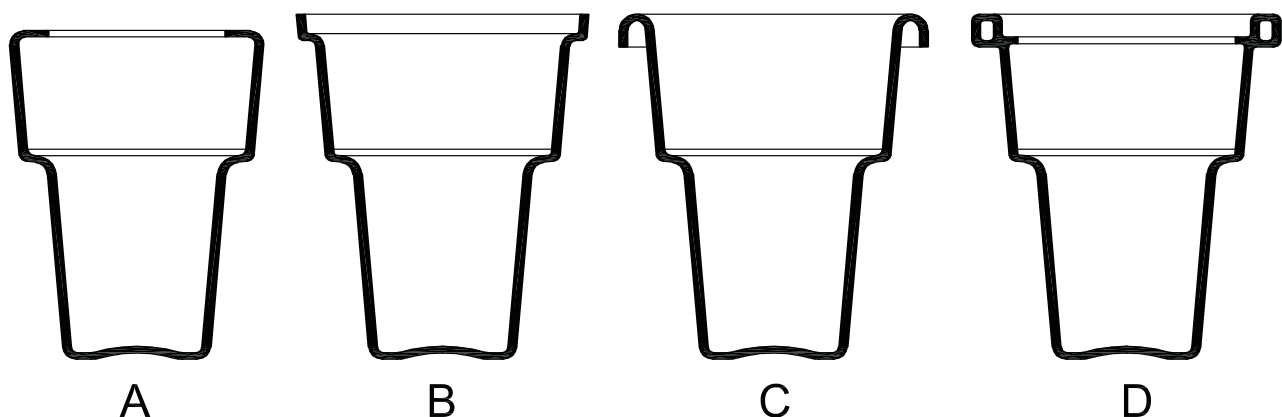


fig. 7 Cuellos de refuerzo para objetos abiertos

4.3 Radios

El rotomoldeo permite radios mínimos de 1 mm, sin embargo, los radios son un elemento que ayuda a mejorar algunas características del producto. Es más práctico utilizar radios amplios, porque el plástico se distribuye de manera uniforme y además, generan continuidad en las intersecciones, lo cual unifica el producto. Otra ventaja de los radios amplios es que si el producto estará en contacto directo con el ser humano, el riesgo de lastimar al usuario disminuye, porque desaparecen las intersecciones agudas. En contraparte, los radios muy pequeños cortan el recorrido del plástico en las intersecciones, esto provoca que el material se acumule en esa zona y al enfriarse genera esfuerzos internos que pueden deformar esa intersección.

Es necesario considerar que los radios pueden ser positivos y negativos. Los radios negativos son de forma convexa, configuración que dificulta la acumulación de plástico en esa zona por cuestiones de gravedad y movimiento del molde; para propiciar la correcta distribución del material sus dimensiones deben ser amplias, de lo contrario, el espesor será muy delgado y podría fracturarse el producto en esa zona. En contraparte, los radios positivos son de forma cóncava, configuración que facilita la acumu-

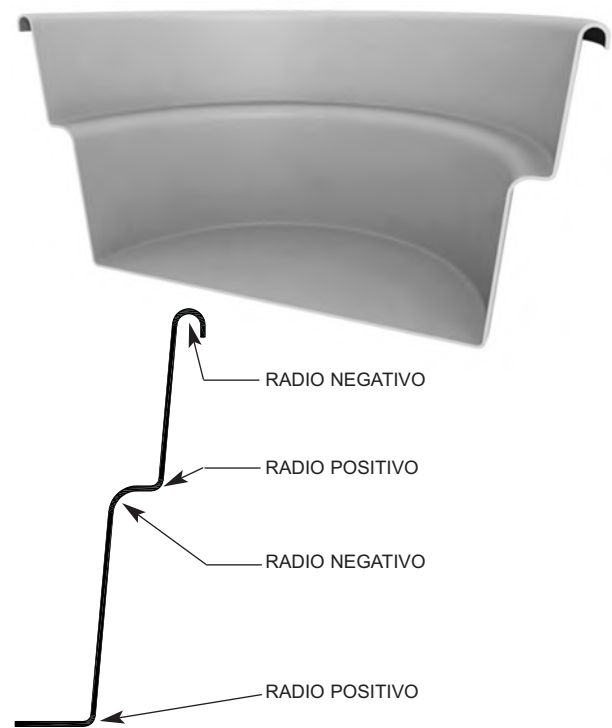


fig. 8 Radios positivos y negativos

lación de material generando espesores gruesos, por lo que los radios positivos pueden ser pequeños. Para dejar en claro el tema de radios positivos y negativos se presentan dos secciones posibles: la primera utiliza radios negativos y positivos muy pequeños, por lo que el espesor que se forma en los radios negativos es muy delgado, por el contrario, los radios positivos acumulan demasiado material, fig. 9. En la segunda opción los radios son amplios y el espesor se distribuye de manera uniforme.

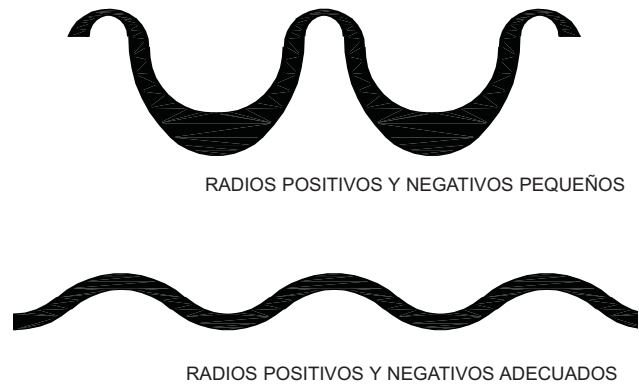


fig. 9 Radios

Finalmente, la ventaja de crear un diseño con radios grandes se refleja en la distribución uniforme del plástico que, a su vez, mejora la distribución de los esfuerzos. Para concluir este tema se presenta la siguiente tabla.

Material	Radio positivo		Radio negativo	
	Min.	Óptimo	Min.	Óptimo
Polietileno	1.50	6.35	3.20	12.70
Polipropileno	6.35	12.70	6.35	19.05
PVC	2.00	6.35	3.20	9.50
Nylon	4.75	12.70	6.35	19.05
Polycarbonato	6.35	19.05	3.20	12.70

tabla 6 Radios recomendados²

2 Beall, Glenn L. *Rotational Molding, Design, Materials, Tooling and Processing*. Ed. Hanser Publishers, Munich 1998. Página 90.

4.4 Ángulos de salida

En el rotomoldeo, pueden obtenerse piezas sin ángulos de salida, es decir perpendiculares al plano de partición del molde. Esto se logra en situaciones especiales que varían de acuerdo al plástico utilizado y al considerar algunas características del diseño tales como la altura. Un material excelente para esto es el Polietileno, debido a su alto índice de contracción (3%), lo que permite retirar la pieza sin problemas, sin embargo, para evitar complicaciones se recomienda utilizar ángulos de salida mayores a 1° , así se garantiza ampliamente la reproducción de la pieza. Es importante además visualizar la contracción del producto para aplicar de manera correcta los ángulos de salida y aprovechar esta misma contracción al remover la pieza.

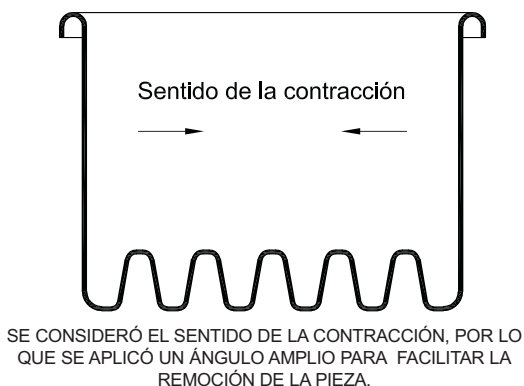
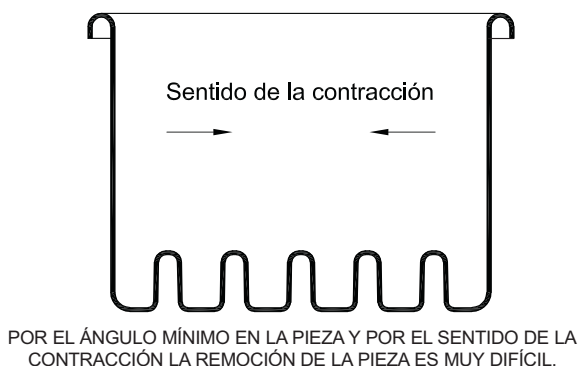


fig. 10 Ángulos de salida

Como se observó en el ejemplo anterior, es común que el molde quede en medio de las partes que se contraen, por lo que es necesario aplicar ángulos grandes que eviten complicaciones en el proceso. Los ángulos pueden ser internos o externos. Es importante distinguir unos de otros, pero para hacerlo es preciso comprender el comportamiento de contracción que tendrá la pieza. Este factor se considera exclusivamente cuando existen hendiduras

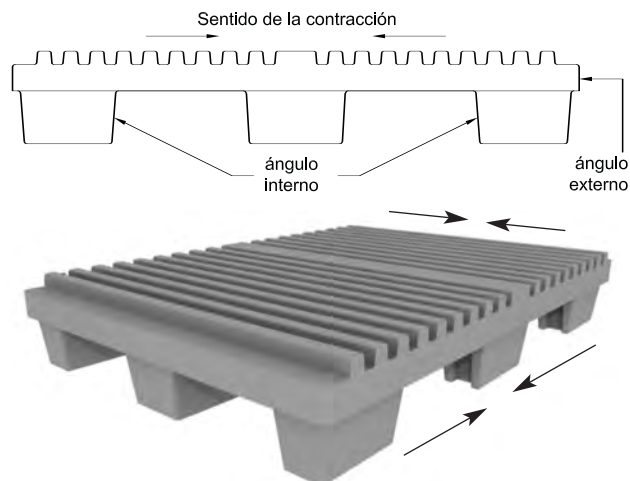


fig. 11 Ángulos internos y externos (Miraplástek S.A.)

profundas que en un momento determinado pueden sujetarse al molde, tal como se observa en los dos ejemplos anteriores y complicar la remoción de la pieza moldeada.

Material	Ángulos interiores		Ángulos exteriores	
	Min.	Óptimo	Min.	Óptimo
Polietileno	1.0°	2.0°	0.0°	1.0°
Polipropileno	1.5°	3.0°	1.0°	1.5°
PVC	1.0°	3.0°	0.0°	1.5°
Nylon	1.5°	3.0°	1.0°	1.5°
Policarbonato	2.0°	4.0°	1.5°	2.0°

tabla 7 Ángulos interiores y exteriores recomendados.³

En algunas situaciones, puede resultar necesario la aplicación de ángulos agudos en el producto. Estos ángulos se obtienen generando un radio amplio en la intersección de las paredes que se unen, con esta configuración el plástico fluye sin complicaciones. Además, es necesario respetar las recomendaciones de la siguiente tabla.

Material	Ángulos agudos	
	Min.	Óptimo
Polietileno	30°	45°
Polipropileno	30°	45°
PVC	30°	45°
Nylon	20°	30°
Policarbonato	30°	45°

tabla 8 Ángulos agudos recomendados

³ Beall, Glenn L. **Rotational Molding, Design, Materials, Tooling and Processing**. Ed. Hanser Publishers, Munich 1998. Página 92.

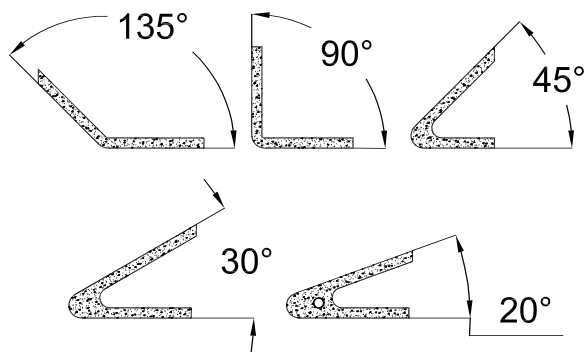


fig. 12 Comportamiento del plástico en intersecciones

4.5 Doble pared

Esta técnica se desarrolló para generar productos muy resistentes, que basan esta propiedad en el hecho de ser productos cerrados y de este modo, muy difíciles de fragmentar. Se denomina así a esta técnica porque el plástico realiza un recorrido de ida y vuelta a una distancia específica que crea una pared compacta. Para obtener esta pared se debe respetar la ley de los espesores, que establece la dimensión permitida para formarla adecuadamente. Así, la distancia mínima que se admite es 3 veces el espesor de pared nominal y la óptima 5 veces ese espesor. Por ejemplo, si el espesor del producto es 4 mm., entonces la distancia mínima entre caras será de 12 mm., mientras que la distancia óptima será de 20 mm.

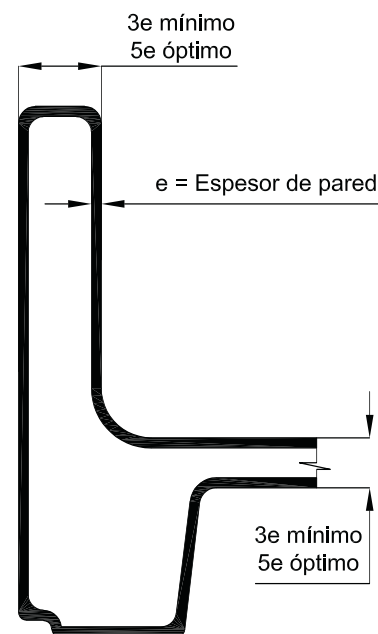
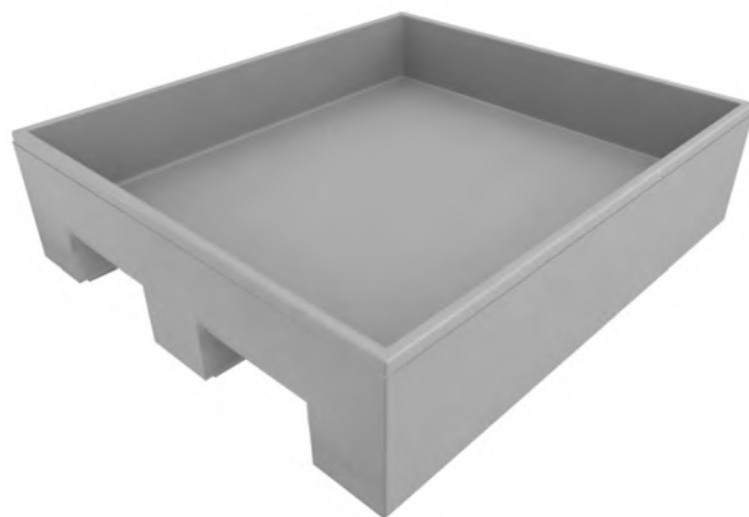


fig. 13 Especificaciones para utilizar doble pared en el rotomoldeo (Miraplástek S.A. de C.V.)

Si esta ley no se observa el producto no se forma adecuadamente, pues una vez que el plástico alcanza su punto de fusión, comienza a adherirse a las caras del molde formando el espesor de pared; sin embargo, para conseguir esto es necesario generar un espacio que permita el paso del plástico por todo el molde y así cubrirlo completamente. Utilizar una distancia menor a la mínima recomendada ocasiona que las paredes que se van formando queden unidas, obstruyendo el recorrido del plástico en la zona, y trayendo como consecuencia la formación de agujeros en la pieza.

Utilizar correctamente la doble pared en un producto ayuda a reducir su espesor, ya que generamos un objeto cerrado. Además puede complementarse utilizando otras técnicas como: columnas permanentes y momentáneas, relieves estructurales, etc. El uso de esta técnica debe estar completamente justificado, de lo contrario, podría generarse un producto sobrado y costoso. Por último, se mencionan algunos productos que aprovechan esta técnica: tarimas, contenedores de uso rudo, volquetes, juguetes, muebles, etc.

4 .6 Relieves

Como se ha observado hasta el momento, el roto-moldeo se caracteriza por su alta flexibilidad en el diseño de la pieza, sin embargo, es necesario mencionar sus limitaciones más importantes: las secciones planas y largas, las cuales deben evitarse ya que tienden a pandearse cuando el producto formado es extraído del molde. Es recomendable diseñar en esa zona un refuerzo estructural.

Una manera clásica de hacerlo es aplicar secciones en forma de "U" en las paredes del producto y así evitar su deformación al ser expuesto a grandes esfuerzos. Las recomendaciones para el diseño de estos relieves son básicamente dos: la primera es considerar el sentido del plano de partición del

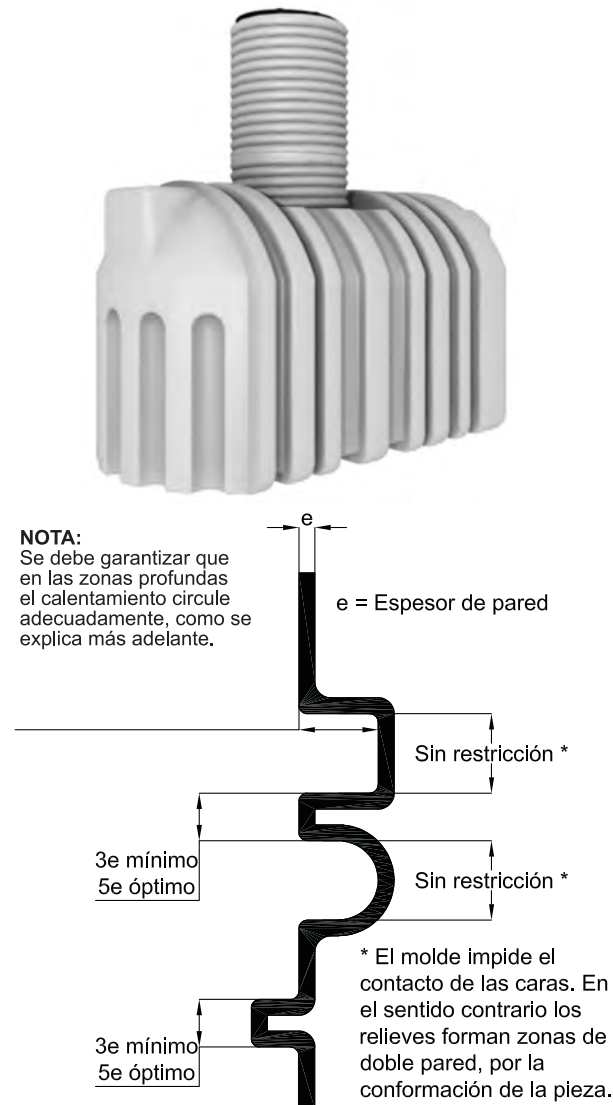


fig. 14 Refuerzos de diversas formas y dimensiones recomendadas (Miraplástek S.A. de C.V.)

molde para evitar relieves negativos que impidan la remoción de la pieza formada; la segunda es respetar la ley de los espesores en zonas estrechas. El funcionamiento de los relieves depende de su profundidad: entre más grande sea, se obtendrán mejores resultados.

Sin embargo, un producto puede carecer de relieves y funcionar perfectamente. Este resultado puede notarse en productos que presentan dobles curvaturas, radios amplios y zonas planas pequeñas. Por esta razón, es primordial que el diseñador determine el uso de relieves de acuerdo a las características del producto.

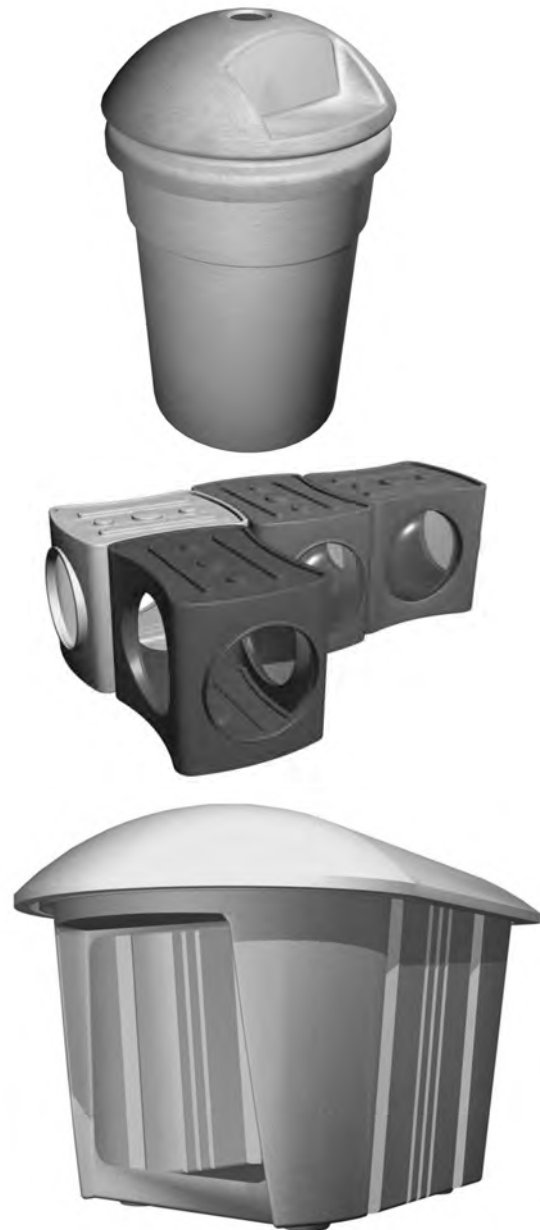


fig. 15 Relieves que mejoran la estructura del producto (Miraplástek S.A. de C.V.)

Una manera efectiva para decidir la forma y el sentido del relieve es visualizar cómo pueden presentarse las deformaciones de proceso y de acuerdo a esto, generar relieves contrarios para disminuirlas.

4.7 Columnas permanentes (Kiss off)

Un recurso para reforzar zonas que están sometidas a grandes esfuerzos son las columnas internas, las cuales sirven para distribuir las cargas de manera equilibrada. Para crearlas es necesario delimitar la zona que estará sometida a los mayores esfuerzos y de acuerdo a esta información, definir su forma y ubicación. Las columnas se forman durante el proceso, uniendo la cara superior e inferior en un punto determinado. Por esta razón, el uso de esta técnica está asociada necesariamente a los productos con doble pared.

Las formas más utilizadas para crear estos refuerzos son cónicas o trapezoidales, aunque pueden adoptar cualquier configuración respetando sus variables. Para crear una columna permanente, debe haber una distancia entre las caras superior e inferior de 1.75 veces el espesor. Además, la zona de unión no deberá ser muy grande, pues el espacio que existe para la formación de la pared es mínimo. Utilizar

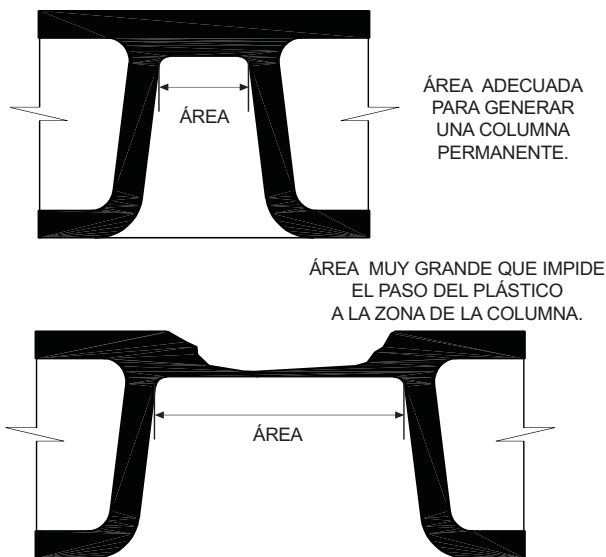


fig. 16 Columnas permanentes

áreas muy grandes puede bloquear el paso del plástico, generando huecos y malformaciones en la pieza.

En los soportes cónicos, el círculo superior deberá tener un diámetro máximo de 25 mm. La altura recomendada es de 50 mm. y el diámetro en la base deberá ser amplio considerando que entre más grande sea éste, el calor podrá circular más fácilmente en la zona de la columna garantizando así un calentamiento uniforme.

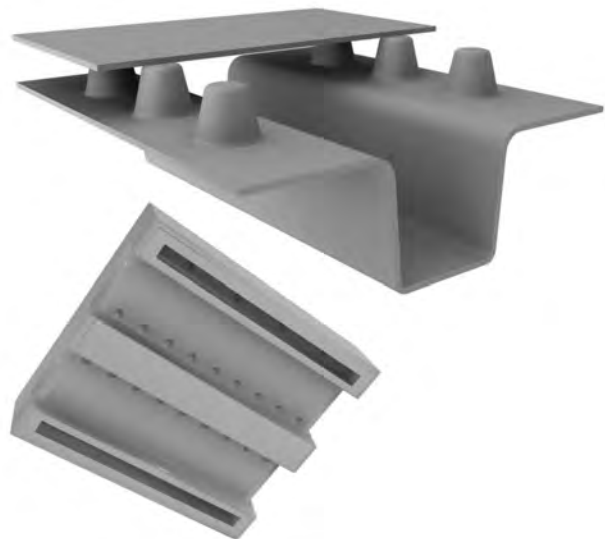
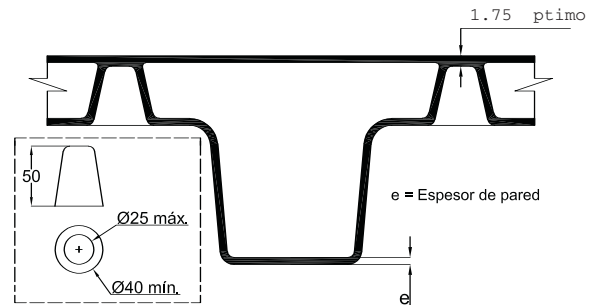


fig. 17 Dimensiones comunes para obtener un soporte cónico

En los soportes de forma trapezoidal hay dos elementos a respetar: el ancho del área de contacto y la altura. La primera dimensión no deberá exceder los 25 mm, pues una medida mayor podría obstruir el paso del plástico. En cuanto a la altura, se recomienda que sea menor de 50 mm con el fin de facilitar la circulación de calor. La longitud puede tener dimensiones grandes (100, 200, 300 mm) ya que el plástico puede deslizarse sin problemas por las zonas laterales, fig. 18. Lo más importante en una columna es garantizar que el plástico cubra completamente toda su área, especialmente la zona de contacto: una altura pequeña combinada con una base extensa facilita el paso de aire caliente y por lo tanto, la formación adecuada de la pared del producto.

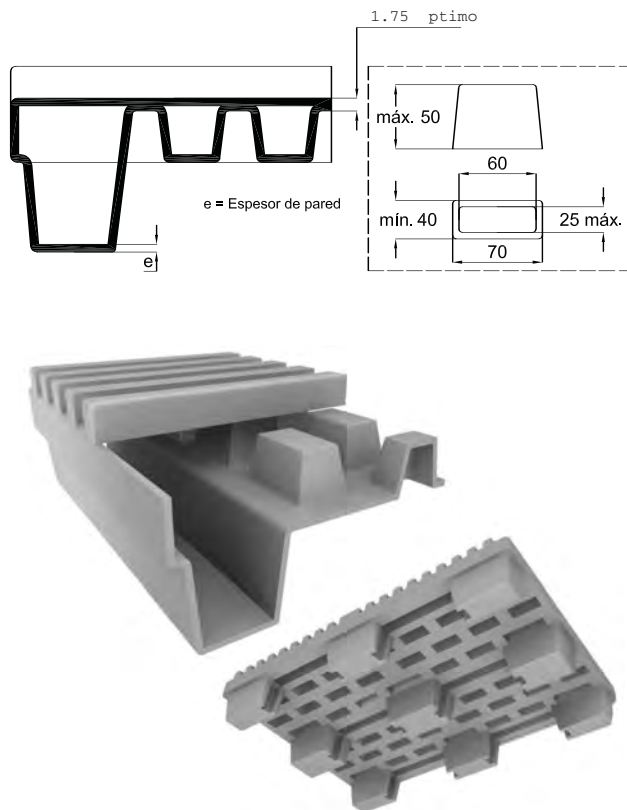


fig. 18 Detalle de soporte trapezoidal

Como se mencionó anteriormente, generar columnas de diversas configuraciones es factible considerando los datos de la figura 19.

El uso de las columnas se observa en tarimas de uso rudo, asientos, bancas, automóviles, volquetes, etc.

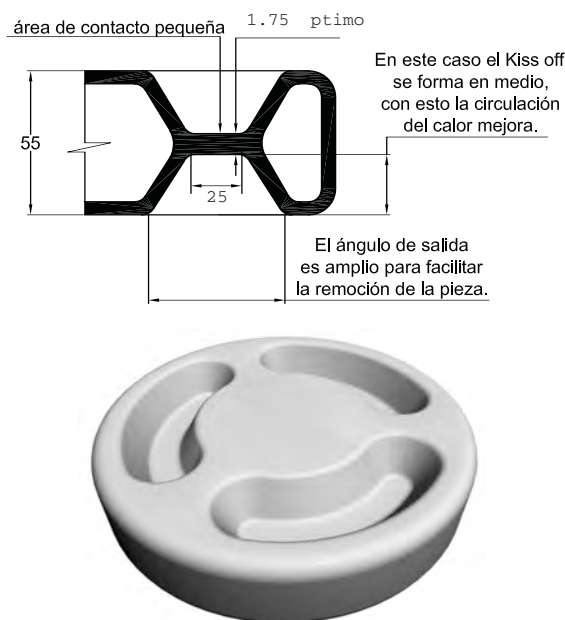


fig. 19 Otra configuración para obtener soportes alternos

4.8 Columnas momentáneas (Almost kiss off)

Uno de los problemas de las columnas permanentes, al estar expuestas a grandes esfuerzos, es la acumulación de estrés en el punto de contacto, esto puede ocasionar su falla. Para evitarlo, se desarrolló la técnica de columnas momentáneas, que mantiene la idea básica de crear un soporte, sin embargo, en éstas la cara superior e inferior no están soldadas como en las columnas permanentes, sino que se forman exclusivamente al usar el producto. Para conseguirlo, se crean relieves en la cara inferior, con una separación entre caras igual a 3 veces el espesor de pared. Así, cuando el producto está en uso la cara superior cede hasta tocar los relieves formando una columna natural. Al liberar dichas cargas del producto, el plástico recupera su estado original, eliminando el estrés generado.

Las observaciones que se dan para utilizar esta técnica son: respetar la ley de los espesores y garantizar la uniformidad del calor en la zona del relieve que formará la columna. La forma de dicho relieve puede adoptar cualquier geometría, recordando que la idea principal es generar columnas durante el uso del producto.

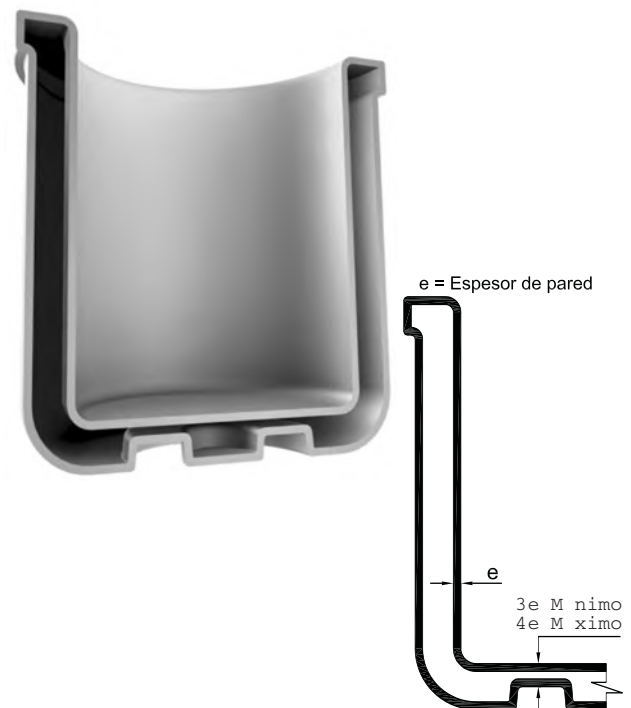


fig. 20 Detalle de una columna momentánea

4.9 Barrenos

Los barrenos que se obtienen con el rotomoldeo presentan características especiales. Éstos pueden atravesar el objeto o simplemente formarse en alguna de las caras, también pueden obtenerse directamente del proceso o maquinarlos utilizando herramientas comunes para este fin.

La técnica más utilizada para generarlos durante el proceso se vale de las paredes del objeto, esto mejora la estructura del producto, ya que se forman columnas internas. Sus principales defectos son la inexactitud en sus dimensiones y la dificultad de desmoldeo por el efecto de contracción.

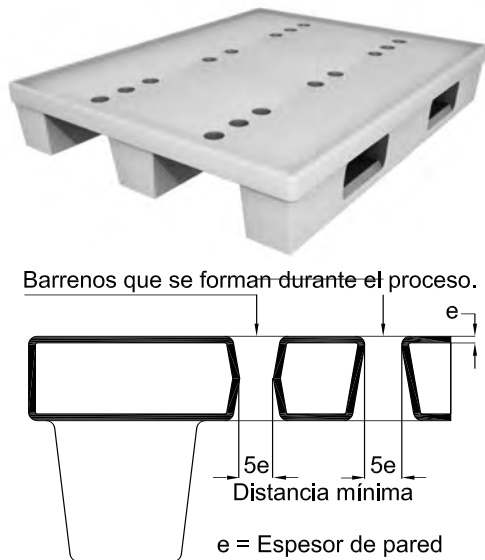


fig. 21 Barrenos que se pueden moldear durante el proceso de producción

En situaciones especiales es necesario crear un barreno interior, largo y estrecho, para obtenerlo es inevitable instalar en el molde un sistema de calentamiento particular para esa zona y así garantizar su formación durante el proceso de producción. Otro método para formar barrenos es crear tubos con el plástico, para después cortarles una sección y de este modo obtener un barreno con un diámetro exterior determinado. fig. 22

La principal desventaja de generar los barrenos durante el proceso es la variación de dimensiones que existe, principalmente por el fenómeno de contracción. Por esta razón, si resulta necesario crear un barreno con dimensiones muy precisas, es recomendable utilizar el router o el taladro y maquinarlo con una operación secundaria, de esta

manera, la obtención de dimensiones exactas dejará de ser problema. Para facilitar esta acción se puede ubicar el centro del barreno en el molde con un punto, que se estampará en el plástico y servirá de guía para barrenar la pieza, aunque también es posible utilizar una plantilla. En el primer caso se deberá realizar el cálculo exacto de la contracción.

Finalmente se presenta una imagen con las dimensiones recomendadas para la generación de barrenos.

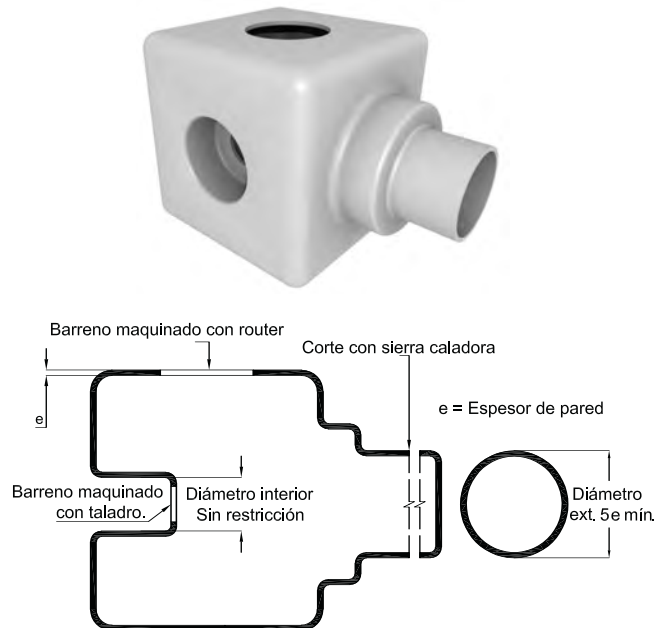


fig. 22 Barrenos que se generan después de obtener la pieza

4.10 Insertos de metal

Una de las particularidades del rotomoldeo es el uso de insertos, partes integradas de metal al plástico. Dicha integración se genera durante el moldeo de la pieza. Los insertos pueden ser de dos tipos: estructurales, que se incrustan al producto y ayudan a mejorar su funcionamiento mecánico o insertos ciegos, tuercas especiales integradas al plástico que sirven para fijar diversos elementos (asas, accesorios, etc.). A estos últimos se les conoce así porque sólo son visibles de un lado ya que durante el proceso, el plástico cubre al inserto sellando su lado más alejado del molde.

Existen ciertos aspectos que deben considerarse para aplicar cualquier inserto, tales como:

- La selección del material adecuado para el inserto, esto es fundamental, pues éste deberá ser químicamente compatible con el plástico a utilizar, además de resistir altas temperaturas.

■ El aseguramiento firme de los insertos al molde y su posición inamovible para garantizar su buen funcionamiento, de lo contrario, la pieza insertada puede moverse y ser cubierta completamente por el plástico, con lo que se obtendría un producto deficiente.

Características determinantes para aplicar un inserto ciego:

■ Evitar el uso de insertos de gran tamaño, porque pueden provocar agrietamientos y fracturas en el plástico cuando éste se comienza a enfriar y contraer. Además, respetar las dimensiones mínimas que se muestran en la figura 23, de lo contrario, se obtendrán deformaciones en la zona de los insertos.

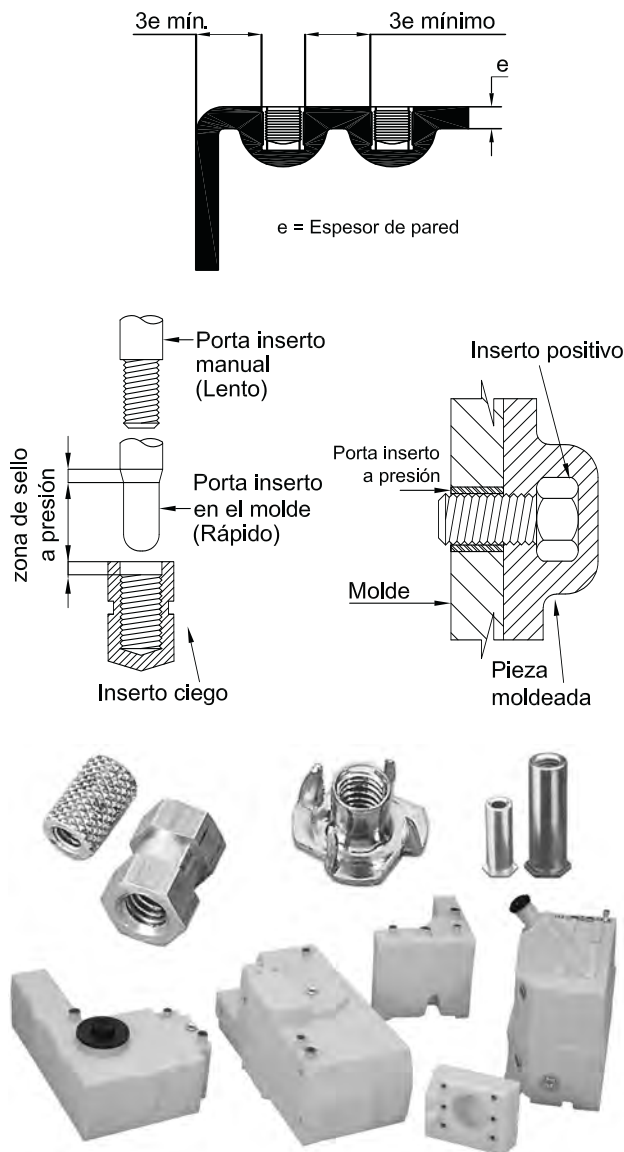


fig. 23 Insertos ciegos (Ameri-Kart Corp.)

Aspectos básicos para utilizar un inserto estructural:

■ Para usar este tipo de elemento es necesario determinar cómo se fijará la estructura de metal al molde. Actualmente existen tuercas especiales que se sueldan a la estructura, éstas sirven para fijarla y ubicarla en el molde, además, establecen la separación precisa que debe existir entre el molde y la estructura, para que el plástico fluya sin complicaciones.

■ Es muy importante definir la forma de la estructura y sus puntos de sujeción para establecer zonas de unión muy precisas en el molde. Estas zonas no deben de ser muy anchas, ya que podrían obstruir la circulación del plástico entre la estructura y el molde, lo que ocasionaría la exposición de la estructura al entorno, situación que debe evitarse invariablemente. Una excelente solución para evitar este problema es utilizar tubos de sección circular con los cuales se consigue que sólo un cuadrante esté en contacto con el plástico, por lo que no existe riesgo de obstrucción. La unión entre metal y plástico es excelente con este método porque el plástico cubre las tuercas que fijan a la estructura, con lo que se obtiene el anclaje total.

■ La distancia que se mantendrá entre la estructura y el molde será la equivalente a 1.75 veces el espesor de pared de la pieza. Puede observarse que el principio es muy similar a la generación de una columna permanente.

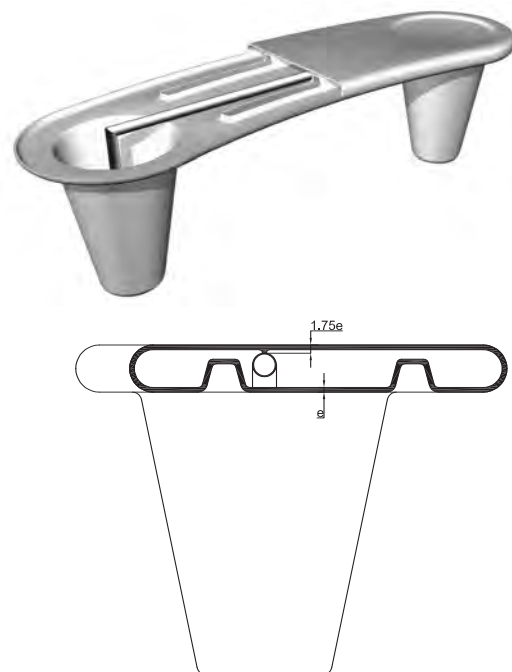


fig. 24 Dimensiones para colocar una estructura interna

El uso de los insertos ciegos se ha extendido y es común verlos en diversos productos tales como: tanques de gasolina, mobiliario, botes, etc. Las estructuras de metal se utilizan básicamente en tarimas que están sometidas a grandes esfuerzos.

4.11 Cuerdas

Con el moldeo rotacional pueden obtenerse productos con cuerdas integradas. Para hacerlo se utiliza una pieza especial, manufacturada con las características de la cuerda deseada, que se coloca en el molde, de tal modo que el plástico reproduzca esa misma forma. Las cuerdas recomendadas son las de avance rápido, ya que son más resistentes y pueden reproducirse fácilmente. También pueden moldearse cuerdas estándar, sin embargo, su calidad y resistencia no son muy buenas. Para obtener cualquier cuerda debe considerarse el encogimiento del plástico, pues esto modifica la distancia entre hilos.

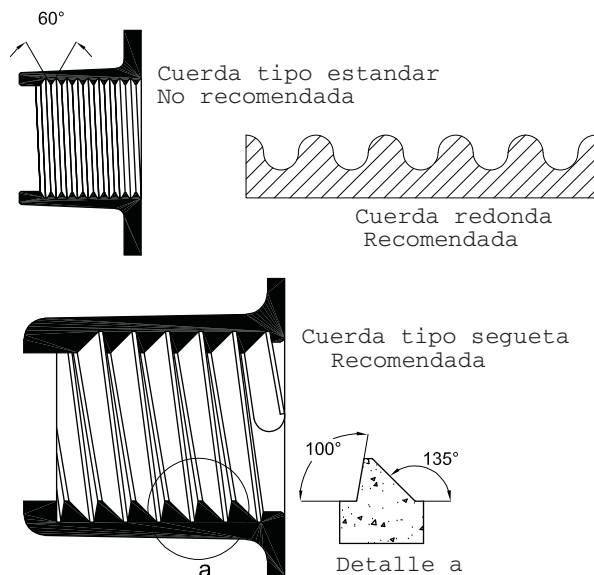


fig. 25 Cuerdas

El material óptimo para obtener cuerdas dimensionalmente estables y de mayor duración es el Nylon, gracias a sus características naturales, sin embargo, el Polietileno se utiliza regularmente.



fig. 26 Cuerdas de Polietileno

Otro método para obtener cuerdas es maquinaslas directamente en el plástico, de esta forma la cuerda será de buena calidad y con dimensiones precisas. Para lograrlo es necesario tener la pieza completamente moldeada, razón por la que el tiempo de producción y los costos aumentan.

4.12 Zonas sólidas

Una característica que sólo puede lograrse con el rotomoldeo es la obtención de partes sólidas y huecas en un mismo producto, sin necesidad de combinar procesos de producción o realizar operaciones secundarias complicadas. Para conseguir esto, dos métodos han sido desarrollados: los moldes TRIP y el compuesto tridimensional para rotomoldeo, RMC³, por sus siglas en inglés (Three Dimensional Rotomolding Compound), que se explicará a continuación.

RMC³

El compuesto desarrollado por Molding Graphic Systems comienza a revolucionar la industria. Este compuesto es muy similar en cuanto a su maleabilidad a la plastilina, gracias a esto puede manipularse sin problemas. La base del RMC³ es el Polietileno, su aplicación se explica enseguida.

Primero se coloca el material en el área del producto que será sólida, evitando la formación de burbujas internas y exceso de material; a continuación, el PE pulverizado es cargado en el molde y comienza el ciclo normal. El RMC³ no se funde, por lo que mantiene su posición en el molde y reacciona con el calor solidificándose. Al mismo tiempo, el PE pulverizado cumple su ciclo normal y al encontrarse en estado de fusión se suelda al compuesto sólido, combinando zonas sólidas y huecas. Puede decirse que con la aparición de este producto la ley de los espesores mínimos entre paredes ha dejado de ser un factor limitante para los diseñadores.

Las pruebas a las que se ha expuesto este compuesto demuestran excelente resistencia al impacto, excepto en la zona de unión entre el PE pulverizado y la plastilina; esta unión puede fracturarse en situaciones extremas, porque no se ha desarrollado un ensamble completo.

Aplicaciones hay muchas: columnas sólidas, cuerdas de mejor calidad y sin poros, refuerzos en los productos similares a los utilizados por la inyección, etc. Con esta técnica pueden obtenerse piezas muy complejas y a un costo razonable. Para adquirir este producto es necesario contactar a cualquier proveedor de Molding Graphic Systems.

Moldes TRIP

El otro método para obtener piezas que combinan partes sólidas y huecas, son los moldes TRIP (Transfer Rotational Injection Process), que cuentan con mecanismos que se activan inmediatamente después del ciclo de horneado en zonas predefinidas para unir caras y de esta forma, generar zonas sólidas.

Como en todos los procesos, para generar el molde es necesario tener el diseño final del producto. En este caso, la importancia radica en que a partir de la delimitación de las áreas sólidas (si es que las hay) se definen los mecanismos en el molde y se manufacturan. Una vez construido éste, comienza el procedimiento de producción del rotomoldeo, pero en esta ocasión es necesaria una acción complementaria. Tras haberse formado las paredes del producto cubriendo el molde los mecanismos se activan empujando las paredes de las áreas establecidas hasta unir las y soldarlas, obteniendo así una pieza que combina partes huecas y sólidas.

Al utilizar plástico pulverizado en todo el producto, no existe riesgo de fractura en la zona sólida como lo hay con la técnica RMC³. La inversión que se realiza es únicamente en el molde, que resulta más caro

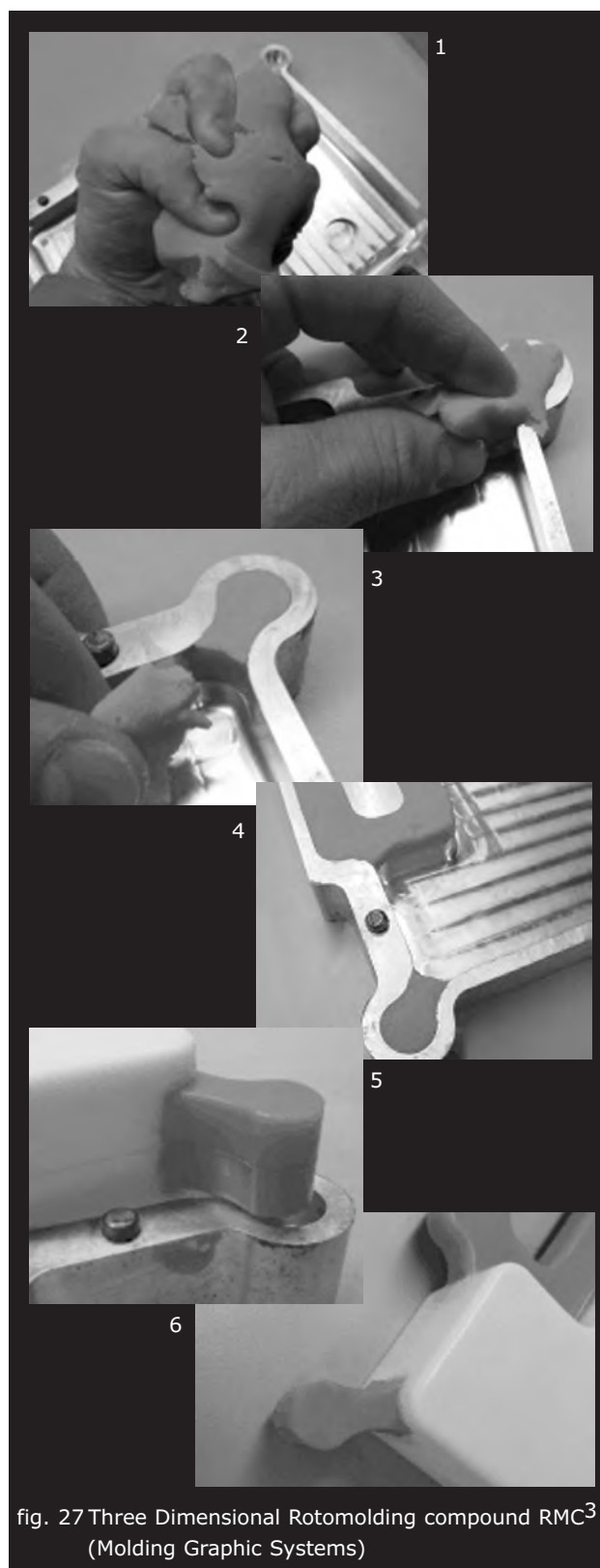
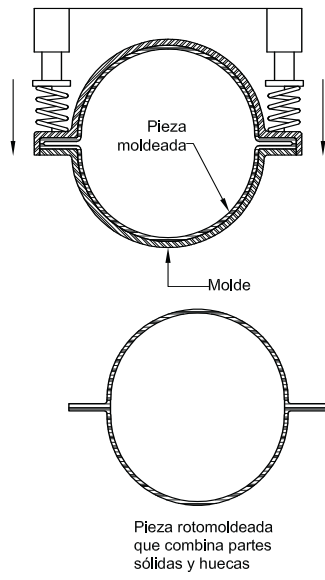


fig. 27 Three Dimensional Rotomolding compound RMC³
(Molding Graphic Systems)

por su complejidad. La principal desventaja de estos moldes es que reducen drásticamente las posibilidades de realizar cambios en el diseño debido a la complicación de los mecanismos y al espacio que éstos necesitan para funcionar.

Ejemplificación



Activación de mecanismos

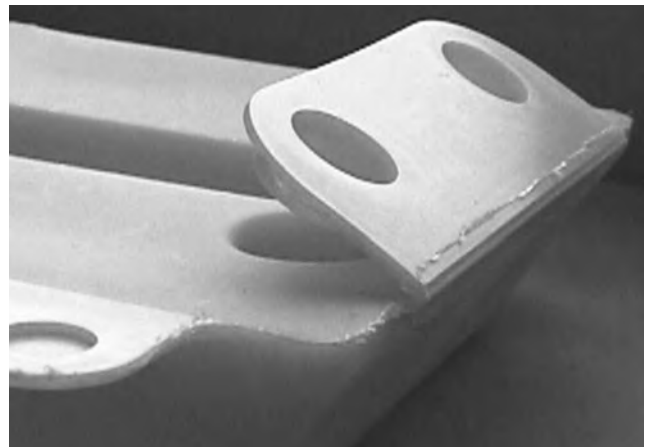
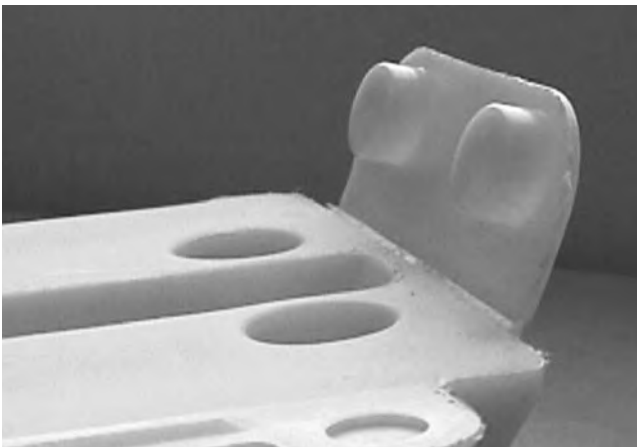
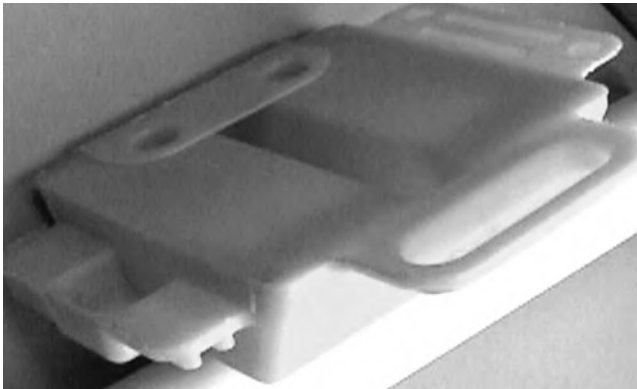
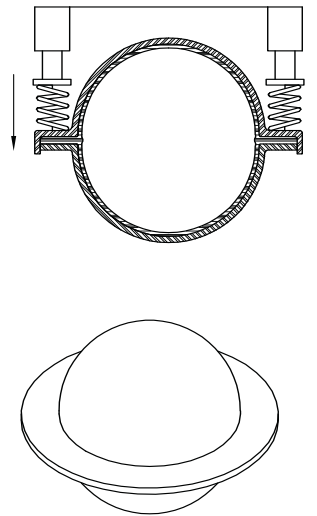


fig. 28 Piezas obtenidas con un molde TRIP (SJS industries)

"El diseño tiene responsabilidades para con la sociedad: no puedes perder un vuelo por una mala señalización o la vida en un vado."

Gonzalo Tassier

5. Moldes (Cuna del producto)

La generación del molde es una etapa muy importante del diseño de producto, ya que es el puente entre el producto concebido teóricamente y el objeto físico. Esta razón obliga a los diseñadores a conocer sus características más sobresalientes, pues influirán directamente en el producto terminado. Aunque no es actividad del diseñador crear el molde, sí lo es proponer un producto que considere sus factores más importantes, manteniendo la idea de que el molde debe adaptarse al producto y no a la inversa.

5.1 Componentes de los moldes

Es necesario hacer una introducción a la terminología tan particular que se maneja en la industria de los moldes.



fig. 29 Componentes del molde

■ Cavity

Es el hueco que tiene la forma del producto, por esta razón, es la zona más importante del molde y la que más cuidados necesita, todos los atributos que tenga la cavidad serán reproducidos en el plástico.

■ Línea de partición

Es el plano de unión de los elementos que conforman el molde. Esta línea es importantísima para el diseño del producto porque define los ángulos de salida, y a la vez, la manera de descargar el producto. Es recomendable colocarla en un lugar poco visible, pues se marca con facilidad en el producto, realizándolo de este modo se mejora la calidad del producto. También ayudará reducir el número de partes que conforman la cavidad (generalmente dos elementos), sin embargo, pueden obtenerse moldes muy complejos, siempre y cuando se tenga presente que, entre más partes se divide el molde, resultará más costoso e impráctico.

■ Estructura

La estructura externa de metal es propia de todos los moldes y tiene dos funciones principales: proteger las paredes del molde, que son muy delgadas o frágiles y colocar la placa de montaje.

■ Placa de montaje

Es una placa especial que ensambla el molde con el brazo de la máquina.

■ Pared del molde

Es el espesor del molde, que puede ser desde 1.3 mm. hasta 19.05 mm.

■ Tubo de respiración

Es la vía por la cual los vapores que genera el plástico al fundirse son liberados. El diámetro y la cantidad de tubos se determinan considerando el volumen del producto y el espesor de pared del molde. Para evitar la salida del plástico del molde, el tubo de respiración se bloquea parcialmente con Teflón®. Algunas veces se omite la colocación del tubo de respiración porque a través de la línea de partición se liberan los vapores.

Durante el proceso de diseño es recomendable considerar algunos factores que influirán directamente en el molde sin importar la técnica de construcción o el material, tales como:

■ Apertura y cierre del molde.

■ Visualización de la descarga del producto.

■ El uso de tubos de respiración en productos muy grandes, por ejemplo en tarimas, tinacos y tanques. Esta es una vía para prolongar la vida del molde y mejorar la apariencia física del producto.

Como anteriormente se mencionó, el plástico al fundirse genera gases que provocan una pequeña presión interna en el molde; es conveniente eliminarla porque puede crear fisuras en los moldes con paredes muy delgadas (como los de lámina, principalmente en las zonas de unión), además, con esto se evita la generación de burbujas en el plástico que deprecian la calidad del producto terminado.

- El encogimiento que sufrirá el plástico después de moldearlo, pues afectará directamente las dimensiones del molde.
- La cantidad de piezas que conformarán al molde y su ensamble.

Contemplar estos factores, basándose en datos precisos del proyecto, ayudará a definir el molde adecuado para el producto, ya que existen diversos materiales y técnicas para su fabricación que determinan características y aplicaciones específicas

5.2 Moldes de aluminio fundido

Son los moldes más utilizados cuando se busca alta calidad en la pieza a moldear, sin embargo, su uso está restringido por el tamaño del producto. Para generar este tipo de molde es necesario generar un modelo o patrón, que es el que determina su calidad.

Una de las ventajas de crear el modelo es visualizar el producto y utilizarlo como prototipo, lo que ofrece una última oportunidad para modificar el diseño. Declinar esta última opción significa que puede proseguirse con el vaciado, ya sea de yeso o arena.

Las cavidades vaciadas usando yeso son más caras y de mayor calidad, las de arena son más porosas y más económicas. Las dimensiones recomendadas para utilizar este tipo de moldes van desde piezas pequeñas del tamaño de una esfera de 5 cm de diámetro, hasta productos inscritos en una esfera de 150 cm de diámetro. Pueden crearse moldes más grandes de formas complejas y con excelentes acabados, sin embargo, se debe considerar que es más complicado construir el patrón, la fundición es más difícil y el proceso para obtenerlos es muy largo.

Los acabados que se pueden aplicar al molde son: arenado (Sand Blast), grabado, pulido o niquelado. Sin embargo, como el aluminio es un material suave y frágil, sufre un desgaste rápido, lo que implica un manejo más delicado. Además, al realizar la fundición del aluminio se generan burbujas que pueden aparecer al aplicar alguno de estos acabados. Pueden encontrarse aplicaciones de estos moldes en juguetes, contenedores, botes, mobiliario, etc. El costo de este tipo de moldes es muy alto, por lo que debe justificarse su uso de acuerdo a la cantidad de producción, calidad del producto y complejidad de la geometría.



fig. 30 Moldes de aluminio (Persico S.p.A.)

5.3 Lámina soldada

Otro material muy común para producir moldes es la lámina, su mayor y mejor aplicación se da en productos muy grandes y de formas relativamente simples. Estos moldes se construyen cortando, doblando, estirando y soldando hojas de metal, que pueden ser de acero al carbón, aluminio y acero inoxidable. Un producto sin muchas curvas, intersecciones con radios mínimos y pocos puntos de unión resulta perfecto para realizar el molde de lámina, sin embargo, personal con gran experiencia en el desarrollo de curvas, desplegados, soldadura, etc., puede generar moldes muy complejos.

La principal desventaja que presenta este tipo de molde es el acabado. Al soldar las secciones del molde, surgen deformaciones y poros muy difíciles de eliminar, denigrando el acabado del molde. Además, no pueden aplicarse acabados como el Sand Blast para disimular esos defectos, porque las láminas que se utilizan son de calibres 12 (2.66 mm) a 18 (1.21 mm). Otro problema es la línea de partición del molde, ya que el ensamble no es muy preciso y puede quedar estampada en el producto. Esto último puede evitarse si, al diseñar la pieza, la línea de partición se coloca en un lugar poco visible. Es necesario hacer notar que realizar más de dos cavidades en el molde implica variaciones entre ellas, por lo que su producción se considera artesanal en lugar de industrial.

Los costos por concepto de materia prima y mano de obra son bajos, esto lo convierte en el molde más barato de la industria. Su rendimiento es excelente, ya que con este tipo de molde pueden obtenerse fácilmente más de 1000 piezas y aplicando mantenimiento correctivo su vida útil aumenta considerablemente. Su aplicación puede observarse en: tinacos, tarimas, botes de basura, contenedores, etc.



fig. 31 Moldes de lámina (Miraplástek, S.A. de C.V.)

5.4 Moldes maquinados

Estos moldes proporcionan el nivel más alto de precisión en la industria del rotomoldeo, su fabricación es un proceso caro debido al costo de la materia prima y la maquinaria utilizada, sin embargo, al no necesitar un modelo del producto, el tiempo de entrega se reduce considerablemente. La forma del molde puede ser muy complicada, no obstante, para facilitar su producción deben evitarse aristas agudas y relieves negativos. Otra ventaja es la amplia gama de acabados que se pueden aplicar, tales como: arenado (Sand Blast), espejo, grabado, etc. El material más usado es el aluminio, pero existen otros que pueden servir como acero, cobre y níquel entre otros.

Esta técnica ha comenzado a crecer, puesto que cada vez más diseñadores e ingenieros desarrollan sus productos con la tecnología CAD/CAM. Esta tecnología facilita la interpretación técnica del objeto utilizando modelado 3d y al mismo tiempo, sirve para manufacturar la cavidad del molde. Los moldes obtenidos no son muy grandes, pues el área de trabajo que tienen estas máquinas es reducido. En situaciones especiales es posible maquinar las partes del molde y después ensamblarlos, evitando el desperdicio de material.

Su uso se justifica cuando la precisión de las dimensiones es determinante, la urgencia por manufacturar y obtener el molde rápidamente implique un beneficio en el proyecto o la producción justifique y amortice su costo. La aplicación puede realizarse en objetos medianos y de geometría compleja.



fig. 32 Moldes maquinados 1 (Plastics Consulting, Inc.)
2 (Persico S.p.A.)

5.5 Moldes electroformados

El electroformado es un proceso excelente para concebir moldes de cavidades múltiples y dimensionalmente precisas. La materia prima básica puede ser Cobre o Níquel. Para generar el molde es necesario contar con el modelo del producto, generalmente éste se manufactura utilizando acrílico, resina epóxica o cera. El modelo es sumergido en una solución química y expuesto a cargas eléctricas que atraen partículas de metal disueltas en dicha solución, las cuales forman una capa en el modelo creando el molde. Las dimensiones del molde no implican problema alguno, pues existen aplicaciones de todos los tamaños. Otras cualidades de estos moldes son: la posibilidad de obtener moldes con relieves muy profundos y en sentido negativo (que técnicamente impiden la remoción de la pieza si no se utiliza PVC blando), la generación de cavidades con línea de partición invisible y que el acabado del molde es muy bueno definiendo detalles finos que serán reproducidos exactamente en el plástico. Entre sus desventajas sobresale el costo debido al proceso de manufactura, además, su aplicación es muy especializada y debe manejarse con sumo cuidado debido a su fragilidad.

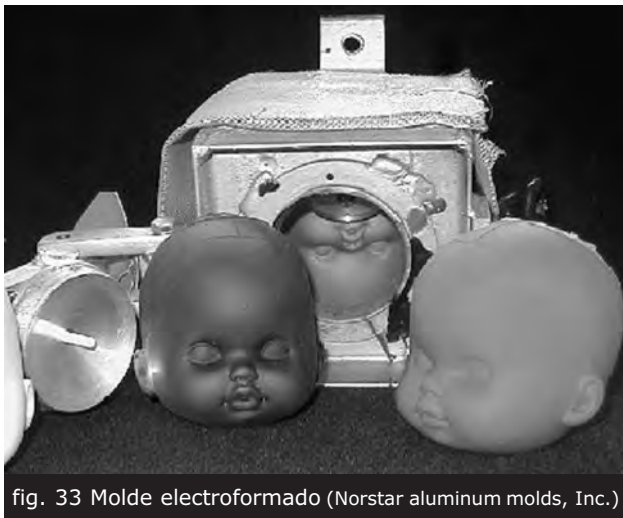
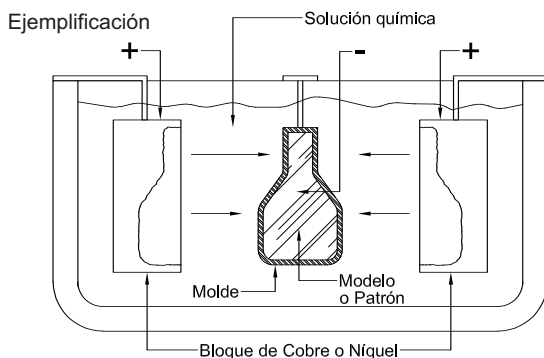


fig. 33 Molde electroformado (Norstar aluminum molds, Inc.)

5.6 Desmoldante

Un detalle trascendente en el proceso del rotomoldeo es el uso de desmoldante. Este elemento, parte integral del proceso, es un lubricante especial que cubre la cavidad del molde. Sus principales funciones son dos: a) Prevenir que la pieza fabricada se pegue al molde para facilitar su remoción; b) No permitir que la pieza se desprenda prematuramente de la superficie del molde durante el ciclo de enfriamiento, lo que ocasionaría deformación en el producto y deterioro en sus propiedades físicas.

Existen diversos tipos de desmoldantes, que se clasifican como externos, internos o permanentes. Los desmoldantes externos son compuestos químicos que se aplican directamente a la superficie del molde, generalmente en estado líquido. Su aplicación se realiza antes de cargar la materia prima en la cavidad, este proceso es muy sencillo, aunque lento en moldes grandes y complejos o cuando se aplica en varias cavidades, pues esto ocasiona la interrupción de la continuidad del ciclo, problemática que afecta el ciclo de producción.

Los desmoldantes internos son compuestos especiales que se agregan directamente al plástico pulverizado y se mezclan antes de comenzar el ciclo de moldeo. Su funcionamiento inicia en la etapa de horneado, donde el compuesto reacciona con el calor y emigra hacia la superficie del molde para ayudar a reducir la adhesión de la pieza. Su principal ventaja es que no retrasa la producción, ya que no se aplica entre ciclos. En contraparte, la mezcla del desmoldante y el plástico debe realizarse a bajas temperaturas para que no reaccione antes de tiempo.

El desmoldante permanente es un recubrimiento especial aplicado a la cavidad del molde antes de ser utilizado por primera vez. El recubrimiento preferido es Teflón®, pues puede trabajar desde 6 meses hasta dos años obteniendo muy buenos resultados; sin embargo, debe manejarse con cuidado, ya que, además de costoso, es muy delicado y se daña fácilmente.

El desmoldante es un punto culminante en la producción de una pieza, porque permite la extracción del objeto, mejora su acabado y aumenta la vida útil del molde. Es trascendental utilizarlo en este proceso de producción. Las variables para aplicarlo adecuadamente las manejan tanto el rotomoldeador, como los proveedores del producto, sin embargo, es necesario tomar en cuenta que una cantidad excesiva, o insuficiente, desvirtúa sus cualidades.

5.7 Selección del molde

Realizar la selección o recomendación del molde óptimo del producto resulta complicado al no contar con datos suficientes. Un elemento que puede facilitar este trabajo es el listado de características del producto, pues la satisfacción de sus requerimientos es un factor preponderante para realizar una selección acertada. La eliminación de supuestos ayuda en el proceso de selección; por ejemplo, creer que la conductividad térmica del metal es el principal factor para generar una fusión vertiginosa del plástico puede predeterminar un molde de cobre, sin embargo, este resultado no se consigue porque la conductividad térmica del plástico es muy baja. Existen datos que pueden complicar la selección, con el fin de evitarlo se mencionan aspectos esenciales que debe considerar el diseñador en esta etapa del proyecto:

- El diseño es un parámetro determinante, ya que define el tamaño y forma del producto.
- Volumen de producción, pues de este factor depende la cantidad de cavidades a desarrollar y su precisión.
- La inversión en el herramental, si este factor es una limitante sería ilógico un molde costoso, como podría serlo uno electroformado.
- Materia prima del producto, pues en algunas ocasiones el uso de un plástico determinado puede definir el molde ideal.

Al determinar estos factores se establecen prioridades que facilitan la selección del molde, por ejemplo, si el producto es de uso rudo, la producción es pequeña y la inversión en moldes propuesta es mínima, la mejor opción es manufacturar un molde de lámina. Si la prioridad es generar dos o más cavidades con mínima variación dimensional, las opciones serían tres: moldes maquinados, de aluminio o electroformados. Si lo más importante es obtener un molde rápidamente, la única opción es el molde maquinado, ya que no requiere un patrón, creándolo directamente de un modelo 3d. Para hacer una selección óptima faltaría conocer el tamaño del producto, tiempo de entrega, inversión aproximada para moldes, etc.

Como anteriormente se expuso, establecer prioridades es muy útil, por ejemplo, si la calidad de la pieza se impone al volumen de producción e inversión, resulta trascendental que el diseñador conozca los factores principales que interfieren en el producto, pues proponer un molde sin un planteamiento adecuado sería totalmente inválido. Como ayuda para detallar los principales aspectos del producto se presenta la siguiente tabla.

1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Artículo _____

Uso _____

2. CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE

Tamaño del producto _____

Complejidad de la forma del producto _____

Precisión entre cavidades _____

Acabado de la superficie del molde _____

Tiempo de entrega _____

Volumen de producción _____

Número de cavidades _____

Inversión _____

¿Es necesario que la línea de partición del molde se oculte? _____

¿Cual es el entorno de uso del producto? (hogar, oficina, exterior) _____

3. COMPARACIÓN

¿Que tipo de molde utilizan productos similares? _____

4. OBSERVACIONES

5. MATERIAL QUE SE PROPONE

tabla 9 Selección del molde

Para finalizar este tema, se muestra una tabla comparativa de los diferentes tipos de moldes y sus principales características; esto facilitará su definición considerando las prioridades del proyecto.

TIPO DE MOLDE	COSTO	TIEMPO DE ENTREGA	EXPERIENCIA PREVIA	TAMAÑO DE MOLDES	COMPLEJIDAD DE LA FORMA	SE REQUIERE MODELO
Aluminio vaciado (yeso)	7	7	10	8	9	SI
Aluminio vaciado(arena)	8	8	7	8	9	SI
Lámina de alumnio	9	9	8	10	6	NO
Lámina de Acero	10	9	9	10	6	NO
Lámina de Acero Inoxidable	8	9	7	10	5	NO
Níquel Electroformado	5	6	6	7	10	SI
Cobre Electroformado	6	6	5	8	10	SI
Maquinado CNC	6	10	3	6	6	NO

TIPO DE MOLDE	DETALLES EN EL MOLDE	ACABADO DE LA SUPERFICIE	AUSENCIA DE POROSIDAD	PRECISIÓN DEL MOLDE	PRECISIÓN ENTRE CAVIDADES	LÍNEA DE PARTICIÓN OCULTA
Aluminio vaciado (yeso)	9	7	8	8	8	1
Aluminio vaciado(arena)	8	5	8	7	9	1
Lámina de alumnio	6	8	9	5	4	1
Lámina de Acero	5	9	9	5	4	1
Lámina de Acero Inoxidable	4	9	9	5	4	1
Níquel Electroformado	10	7	8	9	10	10
Cobre Electroformado	10	8	9	9	10	10
Maquinado CNC	6	10	10	10	8	1

TIPO DE MOLDE	SOLDABLE	RESISTENCIA A LA CORROSIÓN	ESPESOR DE PARED DEL MOLDE (mm)	PESO (gr/cm³)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m²K)
Aluminio vaciado (yeso)	7	8	4.7-12.7	2.59	156
Aluminio vaciado(arena)	4	8	6.4-19.1	2.74	156
Lámina de alumnio	8	8	2.0-6.4	2.83	180
Lámina de Acero	10	5	1.3-3.6	7.84	47
Lámina de Acero Inoxidable	8	10	2.0-3.8	7.89	20
Níquel Electroformado	9	9	2.0-3.8	8.81	62
Cobre Electroformado	8	8	3.2-3.8	8.89	360
Maquinado CNC	8	8	1.6-6.4	2.83	180

10 excelente 5 normal 0 inadecuado

tabla 10 Comparación de moldes ⁴

⁴ Beall, Glenn L. **Rotational Molding, Design, Materials, Tooling and Processing**. Ed. Hanser Publishers, Munich 1998. Página 147.

6. Maquinaria

Conocer la maquinaria que utiliza esta industria es útil para el diseñador porque le ayuda a definir el modelo adecuado en el que se producirá el producto desarrollado, al conocer sus ventajas y limitantes. Por esta razón, se presenta una breve descripción de las máquinas desarrolladas exclusivamente para el rotomoldeo.

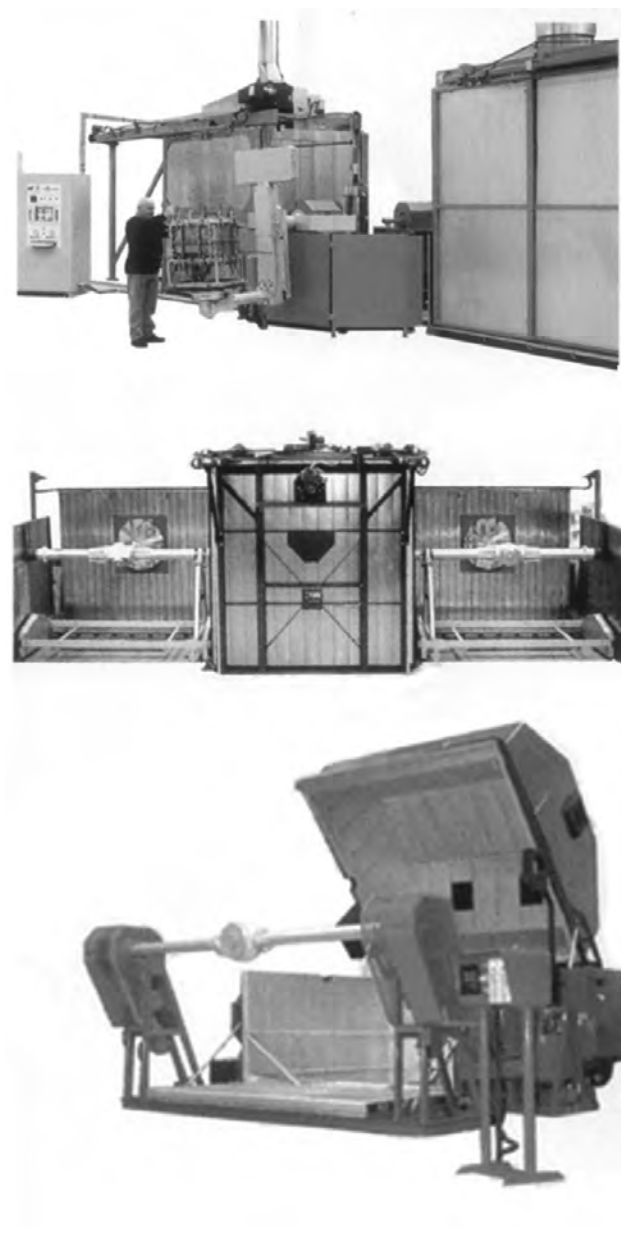


fig. 34 Maquinarias utilizadas por el rotomoldeo (Ferry Industries, Inc.)

6.1 Máquina de giro y vaivén (Rock and roll Machine)

Este fue uno de los primeros modelos utilizados en el rotomoldeo, su principal característica es el sistema de rotación, en donde uno de los ejes cumple el giro de 360° y el otro simplemente genera un alabeo de 45° . Con estas variables no existen giros completos en un eje, por lo que es muy difícil moldear piezas esféricas utilizando esta máquina, sin embargo, canoas, pipas, tinacos y en general objetos que presentan proporciones alargadas, se moldean con excelentes resultados. Este modelo tiene integrado un quemador, por lo que no es necesario un horno ni una cámara de enfriamiento, consiguiendo de esta forma que todo el ciclo se realice en el mismo lugar.

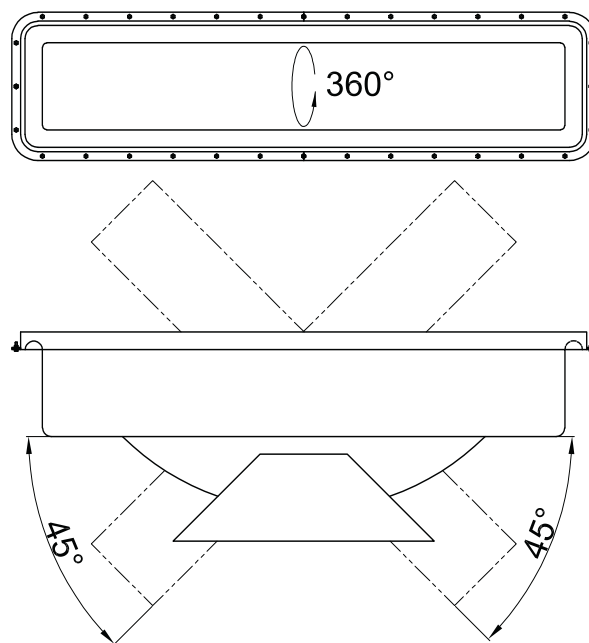


fig. 35 Máquina Rock and Roll

6.2 Máquina tipo cofre (Clamshell machine)

Este es un modelo extraordinario para generar productos de dimensiones muy grandes. Aquí pueden moldearse contenedores de diámetro de 2 m y altura 2.2 m sin problemas por lo que es muy probable que los productos de dimensiones similares o mayores ocupen este tipo de máquina. Su nombre se deriva de la similitud que guarda con un cofre: se abre para cargar, descargar y enfriar la pieza, y se cierra al comenzar el ciclo de horneado del producto. Otra de sus virtudes es el ahorro de espacio en la planta de producción, logrado gracias a que las etapas del ciclo se realizan en el mismo lugar, evitando zonas especiales para cada una como sucede con otros modelos. Su principal desventaja es la continuidad de la secuencia, ya que es necesario terminar el ciclo para moldear una pieza diferente.

Los siguientes modelos se caracterizan porque tienen zonas específicas para cada etapa del ciclo, esto permite mayor flexibilidad en la secuencia de producción. Los modelos que encajan en esta modalidad son: máquina recta, carrusel, carrusel vertical y carrusel con brazos independientes.

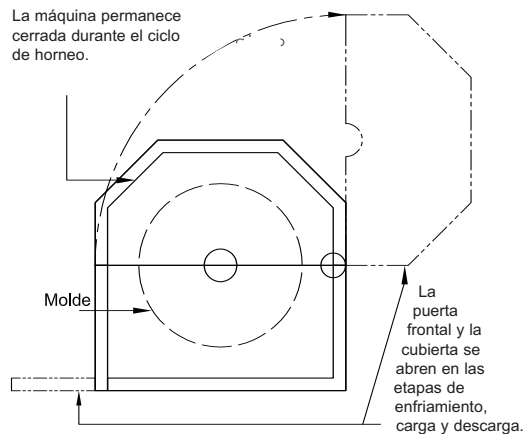


fig. 36 Máquina tipo cofre abierta y cerrada ARM International

6.3 Máquina con riel (Shuttle machine)

Esta máquina tiene tres zonas perfectamente delimitadas: al centro se encuentra el horno y en cada uno de los flancos existen zonas de carga-descarga y de enfriamiento. El ciclo comienza preparando el molde en uno de los flancos colocando la cantidad de plástico necesaria para obtener el producto; enseguida todo el sistema, el brazo y el molde, recorren el riel hasta el horno, en donde cumplen la etapa de horneado. Cuando ésta finaliza, el sistema regresa a su ubicación original para iniciar la fase de enfriamiento; mientras tanto, el producto montado en el riel del flanco contrario se aproxima al horno. De esta forma los moldes alternan su ciclo, obteniendo mayor flexibilidad y reduciendo los tiempos de producción. Esta máquina es utilizada para procesar objetos medianos y pequeños.

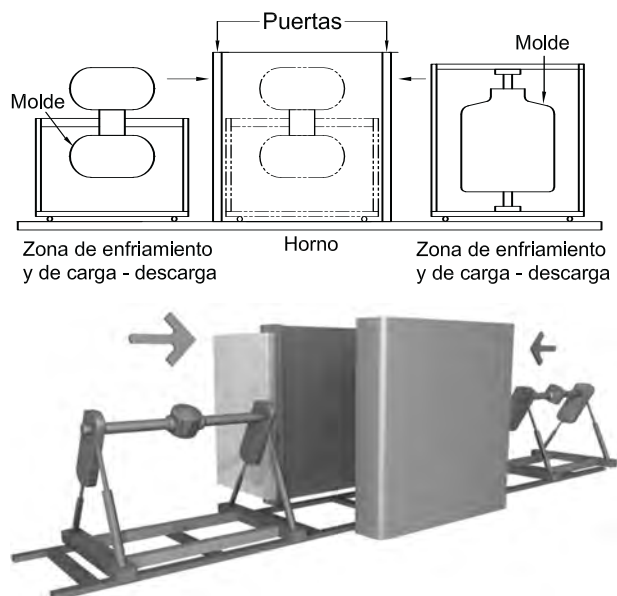


fig. 37 Máquina con riel ARM International

6.4 Máquina tipo carrusel (Turret machine)

La configuración clásica de este modelo, posee tres brazos que giran en torno a un pivote común y se ubican en áreas designadas para cada etapa con el objetivo de realizar una producción continua. Para lograrlo, en cada brazo son colocados uno o más moldes y así, mientras se descarga una pieza, otra está en el horno y otra más en la cámara de enfriamiento. Con esta configuración el tiempo de producción disminuye y la flexibilidad en la producción es mayor, ya que cada brazo puede tener moldes de diferentes productos, que pueden cambiarse con relativa facilidad. Estas máquinas procesan productos de tamaño mediano y pequeño. Sus principales desventajas son el área tan extensa que ocupan en la planta de producción y los tiempos muertos ocasionados por la variación existente entre ciclos.

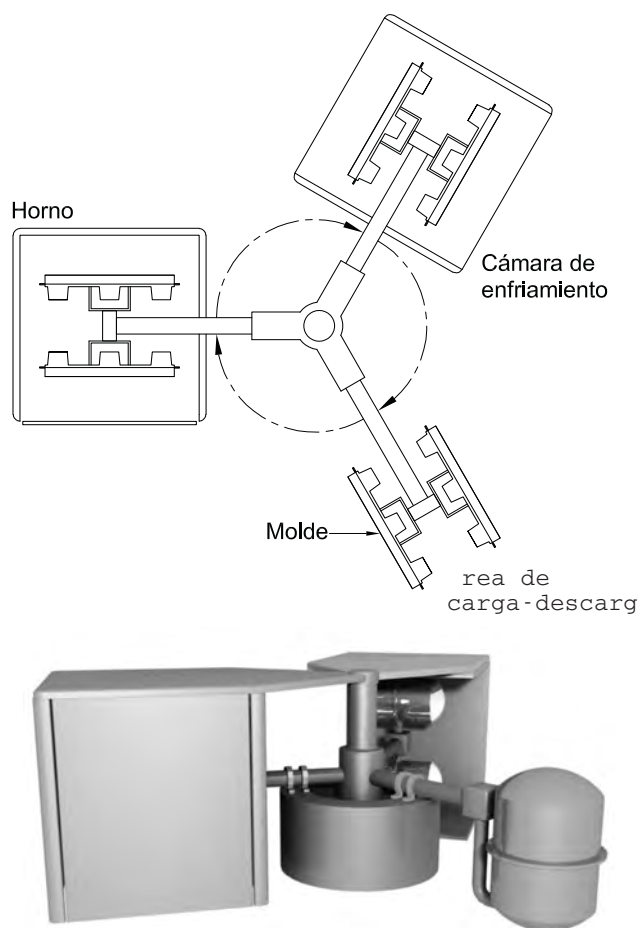


fig. 38 Máquina tipo carrusel ARM International

El modelo Carrusel Vertical es muy similar a la máquina Mc Neil, al igual que ésta, tiene delimitadas las tres zonas: carga-descarga, cámara de enfriamiento y horno. La diferencia radica en el sentido de giro de los brazos, que es vertical con el objetivo de ocupar un espacio menor en la planta de producción. Puede decirse que, al basar su concepción en el modelo carrusel, presenta las ventajas y desventajas del mismo.

6.5 Máquina tipo Carrusel con brazos independientes (Swing machine)

Este modelo es el más utilizado en todo el mundo por los rotomoldeadores, gracias a su flexibilidad, ya que resuelve el principal problema de la máquina de carrusel: la generación de tiempo muerto. Para eliminar este conflicto y darle continuidad a la producción, los brazos no tienen un pivote común, sino que cada uno tiene el suyo, de tal modo que pueden moverse con mayor libertad. Esta libertad se complementa con un horno central y dos cámaras de enfriamiento, puesto que esta última etapa es la más larga del ciclo y por lo tanto, la que detiene el ciclo de producción. Con estas implementaciones integra las cualidades más destacadas del modelo Carrusel y las complementa con una mayor flexibilidad en el ciclo de producción.

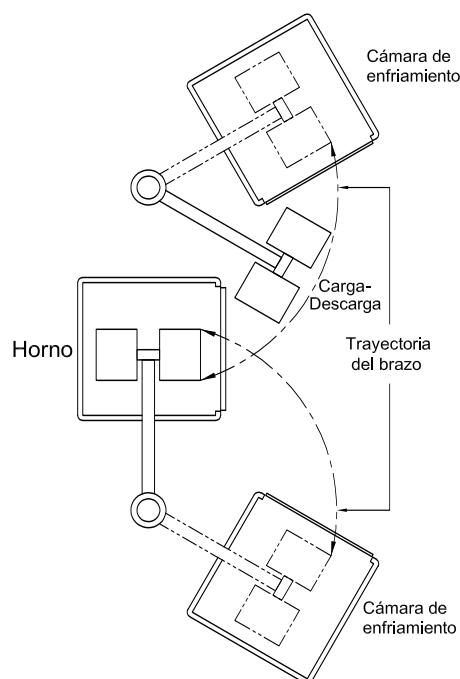


fig. 39 Máquina carrusel con brazos independientes

El conocimiento de estos detalles puede ayudar al diseñador a concebir un producto adecuado al proceso y a la función que cumplirá, sin embargo, no es imperativo convertirse en un experto en el tema. Lo importante es saber que la “Clamshell” utiliza una secuencia preestablecida y pueden moldearse productos de dimensiones muy grandes, que el modelo carrusel con brazos independientes es muy flexible y el tamaño de las piezas es mediano, mientras que la máquina “Rock and Roll” es ideal para productos alargados, etc.

Finalmente se mencionarán algunos parámetros de referencia utilizados por los rotomoldeadores. Como anteriormente se indicó, el movimiento de los ejes de la máquina se logra con una rotación biaxial, cada uno cumple una rotación determinada, el eje axial o primario es aquel que hace el recorrido más grande, el eje radial o secundario tiene un recorrido menor. Así, la relación de revoluciones que comúnmente tienen los ejes es la siguiente: 8-10, 6-10 y 1-6.

El primer valor corresponde al eje axial o primario y el segundo al eje radial o secundario. Continuando con los parámetros usuales del moldeo rotacional, se presenta el rango de temperaturas utilizadas en el ciclo de horneado:

MATERIAL	RANGO DE TEMPERATURA °C	TIEMPO DE HORNEO (MIN)
Polietileno	290 a 371	10 a 15
Polipropileno	320 a 350	10 a 15
PVC	260 a 361	5 a 10
Nylon 6	300 a 357	27 a 28
Policarbonato	315 a 400	10 a 20

tabla 11

Es importante aclarar que estos valores varían por las características de los productos, algunas veces la temperatura es menor por las particulares de algunos plásticos o el tipo de máquina utilizada, en otros casos la relación de rotación entre ejes es muy diferente por la configuración del objeto o el tiempo de horneado es mucho mayor por el tamaño de la pieza. La principal relación que existe para calcular el ciclo de horneado es la cantidad de material (gramos) y la temperatura de horneado (°C) aunque, como se ha observado, la cantidad de variables que intervienen para delimitarlo correctamente ocasiona que se determine al producir la pieza.

Un aspecto determinante en el ciclo de producción es la duración de la etapa de enfriamiento, que es la más larga de todo el ciclo, esto se debe a que el plástico se deforma con facilidad al exponerlo a un enfriamiento vertiginoso; al obtener piezas huecas no hay una estructura interna que evite alabeos y torsiones en el producto, por lo tanto el enfriamiento no es muy rápido. Para concluir este tema se presenta la tabla 12 con ciclos de producción de 5 esferas, en la cual se observan las diferencias de tiempo, entre las etapas de horneado y enfriamiento, además se presentan datos que rebasan los valores presentados en la tabla anterior, debido al tamaño de los objetos.

MATERIAL	POLIETILENO LINEAR DE BAJA DENSIDAD
Espesor de pared	5 mm.
Configuración de la pieza	Esfera
Temperatura de horneado	290°C

DIMENSIONES	Kg. de materia prima	Tiempo de carga de la materia prima (min.)	Tiempo de horneado (min.)	Tiempo de enfriamiento (min.)	T. de descarga del producto (min.)	Ciclo aprox. (min.)
Con diámetro de 50 cm.	3.7 Kg.	1	14	18	3	36
Con diámetro de 100 cm.	14.8 Kg.	3	18	22	3	46
Con diámetro de 150 cm.	33.2 Kg.	6	22	27	5	60
Con diámetro de 200 cm.	59 Kg.	8	26	31	7	72
Con diámetro de 250 cm.	92 Kg.	10	30	48	10	98

tabla 12 Ciclos de producción

Los datos que se presentan son estimados, el cálculo se realizó considerando su producción en una máquina tipo carrusel de tres brazos y una máquina tipo cofre, utilizando un enfriamiento con vapor de agua condensada y aire frío. Estos tiempos de producción pueden variar al utilizar otra máquina más eficiente.

7. Operaciones secundarias

Las operaciones aplicadas en el producto, cuando éste se encuentra ya completamente moldeado, y que sirven para definir todas sus características, son denominadas como operaciones secundarias. Estas pueden ser tan sencillas como eliminar la rebaba de la línea de partición y/o embalar el producto, o tan complicadas como maquinar, soldar, pintar, ensamblar, etiquetar, realizar pruebas técnicas, etc.

Estas operaciones son de gran utilidad porque ayudan a definir características que no pueden obtenerse al moldear el producto o a redefinir detalles obtenidos durante el mismo. Existen diversas formas para beneficiarse de estos procesos, por ejemplo, en muchos productos reducir costos de proceso al moldear dos piezas unidas para después separarlas reduce costos de producción.



fig. 40 Piezas separadas utilizando una operación

Conocer estos detalles permitirá el aprovechamiento de las virtudes del proceso. Con este objetivo, a continuación se mencionan las operaciones más utilizadas.

7.1 Maquinado y corte

- Eliminación de rebaba o viruta en planos de partición o zonas de corte.
- Barrenado con taladro o router
- Corte con sierra cinta.
- Corte con sierra caladora.
- Corte con sierra circular.
- Cortes controlados por computadora o por chorro de agua a alta presión.

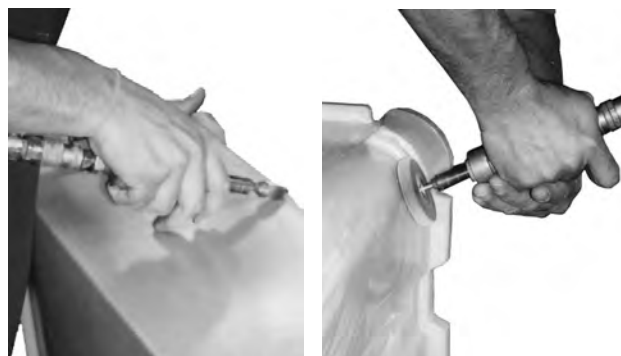


fig. 41 Eliminación de rebaba

7.2 Uniones

■ Soldadura giratoria (por fricción)

Implica la rotación rápida de una barra especial recargándola firmemente en el área de unión predefinida. La fricción genera altas temperaturas y funde el plástico en las caras que están en contacto, soldando las partes. Esta técnica se utiliza para tapar los agujeros que generan los tubos de respiración, utilizando tapones de diámetros comerciales. El diseñador, al conocer este hecho, puede definir una pequeña cavidad en esa zona del producto que reciba al tapón, creando así una unión hermética.

■ Soldadura con barra caliente

Para utilizar este método se requiere una pistola especial que utiliza un cordón de plástico. Aplicar la soldadura no requiere gran experiencia ya que el procedimiento es similar a la aplicación de Silicón. Además, existen diferentes tipos de boquilla y cordones de soldadura de diversos colores. El problema principal de este resultado es la fragilidad que existe en la unión de las partes.



fig. 42 Pistola para soldar (Drader Manufacturing Industries)

■ La soldadura ultrasónica

Esta se realiza con aparatos muy sofisticados que emiten ondas vibratorias en áreas determinadas; las ondas funden el plástico de modo que las caras que están en contacto se unen.

7.3 Decorado

Existen diversos decorados que logran aplicarse en el plástico durante y después del proceso de producción, los más importantes son:

■ Impresión

Este es un proceso tradicional que se vale de un marco con la forma a imprimir, tinta y rasero. Es un método muy útil para marcar gráficos sencillos.

■ Grabado

El plástico tiene la característica de reproducir detalles muy finos, esto puede aprovecharse colocando en el molde relieves de la forma deseada, que se grabarán en el producto. El único detalle a considerar es la orientación del relieve, que se reflejará en el sentido contrario en el plástico.

■ Impresiones aplicadas al moldear

(Mold in Graphic).

Este tipo de impresión es muy común y versátil. El proceso de aplicación comienza al determinar la imagen a imprimir, de ésta se genera una calcomanía. Antes de empezar el proceso de rotomoldeo ésta se coloca en una pared del molde utilizando un adhesivo especial, enseguida comienza el ciclo normal. La calcomanía es resistente al calor y reacciona con este, por lo que al formarse la pared del producto, el gráfico se integra completamente, de tal forma que su durabilidad resulta excelente.



fig. 43 Mold in graphic (Mold in Graphic Systems)

No hay restricciones en forma y color del gráfico para utilizar esta técnica, sin embargo, se recomienda utilizarla concientemente, considerando que a mayor cantidad de calcomanías que se ordenen disminuirá su costo y que el proveedor es norteamericano.

Durante la exposición de estos temas se han mencionado aspectos básicamente técnicos, que sirven para justificar el diseño y desarrollo. Con el fin de complementarlos, los últimos temas estarán enfocados a visualizar otros aspectos, tales como costos y desarrollo de un proyecto, aplicando las principales técnicas del rotomoldeo.

“Las escuelas de diseño, que históricamente han preparado a los diseñadores para servir a los industriales más que para convertirse ellos mismos en empresarios, deberían poner más atención a estas condiciones y crear nuevos programas para diseñadores-empresarios que deben entender de tecnología, marketing y administración tanto como de diseño.”

Víctor Margolin

8. Estimación de costos

Realizar un estimado de costos de productos roto-moldeados es un proceso complejo, pues es grande la cantidad de factores que inciden en él. Por esta razón, es fundamental reconocer los principales, de tal modo que se esté capacitado para manejarlos adecuadamente. Estos factores se mencionan a continuación:

■ Diseño de la pieza.

El diseño del producto es un elemento definitivo del costo de la pieza, porque establece su complejidad, y ésta influye directamente en el costo del molde y la cantidad de material necesaria para su producción. El diseño también determina el espesor de pared del producto, factor que está estrechamente ligado al tiempo de producción, pues un espesor grueso lo aumenta y requiere mayor cantidad de materia prima, mientras que un espesor delgado reduce el ciclo y el costo de materia prima. Al mismo tiempo, el diseño establece el uso de operaciones secundarias especiales: insertos de metal en la pieza o en el molde, acabado del producto, etc, los cuales afectan directamente el costo final del producto. Es muy importante que el diseñador visualice estos parámetros, ya que es su responsabilidad generar un producto adecuado a su entorno, que cumpla ampliamente su función. Esto no significa que el resultado deba ser un diseño muy simple; cada diseñador debe definir un concepto estético que se ajuste a las necesidades trazadas, estando consciente de que un objeto estético no cumple completamente su función si no se complementa con una solución adecuada al problema planteado: satisfacer la necesidad por la que surgió el diseño.

■ Materia prima.

Este es uno de los principales elementos que encarecen la pieza porque es una constante del proceso. En cada ciclo tiene que colocarse la cantidad de materia prima necesaria para obtener el producto con las características deseadas. Bajar costos por este concepto implicaría reducir la cantidad de materia prima que se coloca en el molde, lo que reduce el espesor de pared que el diseñador determinó al concebir el objeto. En algunos casos puede proponerse el uso de resina reciclada combinada con resina virgen o resina 100 % reciclada, sin embargo, esto

debe plantearse desde el inicio para que el diseñador lo contemple en su proyección. Por otro lado, la variación que existe entre el precio por kilo de los diferentes plásticos utilizados en la industria es muy grande, por lo que un producto de tamaño y forma similar varía su precio de acuerdo a la materia prima utilizada, esto incluso sin considerar si la materia prima tiene que pulverizarse o secarse para procesarla adecuadamente.

Materia prima	Presentación	Porcentaje
LDPE	POLVO	1.10
LLDPE	POLVO	1.00
HDPE	POLVO	1.00
XLPE	POLVO	1.50
PP	POLVO	2.00
PVC	LÍQUIDO	1.25
NYLON 6	POLVO	5.00
PC	POLVO	4.50

tabla 13 Porcentaje de variación del costo de los plásticos mas utilizados en la industria.

■ Costo del molde.

Depende de la técnica que se utilice para fabricarlo, la complejidad del producto, y el volumen de producción de la pieza. Un molde muy complejo resulta más caro porque su construcción es más elaborada; estos moldes generalmente son el reflejo de un diseño que presenta las mismas condiciones. De este modo, se advierte que algunas veces el diseño delimita el sistema de construcción del molde; por ejemplo, si se definió un molde de lámina y el diseño presenta dobles curvaturas en todas sus caras, es mejor evaluar el diseño y rediseñar la pieza considerando que el grado de complejidad para obtener los desplegados de lámina y formar una configuración con estas características es muy alto, otra opción más, sería construir el molde con otra técnica (fundición o CNC).

■ Amortización del molde.

Se obtiene al dividir el costo del molde entre el volumen de producción. Este resultado define el monto que se incluirá en el costo de cada pieza para recu-

perar la inversión realizada en el molde. Entre mayor sea el volumen de producción, menor será el costo de amortización del molde; por ejemplo, si se utilizan dos cavidades de aluminio, considerando que cada una cuesta \$100 000 y la producción de la pieza es de 10 000 unidades, la amortización del molde será de \$20, cantidad que se agregará al costo final del producto.

■ Volumen de producción.

Es la cantidad de piezas obtenidas de un mismo producto en un tiempo establecido. Este factor influye directamente en la selección del molde y en el número de cavidades necesarias para la producción; por ejemplo, si ésta es de 10 000 piezas, lo primero que debe considerarse es qué molde puede garantizarla, en este caso los moldes de aluminio y CNC pueden hacerlo, sin embargo es muy difícil lograrlo utilizando un molde de lámina. La siguiente consideración es el tiempo de entrega del pedido, esto delimitará el número de cavidades que se utilizarán para mejorar y agilizar la producción. El número de cavidades, a su vez, plantea otras cuestiones; por ejemplo, si no es importante que las cavidades sean idénticas podría reconsiderarse el uso de moldes de lámina con 4 cavidades (cada una producirá 2 500 piezas). En contraparte, si resulta muy importante que las cavidades sean idénticas, entonces se mantienen las opciones de fundición en aluminio o CNC. Para decidir cuál es la mejor opción, se comparan la complejidad del producto, la inversión en moldes que se quiere realizar, el tiempo de entrega, los acabados, etc. Lo más importante es establecer prioridades, de lo contrario el proceso de selección se verá retardado por las dudas. El volumen de producción también es utilizado para seleccionar la máquina de producción y establecer el margen de utilidad de la operación.

■ Costo de uso de máquina.

Utilizar una máquina rotomoldeadora representa un costo que varía de acuerdo al modelo de la máquina, la duración del ciclo y la cantidad de piezas fabricadas en ese ciclo. De esta forma, moldear dos piezas en un ciclo resulta más barato que moldear sólo una, porque el costo asignado por uso de máquina se dividirá entre dos. Al moldear una sola pieza, ésta absorbe el costo íntegro asignado por uso de máquina. Por este motivo, se recomienda agrupar moldes; sin embargo, se requiere que las piezas presenten características similares tales como: tamaño, espesor de pared, y materia prima. Para agrupar los moldes existe un aditamento especial que se conoce como araña, una plataforma a la que se unen los moldes. Con el fin de determinar la máquina ideal

para el producto es necesario considerar el volumen de producción, el tamaño y la configuración del producto, además del número de cavidades existentes. Para volúmenes de producción muy grandes y piezas de tamaño mediano es conveniente utilizar la máquina tipo carrusel o la máquina tipo carrusel con brazos independientes; en cambio, si el producto es muy grande se recomienda la máquina tipo cofre.

■ Costo de la producción.

Este factor incluye gastos por concepto de mano de obra, gas, energía eléctrica, agua, gastos de ingeniería, administración, supervisión, sistema de calidad, además del margen de utilidad de la operación. Actualmente, la competitividad en el mercado está provocando que los rotomoldeadores realicen una reducción en los gastos administrativos y generen cálculos de costos detallados. Como resultado, la variación de precios entre proveedores no debe ser mayor al 10%.

■ Operaciones secundarias.

El diseñador puede determinar el uso de estas operaciones sistemáticamente si éstas se encuentran justificadas; por ejemplo, el uso de un router de control numérico para automatizar la producción y hacerla más eficiente en el caso de que sea necesario obtener un barreno muy preciso en un producto que involucra un volumen de producción muy alto. Evitar el uso de estas operaciones no significa que disminuya el costo del producto o el tiempo de entrega de la producción, en cambio, determinar la mejor solución al problema sí puede reducir el precio del producto. Este ejemplo sirve para recordar la importancia de considerar soluciones creativas durante el diseño del producto y no después.

■ Insertos.

El uso de estos elementos debe justificarse ampliamente, pues su uso modifica el costo del producto. Si un objeto requiere resistir grandes cargas puede proponerse una estructura interna de metal o, en caso de requerir zonas de sujeción pueden colocarse insertos ciegos. Una estructura interna implica comprar materia prima adicional (tubos, soldadura, dobladora, etc.), además de un incremento en el costo de la mano de obra que se encargará de construir las estructuras. En la segunda situación, el precio de los insertos ciegos no es elevado, pero los aditamentos (asas, seguros, pasadores) aumentan considerablemente el precio total. El término inserto (retráctil) también se utiliza en los moldes y se refiere a partes removibles que forman huecos o hendiduras muy profundas, que aumentan la complejidad del molde y en consecuencia, elevan su precio.

Para finalizar el tema, se presenta un ejemplo práctico que abarca desde la manera de calcular el material necesario para moldear la pieza, el costo del molde, los costos de producción, hasta los resultados de moldear una pieza o dos. El objetivo es observar cómo afectan los diversos factores en el costo final del producto.

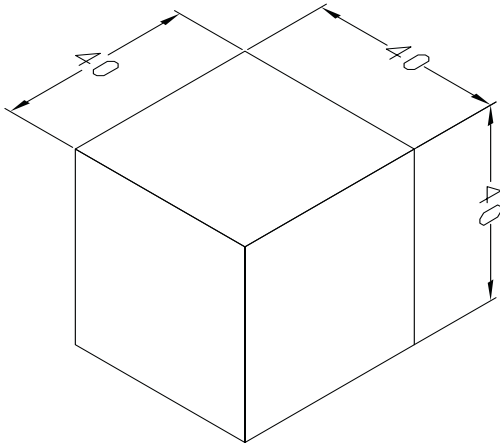


fig. 44 Dimensiones del cubo

La estimación de costos se realizará con los siguientes datos:

El objeto a evaluar es un cubo que tiene 40 cm por lado, el espesor de pared es de 0.5 cm, y la materia prima es Polipropileno (PP) con una densidad de 0.9 gr/cm³, este plástico es comercializado por A. Schulman con el nombre comercial de POLIAXIS PD 2000. El volumen de producción es de 200 piezas. Una vez determinadas estas condicionantes se presenta la fórmula para calcular la cantidad de materia prima necesaria para moldear esta pieza.

$$\text{Peso} = \text{VOLUMEN} \times \text{DENSIDAD}$$

(área x espesor de pared) (gr/cm³)

$$\text{Área} = \text{Superficie total del objeto (cm}^2\text{)}$$

$$\text{Espesor de pared} = \text{Espesor deseado o estimado de la pieza (cm)}$$

$$\text{Volumen} = \text{Volumen del objeto, en este caso se obtiene multiplicando el área del producto por el espesor de pared deseado (cm}^3\text{)}$$

$$\text{Densidad} = \text{Densidad del plástico utilizado (gr/cm}^3\text{)}$$

$$\text{Área del cubo} = L \times L \times 6$$

$$40\text{cm} \times 40\text{cm} \times 6 \text{ caras} = 9600 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espesor de pared} = 0.5 \text{ cm}$$

$$\text{Volumen} = 9600 \text{ cm}^2 \times 0.5 \text{ cm} = 4800 \text{ cm}^3$$

$$\text{Densidad del PP} = 0.9 \text{ gr/cm}^3$$

Al conocer el volumen del objeto y la densidad del material los datos son substituidos en la fórmula para obtener el peso de la pieza.

$$\text{Peso} = \text{Volumen} \times \text{Densidad}$$

$$P = 4800 \text{ cm}^3 \times 0.9 \text{ gr/cm}^3$$

$$P = 4320 \text{ gr}$$

De esta forma, el valor obtenido de 4320 gr. equivale a 4.5 Kg. de PP. Este dato se multiplica por el precio actual del plástico y de este modo se conoce el costo referente a la materia prima.

El siguiente paso es obtener el precio del molde, conociendo que el volumen de producción es de 200 unidades se propone un molde de lámina de acero calibre 12, que responde a las necesidades de una baja producción y a la sencillez del objeto. De esta forma, la cotización del molde obtenida es de \$19 000.00. Este valor nos sirve para definir su amortización, la cual se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Costo del molde / volumen de producción}$$

$$\$19\ 000 / 200 = \$95.00$$

Entonces, para recuperar la inversión del molde se sumarán 95 pesos al costo final de la pieza.

Los gastos de producción dependen del proveedor, en muchos casos la variación de este factor entre varios rotomoldeadores es muy grande, esto se debe a diversas causas tales como: número de empleados, tipo de máquina seleccionada, materia prima utilizada (importada o local), margen de utilidad de la operación y sobre todo a la eficiencia del método utilizado por el proveedor para calcular sus costos. En este ejemplo el cubo fue cotizado utilizando una máquina tipo carrusel con un ciclo de 45 minutos, que arrojó los siguientes datos.

$$\text{Costo de producción: } \$198.00$$

Para incluir el costo de diseño existen dos métodos: si el diseño se desarrolló en la empresa que realizará la producción, dichos costos se incluirán en los gastos de producción, en contraparte, si fue desarrollado por un proveedor de diseño éste se incluye amortizado en el producto. Actualmente la madurez del mercado local está en proceso por lo que muy pocos rotomoldeadores contratan un despacho de diseño para el desarrollo de sus productos. Por este motivo no existe un estimado del costo-hora de diseño de piezas rotomoldeadas,

además determinar un estimado general es muy complejo, situación que puede observarse en el mercado de Estados Unidos. En este país, un despacho de diseño con cierta experiencia en el desarrollo de piezas rotomoldeadas cobra entre 75 y 150 dólares la hora de diseño, mientras que despachos reconocidos con gran experiencia en esta área pueden cobrar hasta 200 dólares la hora de diseño. Para que condiciones similares se den en el entorno local es necesario que haya un crecimiento constante de la industria, dentro del cual el diseñador participe activamente mostrando los beneficios de esta disciplina.

En este ejemplo el diseño no implica grandes complicaciones, únicamente se establecen los radios óptimos en las intersecciones del cubo, se realizó la selección del material y se estableció el espesor de pared óptimo, por lo que el costo del proyecto es de \$5,000.

Con estos datos se generó la siguiente tabla para determinar el costo de la pieza.

CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO U.	CANTIDAD	TOTAL	OBSERVACIONES
Costos de producción	ciclo	\$ 198.00	1	\$ 198.00	1*
UTILIDAD DEL PROVEEDOR	utilidad	50%	0.5	\$ 99.00	2*
Costo de molde	cavidad	\$19,000.00	1	\$ 95.00	3*
Costo de material	kilogramo	\$ 25.00	4.5	\$ 112.50	4*
Costo de diseño	proyecto	\$ 5,000.00	1	\$ 25.00	5*
TOTAL				\$ 529.50	

tabla 14 Costo A del cubo

- 1* Están incluidos los gastos directos e indirectos de fabricación.
- 2* El margen de utilidad de la operación es muy variable y depende del mercado.
- 3* El molde fue cotizado en lámina de acero cal. 12. La amortización es obtenida al dividir el costo del molde entre el número de veces que se utilizará, en este caso son 200 ciclos.
- 4* El costo de la resina por kilo se multiplica por la cantidad requerida para obtener una pieza con un espesor de 5 mm. En este caso son 4.5 Kg
- 5* El costo de diseño se amortiza de manera similar al molde. En este ejemplo los gastos de diseño ascienden a \$5 000 y la producción es de 200 piezas.
El resultado de dividir 5000/200 = \$ 25

Con los datos presentados, el costo de la pieza es de \$529.5. Para observar cómo afectan los otros factores el precio final del producto se considerará el uso de un molde con dos cavidades.

CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO U.	CANTIDAD	TOTAL	OBSERVACIONES
Costos de producción	ciclo	\$ 210.00	2	\$ 105.00	1*
UTILIDAD DEL PROVEEDOR	utilidad	50%	0.5	\$ 52.50	2*
Costo de molde	cavidad	\$ 14,000.00	2	\$ 140.00	3*
Costo de material	kilogramo	\$ 25.00	4.5	\$ 112.50	4*
Costo de Diseño	proyecto	\$ 5,000.00	1	\$ 25.00	5*
TOTAL				\$ 435.00	

tabla 15 Costo B del cubo

- 1* Al moldear dos piezas aumenta un poco el costo de producción, sin embargo, al fabricarlas en el mismo ciclo dichos costos se dividen entre dos .
- 2* Se mantiene el porcentaje del margen de utilidad de la operación. Al modificar los costos de producción, este valor se actualiza. Es importante mencionar que se presenta el costo unitario de la pieza.
- 3* Algunas veces el precio de la segunda cavidad es menor, en este caso fabricar dos cavidades cuesta \$28 000, por lo que la amortización es de \$140.
- 4* El costo de material se mantiene ya que se está calculando el precio final de cada pieza.
- 5* El costo de diseño se mantiene.

Con esta variable de producción el costo del cubo es de \$ 435.00. La diferencia entre utilizar una cavidad o dos se traduce en un ahorro de \$94.50. En este ejemplo, modificando sólo uno de los principales factores se obtuvo un precio diferente ¿qué pasaría si el molde es de aluminio y la producción de 10 000 piezas?, ¿y si se moldearan cuatro piezas en un ciclo?, ¿qué sucedería si la materia prima es Nylon o Policarbonato?, ¿cómo afectaría un espesor de pared menor? Todas estas condicionantes deben ser consideradas por el diseñador al concebir un producto, asumiendo la responsabilidad que tiene con la empresa que trabaja, su disciplina, entorno y comunidad.

Finalmente y para resumir la información presentada en el manual, se realizará el estudio de diseño de un objeto que englobe las principales características del rotomoldeo.

“Es difícil hablar del origen de una idea, es una de esas cosas que no deseas revelar. Es como una visión, como una imagen que se sueña despierto, como un relámpago que es imposible detener o conjurar. Cuando una idea inédita queda libre en el aire hay que darle la oportunidad de volar alegremente, para que pueda dar pie al júbilo de la creación.”

9. Estudio de diseño

Tappio Wirkkala

Realizar el diseño de un producto implica establecer un método de trabajo para ejecutarlo de manera organizada y sistemática. En este ejercicio se decidió utilizar el método propuesto en la norma ISO 9001:2000. Esta norma se compone de un conjunto de requisitos relacionados con la calidad, tanto en la planeación, como en el diseño-desarrollo, en la producción y en los servicios posventa.

Por su extensión, únicamente se revisará lo relativo al diseño y desarrollo del producto, expuesto en el punto 7.3 del capítulo 7.

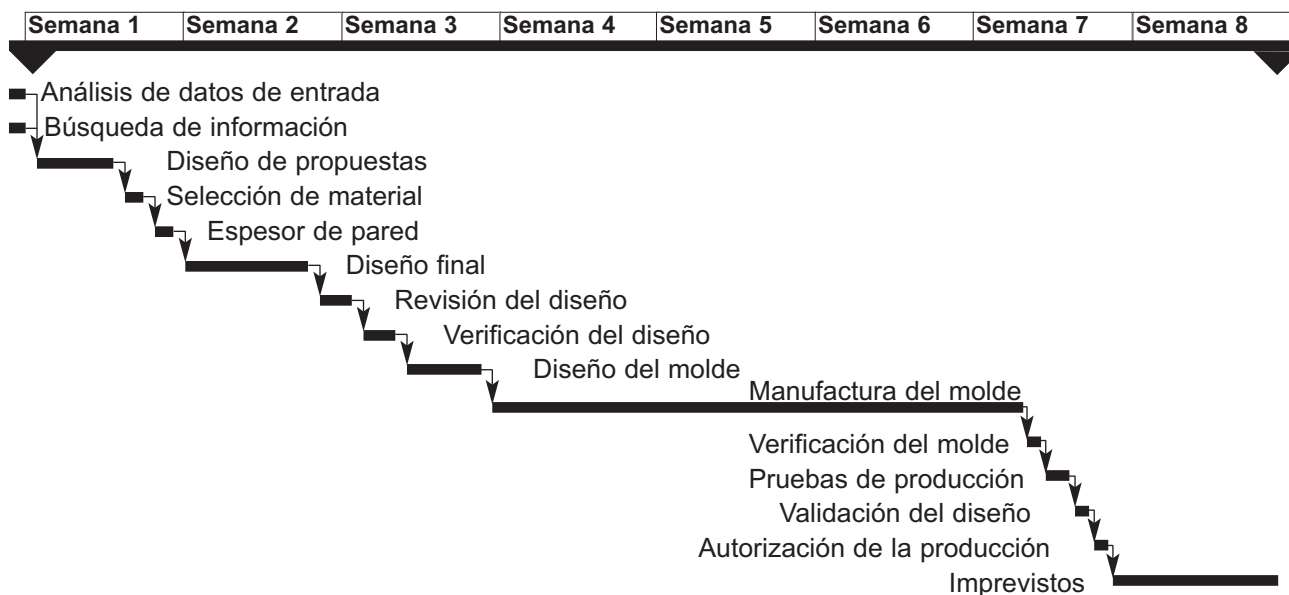
7.3 DISEÑO Y DESARROLLO	ACTIVIDADES
7.3.1 Planificación del diseño y desarrollo	El plan de diseño y desarrollo del programa debe considerar: <ul style="list-style-type: none"> • Las etapas de diseño y desarrollo • La revisión, verificación y validación aprobadas para cada etapa del diseño y desarrollo • Las responsabilidades y autoridades para el diseño y desarrollo • Es importante gestionar las interfases entre los diferentes grupos involucrados en el diseño y desarrollo para asegurar una comunicación eficaz y una asignación clara de responsabilidades.
7.3.2 Elementos de entrada para el diseño y desarrollo	Los elementos de entrada deben incluir: <ul style="list-style-type: none"> • Los requisitos funcionales y de desempeño • Los requisitos legales y reglamentos aplicables • Información de diseños previos similares
7.3.3 Resultados del diseño y desarrollo	Los resultados de diseño y desarrollo deben: <ul style="list-style-type: none"> • Cumplir los requisitos de los elementos de entrada para el diseño y desarrollo • Proporcionar información apropiada para la compra, la producción y la prestación del servicio • Contener o hacer referencia de los criterios de aceptación del producto, y especificar las características del producto que son esenciales para el uso seguro y correcto
7.3.4 Revisión del diseño y desarrollo	Deben realizarse revisiones sistemáticas del diseño y desarrollo de acuerdo con lo planificado, además de evaluar la capacidad de los resultados de diseño y desarrollo para cumplir los requisitos e identificar cualquier problema y proponer las acciones correctivas.
7.3.5 Verificación del diseño y desarrollo	Se debe realizar la verificación de acuerdo con lo planificado para asegurar que los resultados cumplen los requisitos de los elementos de entrada del diseño y desarrollo.
7.3.6 Validación del diseño y desarrollo	Se debe realizar la validación del diseño y desarrollo de acuerdo con lo planificado para asegurar que el producto resultante es capaz de satisfacer los requisitos de la aplicación especificada o uso previsto. Siempre que sea factible, la validación debe completarse antes de la entrega o implementación del producto. Deben mantenerse registros de los resultados de la validación y de cualquier acción que sea necesaria.
7.3.7 Control de cambios del diseño y desarrollo	Los cambios del diseño y desarrollo deben identificarse y registrarse. Los cambios deben revisarse, verificarse, validarse y aprobarse antes de su implementación. La revisión de los cambios del diseño y desarrollo debe incluir la evaluación del efecto de los cambios en las partes constitutivas y en el producto ya entregado.

tabla 16 Punto 7.3 de la Norma ISO 9001:2000

Considerando las actividades a realizar, se presenta el primer punto que establece la Norma ISO 9001:2000.

PLANIFICACIÓN DEL DISEÑO Y DESARROLLO

El siguiente plan está resumido y presenta los puntos principales para facilitar el control del proyecto.



Id	SISTEMA DE EXHIBICIÓN DE PRODUCTOS	DURACIÓN	COMIENZO	FIN	PREDECESORAS
1	ADMINISTRACIÓN DE TAREA	55.75 días	21-07-03	06-10-03	
2	ANÁLISIS DE DATOS DE ENTRADA	0.5 día	21-07-03	21-07-03	
3	BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN	0.5 día	21-07-03	21-07-03	
4	DISEÑO DE PROPUESTAS	3.0 días	21-07-03	24-07-03	3.2
5	SELECCIÓN DEL MATERIAL	1.0 día	24-07-03	25-07-03	4
6	DEFINIR ESPESOR DE PARED	1.0 día	25-07-03	28-07-03	5
7	DISEÑO FINAL	4.0 días	28-07-03	01-08-03	6
8	REVISIÓN DEL DISEÑO	0.5 día	01-08-03	01-08-03	7
9	VERIFICACIÓN DEL DISEÑO	0.5 día	04-08-03	04-08-03	8
10	DISEÑO DEL MOLDE	2.0 días	04-08-03	06-08-03	9
11	MANUFACTURA DEL MOLDE	30.0 días	06-08-03	17-09-03	10
12	VERIFICACIÓN DEL MOLDE	0.25 día	17-09-03	17-09-03	11
13	PRUEBAS DE PRODUCCIÓN	2.0 días	17-09-03	19-09-03	12
14	VALIDACIÓN DEL DISEÑO	0.5 días	19-09-03	22-09-03	13
15	AUTORIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	0.5 días	22-09-03	22-09-03	14
16	IMPREVISTOS	10.0 días	22-09-03	06-10-03	15

tabla 17 Planificación del diseño y desarrollo

Una vez realizada la planificación del diseño y desarrollo, el siguiente paso es conocer los elementos de entrada del producto, mismos que se presentan a continuación:

ELEMENTOS DE ENTRADA PARA DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTO

	Fecha	Folio
	30 julio de 2003	A-001
Nombre del producto:	Sistema de exhibición de productos	
Uso del producto:	Se exhibirá ropa y calzado en tiendas departamentales	
Cliente:	Accesorios de novedad S.A. de C.V.	
Listado de características del producto		
Capacidad:	500 Kg.	
Dimensiones requeridas:	Tendrá tres áreas de exhibición de 110cm x 55cm x 45cm	
¿Se utilizará en áreas internas o externas?	Internas	
¿Estará expuesto a impactos severos?	No	
¿El producto servirá para almacenar algún químico?	No	
Color	Amarillo, rojo, naranja y verde.	
¿Requiere algún accesorio?	Requiere rodajas con seguro para facilitar su uso, además el logotipo de la empresa deberá incluirse en el producto	
¿Se utilizará con alguna máquina o herramienta especial?	No	
¿Se maneja a mano?	Sí	
¿Se requiere alguna etiqueta especial?	No es necesario	
Requerimientos legales a cumplir:	No hay norma establecida	
Requerimientos medioambientales a satisfacer:	Deberá marcarse el tipo de plástico que se utiliza	
¿Se requiere cumplir con las normas de la FDA?	No es necesario	
¿El acabado del producto es determinante?	Sí, ya que es un producto que exhibirá diversos objetos	
Temperatura de uso:	50°C	
Volumen de producción:	Se requiere una producción inicial de 200 piezas	
Características de mayor importancia del producto		
Tener una capacidad de 500 Kg y respetar el área de uso establecido		

OBSERVACIONES

El diseño de la pieza tendrá que presentarse al cliente para su validación y aprobación.

tabla 18 Elementos de entrada para diseño y desarrollo del producto

Es necesario complementar estos datos de entrada con información adicional para cumplir con los requerimientos establecidos, en este caso se presentan algunos aspectos a considerar:

- Se recomienda utilizar rodajas de uso rudo de 250 kg de 3" de diámetro.
- Se utilizarán insertos ciegos para fijar las rodajas.

1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Artículo:

Sistema de exhibición de productos

Uso:

Exhibición de ropa y calzado en tiendas departamentales

2. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Características físicas

¿Es muy importante obtener dimensiones precisas?

No es un requisito indispensable porque el producto no se ensambla con otro objeto.

¿Flexible o rígido?

Flexible, por el uso que tendrá.

¿Se requiere un plástico transparente?

No, porque se requieren piezas de colores: rojo, amarillo, naranja y verde.

Factores de deformación y alabeo:

Es importante evitar estos factores en el producto, por lo que el material deberá garantizar una deformación mínima.

Complejidad de la forma:

El producto no tiene grandes restricciones por lo que la solución puede ser muy sencilla.

Características mecánicas

Resistencia al impacto:

Estas tres características del material son importantes en este producto aunque no hay elementos que delimiten el énfasis en alguna de ellas.

Resistencia a la tensión:

Resistencia a la flexión:

Resistencia química

Contacto continuo con:

Solventes inorgánicos.

¿Es importante el costo de la materia prima?

Sí, seleccionar un material económico, que cumpla ampliamente con las características del producto es muy importante.

Temperatura óptima de uso:

La temperatura máxima de uso es de 50°C

Otras características:

¿Se utilizará como aislante térmico?

No

¿Se utilizará como aislante acústico?

No

Aspectos ecológicos:

Futuro reciclaje del material

3. COMPARACIÓN

Material que se utiliza actualmente:

Existen diversos sistemas de exhibición de madera y metal. La madera se corta y ensambla, el metal se corta, dobla y suelda.

Proceso de producción que se utiliza:

Defectos y virtudes del producto similar:

Estos productos son muy pesados, aunque se utilizan comúnmente por su costo, ya que el volumen de producción no es un factor determinante.

4. OBSERVACIONES

Considerando los requerimientos del producto, las opciones de material que se pueden proponer son PP o PE, pues ambas tienen buena resistencia al impacto, no son transparentes y trabajan sin problemas bajo la temperatura establecida. El Polipropileno sobrepasa ampliamente los requerimientos del producto, lo cual no es recomendable porque genera un producto más caro. Con base en estos datos se puede concluir que la opción adecuada es el PE. En la familia de los Polietilenos existen grandes diferencias, sin embargo, de acuerdo a los requerimientos establecidos, el LLDPE cubre la mayoría de las expectativas porque presenta buena resistencia al impacto, al alabeo, tiene excelente ESCR y no se deforma bajo temperaturas menores a los 60°C.

5. MATERIAL QUE SE PROPONE

LLDPE

El material elegido es el LLDPE, por lo que para comenzar a realizar el diseño del exhibidor sólo falta definir el espesor de pared del producto.

$$E = \frac{33.19 \text{ Kpa} \times 525 \text{ mm}}{3619 \text{ Kpa}}$$

$$E = 4.81 \text{ mm}$$

ESPESOR DE PARED DEL EXHIBIDOR

Para calcular el espesor de pared se utiliza la siguiente fórmula:

$$E = \frac{P \times L}{Sd}$$

E = Espesor de pared

P = Presión (Kpa)

L = Longitud máxima existente entre soportes (mm)

Sd = Design Hoop stress for resin (Kpa)

Datos Adicionales

La selección de material dictaminó utilizar un Polietileno lineal de baja densidad, en este caso el plástico distribuido por A. Schulman con el nombre comercial de POLYAXIS CP 812, es la opción adecuada.

L = 525 mm (dimensión obtenida del diseño)

Sd = 3619 Kpa (dato suministrado por el proveedor)

Con estos datos el único factor desconocido es la presión, la fórmula para calcularla es:

$$P = F/A$$

F = Fuerza en Newtons

A = Área de distribución de la fuerza

El exhibidor debe resistir 500 kg. por lo que debe encontrarse su equivalencia en unidades de fuerza:

$$F = 500 \text{ kg}$$

$$1 \text{ kgf} = 9.81 \text{ N}$$

$$F = 500 \times 9.81 = 4414.5 \text{ N}$$

El siguiente dato a obtener es el área que soportará la presión. En este caso es la sumatoria del área de todas las patas (2); cada una tiene un área de 738.8 cm² (dato obtenido del diseño)

$$\sum A1-A2 = 1477.6 \text{ cm}^2 = 0.14776 \text{ m}^2$$

$$P = F/A = 4905 \text{ N}/0.14776 \text{ m}^2 = 33195.7 \text{ N/m}^2$$

$$P = 33.19 \text{ Kpa}$$

Al obtener el dato de la presión puede realizarse la substitución en la fórmula para obtener el espesor de pared:

El proyecto en su parte teórica, ha cumplido su objetivo: definir el plástico ideal y establecer el espesor de pared. Las características establecidas que requiere cumplir el producto, junto con estos datos, permiten realizar la propuesta de diseño.

RESULTADOS DE DISEÑO Y DESARROLLO

Conocer el espesor de pared del exhibidor y la materia prima permite generar la propuesta de diseño. En este caso, realizar varios bocetos y considerar diversas propuestas enriqueció la propuesta final. Hay que tomar en cuenta que el diseño de un producto no es un proceso lineal, en muchos casos es necesario considerar diferentes factores para llegar a una solución determinada, que es una propuesta de una o varias personas que proyectan y exponen su pensamiento. Además, es necesario indicar que cada proyecto está determinado por características propias que establecen situaciones cambiantes. El diseñador debe considerar toda esta información, aunque no siga una secuencia establecida (que es en sí muy complicado), pues cada individuo tiene su propio método de diseño y sin embargo, todos persiguen el mismo objetivo de generar una propuesta de diseño que cumpla con todos los requerimientos del proyecto. Esta situación ha sido considerada en la Norma ISO 9001, que es utilizada en todo el mundo, demostrando su eficacia para organizar y establecer criterios de unificación y comunicación global, sin embargo, el procedimiento para generar una idea le sigue correspondiendo a los diseñadores, quienes continúan desarrollando sus proyectos en base a sus cualidades y a su percepción del problema.

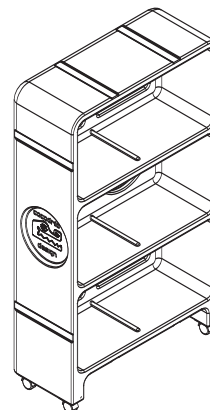


fig. 45 Isométrico del exhibidor

Características del producto:

- Las dimensiones generales son:
208.9 cm x 120 cm x 50 cm con tres compartimentos de 110 cm x 55 cm x 45 cm.
- El diseño utiliza columnas permanentes que mejoran el desempeño mecánico del producto.
- El exhibidor tiene insertos ciegos en la base que sirven para colocar cuatro rodajas de 3" de diámetro.
- Para incluir el logotipo de la empresa en el producto, el molde tendrá un inserto con dicha imagen en bajorrelieve, para que ésta se estampe en el plástico.
- Por la configuración del producto existen varias zonas planas en el producto, las cuales tienden a deformarse fácilmente, para evitar dicha deformación se colocaron pequeños bajorrelieves que contrarrestan este factor.
- La vida útil del producto es de 5 años, de acuerdo al material seleccionado.
- El precio de este sistema de exhibición que se cotizó es de \$1,600.00, el cual incluye amortización del molde, cuatro rodajas de 3", gastos de producción, gastos indirectos, diseño de producto, flete, además del margen de utilidad de la operación.



fig. 46 Diseño del sistema de exhibición

Una vez explicadas sus características, se presentan las vistas generales del producto y detalles de zonas importantes.

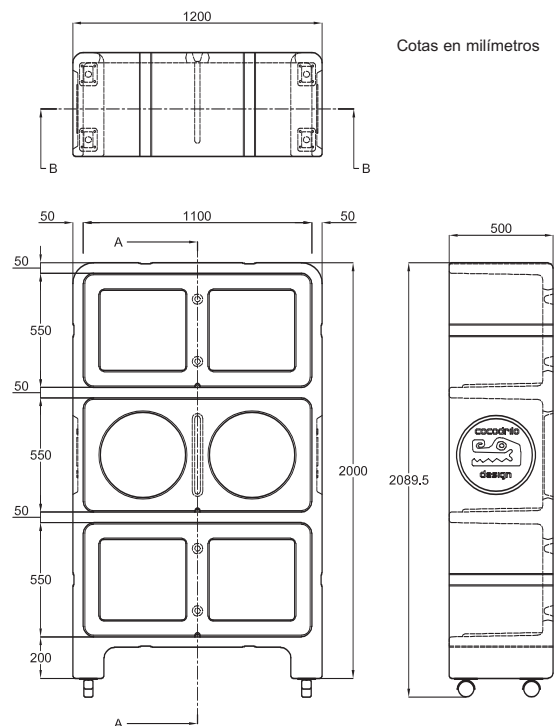


fig. 47 Vistas generales del producto

Estas vistas muestran la configuración del producto y sus dimensiones generales. Aquí se observan las columnas de forma cónica, los huecos de forma cuadrada y circular que crean estructuras internas y la ubicación del logotipo. Además, se marcan los cortes A-A y B-B para mostrar detalles importantes de diseño.

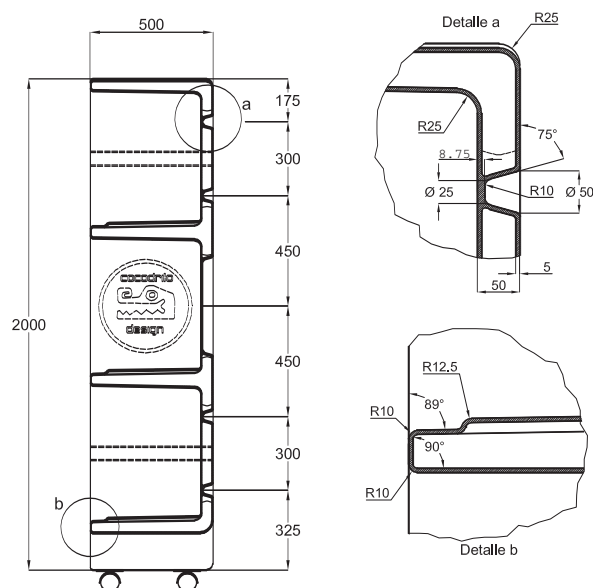


fig. 48 Corte A-A del producto y detalles

Detalle a

La distancia óptima para moldear columnas permanentes es de 1.75 veces el espesor de pared del producto, parámetro que se cumple en el diseño de la pieza de plástico.

Detalle b

El ángulo de salida en la parte interna del exhibidor es de 1° para facilitar su remoción. Este valor no se aplicó en la parte externa del producto, pues la altura no es muy grande y la materia prima utilizada es Polietileno.

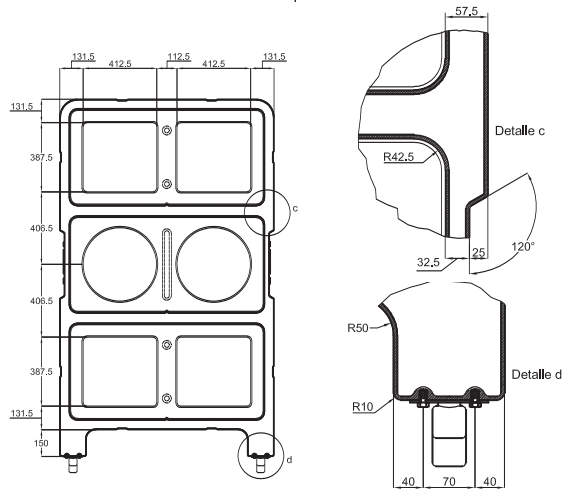


fig. 49 Corte B-B del producto y detalles

Detalle c

El diseño respeta el parámetro para moldear zonas de doble pared, que establece una longitud entre paredes equivalente a cinco veces el espesor del producto.

Detalle d

Los insertos ciegos servirán para fijar las rodajas al producto, en este caso las restricciones para utilizarlos adecuadamente se cumplen ampliamente.

MATERIA PRIMA

Para determinar la cantidad de materia prima necesaria, se utilizará la siguiente fórmula:

Peso = VOLUMEN x DENSIDAD
(área x espesor de pared) (gr/cm³)

El área del exhibidor = 104758 cm²
El espesor de pared = 5 mm = 0.5 cm (Ver página 54)
Densidad del LLDPE = 0.938 gr/cm³

Peso = (104758 cm² x 0.5 cm) x 0.938 gr/cm³
Peso = 52379 cm³ x 0.938 gr/cm³
Peso = 49131 gr
Peso = 49.13 Kg

La materia prima de LLDPE que se requiere para moldear este exhibidor con un espesor de 5 mm es de 49.13 Kg. Para cerrar el valor, se considerarán 49.5 Kg de plástico.

El paso consecuente tras generar la propuesta de diseño, conocer la materia prima y el espesor de pared, es establecer el tipo de molde ideal para el producto, para lo cual se utilizará la tabla de selección del molde:

1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Artículo:

Sistema de exhibición de productos

Uso:

Exhibición de ropa y calzado en tiendas departamentales

2. CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE

Tamaño del producto

Las dimensiones de la pieza de plástico son: 200cm x 120cm x 50cm y al construir el molde se tendrá que considerar la contracción del plástico y del metal que se utilice para su fabricación.

Complejidad de la forma del producto

El producto no presenta dobles curvaturas, sino que está formado por planos que se intersectan con ángulos preestablecidos. Las partes más complejas son las columnas permanentes debido a su configuración.

Precisión entre cavidades

Se permite la tolerancia estándar entre las cavidades.

Acabado de la superficie del molde

Sin textura.

Tiempo de entrega	No es un factor determinante.
Volumen de Producción	200 piezas.
Número de cavidades	Por el tamaño del producto y el volumen de producción se propone una cavidad, utilizando un brazo de la máquina.
Inversión	El cliente quiere realizar una inversión mínima.
¿Es necesario que la línea de partición del molde se oculte?	Sí es un factor importante, por lo que es recomendable ocultar la línea de partición.
Entorno de uso del producto (hogar, oficina, exterior)	Tiendas departamentales.

3. COMPARACIÓN

Tipo de Molde que utilizan productos similares	Lámina de acero al carbón o de acero inoxidable.
--	--

4. OBSERVACIONES

El volumen de producción es bajo, por lo que cualquier tipo de molde puede garantizar la producción. La complejidad del producto no es un factor determinante, sin embargo, el tamaño del producto y su acabado sí lo son. Además, la inversión que se quiere realizar en el desarrollo del molde es mínima, considerando que es un producto nuevo. Teniendo presente estos datos se propone un molde de lámina, que puede ser de aluminio, de acero o de acero inoxidable. El molde de lámina de acero inoxidable sería el ideal si el volumen de producción fuera mayor, mientras que el molde de lámina de aluminio, es ideal para piezas con pocos puntos de unión por la dificultad que implica soldar las placas de aluminio. Ante este panorama, se considera que la mejor opción es el molde de acero al carbón, debido a su bajo costo, experiencia previa al utilizar este material y a la maleabilidad de la lámina para crear formas complejas. La principal desventaja de esta elección es el acabado del molde, el cual puede mejorarse aplicando una capa de Teflón® como desmoldante, dicha capa cubrirá algunos poros mejorando la apariencia del producto terminado.

5. TIPO DE MOLDE QUE SE PROPONE	Lámina de acero al carbón*
---------------------------------	----------------------------

*Por los requerimientos del producto la mejor opción en cuestión del molde es el de lámina de acero, el cual se describe a continuación.

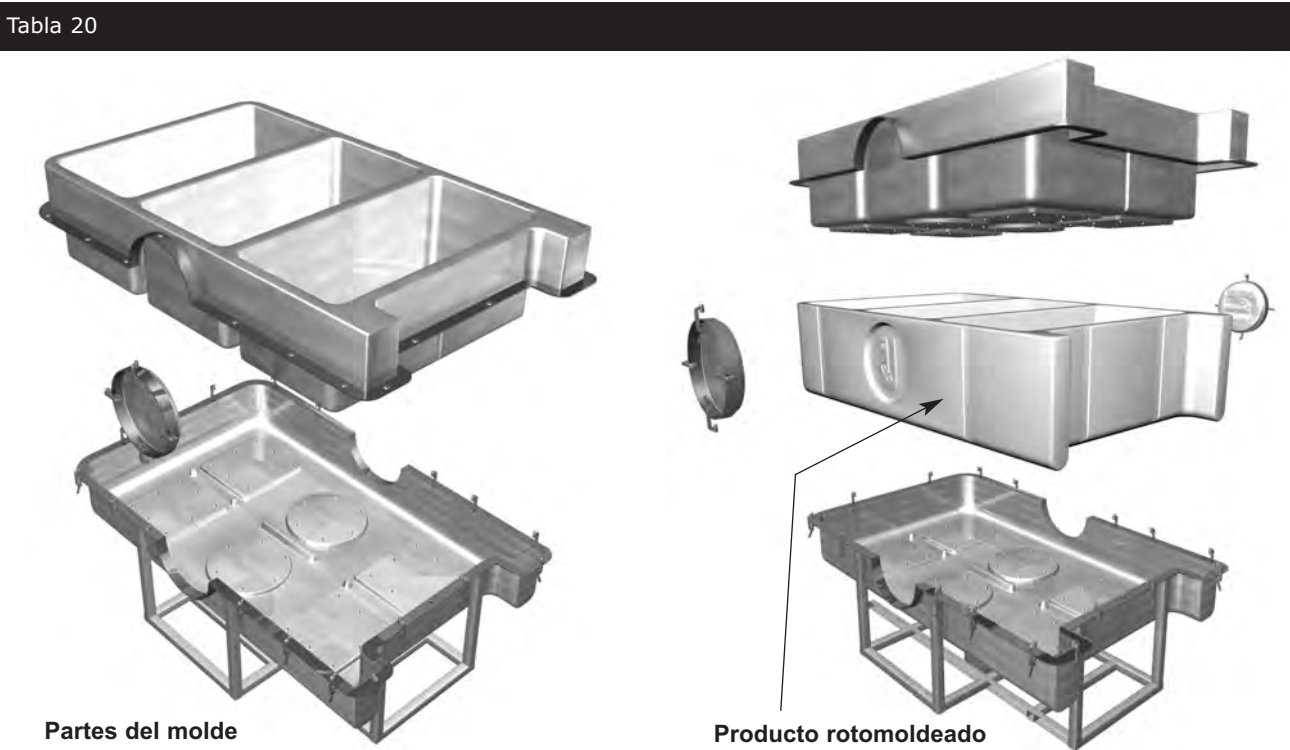


fig. 50 Molde del producto

- El molde debe considerar la contracción del material, en este caso es LLDPE que tiene una contracción aproximada del 3%.
- Tubos de respiración o venteo.
- Estructura y placa de montaje.
- Puntos para colocar insertos ciegos.
- El molde se cotizó en lámina de acero NOM 1020 cal. 14, y se requiere una cavidad, su costo es de \$ 75 000.
- El tiempo de entrega de las cavidades del molde es de cinco semanas.
- El tiempo de entrega de los 200 exhibidores es de ocho días a partir de la aprobación de la muestra del producto.

Ciclo aproximado del exhibidor = 45 minutos

1 turno = 8 horas = 480 minutos

1 turno = 10.66 pzas

90% de eficiencia = 0.9×10.66

= 9.5 piezas por turno = 9 piezas

Se planea realizar la producción en tres turnos por día, de tal manera que:

3 turnos x 9 piezas por turno = 27 piezas por día

De tal forma, para conocer los días hábiles necesarios para producir 200 piezas se realiza la siguiente división:

$200 \text{ piezas} / 27 \text{ piezas por día} = 7.4 \text{ días} = 8 \text{ días}.$

Así se concluye que para fabricar este pedido, con las características antes descritas, se necesitan 8 días hábiles.

VERIFICACIÓN DEL DISEÑO Y DESARROLLO

La verificación es una etapa muy importante del proyecto, sin embargo, en este ejemplo se llegó únicamente a la etapa de diseño del molde. El desarrollo se realizó de acuerdo a los parámetros establecidos en el programa del proyecto, considerando y revisando las opciones de diseño propuestas.

VALIDACIÓN DEL DISEÑO Y DESARROLLO

La validación del diseño fue llevada a cabo por un grupo de expertos en el área del rotomoldeo, quienes verificaron la tabla de selección de material y la de selección del molde, también revisaron el diseño del producto.

CONTROL DE CAMBIOS DEL DISEÑO Y DESARROLLO

El diseño no ha sufrido cambios a partir de lo presentado en este manual.

10. Conclusiones

Uno de los objetivos más importantes planteados en este manual es la creación de una base técnica del rotomoldeo, la cual ayude al diseñador a justificar y demostrar la factibilidad técnica del producto desarrollado. De este modo, el tiempo que el diseñador invierte en la investigación acerca de este tema disminuirá, permitiéndole enfocar sus esfuerzos a la realización de ejercicios de experimentación formal, conceptual, estudios de ergonomía, investigación de nuevas aplicaciones, medio ambiente, etc., además de facilitar la generación de propuestas innovadoras y consecuentemente el surgimiento de nuevas vías de desarrollo que permitan el avance de la disciplina del Diseño Industrial. En un escenario como éste podrán destacar las habilidades propias del diseñador industrial, entre ellas el manejo de la estética y la aplicación de los principios de la ergonomía. Así, conocer la función básica de la estética (diferenciar y aislar un objeto), representa una ventaja competitiva al servicio de las empresas que quieren productos innovadores. En cuanto a los aspectos ergonómicos, el conocimiento y visualización de la relación entre el ser humano y los objetos, que esencialmente es funcional, ayudan a desarrollar productos que mejoran esa relación. Al considerar estas ventajas, las perspectivas de consolidación de esta disciplina serán viables y se desmentirá la creencia de que la única facultad que poseen los diseñadores es embellecer los objetos, la cual dista mucho de la realidad. Para profundizar un poco más en este punto se exponen a continuación dos corrientes de diseño que formalizan puntos de vista alternos, partiendo de la concepción de un objeto.

El diseño universal es una filosofía que propone crear objetos o servicios que sean utilizados por la mayor cantidad de personas, sin establecer divisiones que limiten el uso de ese producto para un grupo determinado (ejemplo: discapacitados, niños). Este tipo de diseño se ha visto fortalecido últimamente, a pesar de exigir una planificación detallada, que puede verse apoyada por la conformación de un grupo interdisciplinario de trabajo, pues facilita la obtención de resultados afines a los ideales de esta corriente. Un punto trascendente propuesto por esta tendencia es la consideración de las principales habilidades del ser humano durante las diferentes etapas de su vida, lo cual favorece la creación de un objeto para personas con habilidades diferentes. Otros lineamientos que enmarcan las principales ideas del diseño universal son: crear un objeto sim-

ple e intuitivo, flexible, que presente tolerancia al error, que aproveche los sentidos del ser humano para transmitirle información por diferentes vías, y que al utilizarlo requiera el mínimo esfuerzo físico, entre otros aspectos.

Otra tendencia que está surgiendo con gran fuerza es el diseño para el medio ambiente o ecodiseño. Su prioridad es reducir el impacto negativo del objeto en el medio ambiente, por lo que considera aspectos clave tales como: producción, selección de material, y el reciclaje planteado como una parte integral del ciclo de vida útil del producto. Este último aspecto se torna cada vez más importante, ya que la conciencia del consumidor y las normas ecológicas aplicadas aumentan cada día en todo el mundo. El diseño ecológico también propone tomar en cuenta otros aspectos tales como: diseñar para satisfacer necesidades reales y no pasajeras, considerar el uso de energías alternativas (eólica, solar etc.), excluir sustancias tóxicas que dañen al ambiente y a los seres humanos durante el proceso de producción o en la selección del material, considerar el uso de materia prima local, diseñar para convertir productos en servicios, etc.

Mencionar estas tendencias establece una visión diferente de la disciplina del Diseño Industrial, pues muestran aportaciones al proceso de concepción de un producto. Aunado a esta situación, se encuentra el hecho de que un diseñador participe activamente en un grupo interdisciplinario, pues facilita la integración de las ideas del grupo sintetizándolas en un objeto útil y práctico, logrando una identidad particular valiéndose de la estética, obteniendo un resultado que surge del pensamiento de diversas personas. Formar estos grupos interdisciplinarios es trascendental en el desarrollo social y económico de las localidades, pues si estos esfuerzos se dirigen hacia el desarrollo tecnológico, encontrarán una vía segura para su crecimiento. Sin embargo, esto implica afrontar retos muy grandes, para hacerlo adecuadamente y tener mayores posibilidades de éxito deben asignarse responsabilidades a cada disciplina e involucrarlas en el proceso. Esto, en principio, garantiza la satisfacción de necesidades locales, de tal forma que las soluciones planteadas tendrán un enfoque particular de la zona en que se gestó. Este resultado es lógico, pues se deriva de las diferencias existentes en cuanto a recursos naturales, económicos y tecnológicos de cada localidad, consecuente-

mente, la identidad de la propuesta será el reflejo franco de un pensamiento particular, cuya originalidad puede facilitar su aceptación en otras latitudes. Ante este panorama, la única manera para que el diseño obtenga el lugar que le corresponde dentro del desarrollo de productos es asumiendo sus propias responsabilidades.

Es necesario que todos los involucrados en la generación de desarrollo tecnológico estén concientes de la importancia de formar grupos interdisciplinarios para que así establezcan las condiciones que provoquen su creación. Un caso común, donde se observa el trabajo conjunto de diversas disciplinas, es cuando se aplican principios científicos al diseño a través de las ingenierías, por ejemplo, al desarrollar un producto nuevo se consulta a un ingeniero para definir aspectos técnicos que el diseñador no domina. Esta situación se presenta porque ambas áreas saben que, al integrarse y respetar las virtudes y habilidades de cada una, los resultados obtenidos generalmente son mejores. Un producto surgido en nuestra época debe considerar factores humanos, ecológicos y estéticos, además de competir en precio y calidad, para conjugarlos de manera adecuada es trascendental la intervención del Diseño Industrial y la Ingeniería, entre otras áreas. Mejorar únicamente el proceso y disminuir los costos de un producto formalmente limitado, puede garantizar su aceptación en el mercado, mas no cubrirá los requisitos suficientes para ser líder.

Para finalizar este manual se mencionarán las perspectivas del proceso revisado. El moldeo rotacional como industria está evolucionando y creciendo firmemente. El desarrollo tecnológico que está generando reafirma sus principales características y cualidades, evitando así, la comparación con otros procesos de producción. El reconocimiento de sus principales virtudes y su fortalecimiento es la clave para establecer un crecimiento constante. Consecuente a estas condiciones, la característica del proceso de producir objetos muy grandes, imposibles de obtener con otras técnicas, implica el surgimiento de empresas locales, pues el tamaño de las piezas crea condiciones adversas para transportarlos, de tal modo que resulta más sencillo implementar este tipo de industrias para cubrir las necesidades de las poblaciones más próximas. Así mismo, importar y exportar es complicado, mas no imposible; la disparidad de la moneda es un factor que facilita estos movimientos, de modo que el precio de la pieza puede absorber los costos de transportación. Si se sabe de antemano que el producto va a ser sometido a alguno de estos procesos sería de gran utilidad considerar en el diseño un método para simplificar esta tarea.

En México existen varias empresas dedicadas a producir objetos rotomoldeados, de éstas sobresalen tres o cuatro que se han posicionado en el mercado. Algunos de estos productores lo han logrado especializándose en áreas muy determinadas, otros han sido más flexibles produciendo gran variedad de objetos, algunos más procesan únicamente determinados plásticos, etc. Su ubicación está extendida por todo el país, considerando satisfacer necesidades locales, lo cual no significa que el mercado no pueda aceptar más empresas de este tipo; por el contrario, aún falta el desarrollo de técnicas, objetos, y procesos, que representan un nicho de mercado viable. En algunos casos utilizar Policarbonato o Nylon como materia prima puede definir la línea de una empresa nueva, otra más puede especializarse en la manufactura de moldes o en el diseño y desarrollo del producto. La diversificación asegurará el crecimiento de esta industria y la brecha tecnológica existente en algunas áreas del rotomoldeo puede salvarse con el esfuerzo de diversos sectores. Resalta la participación de las empresas líderes en el país, que han procurado mantenerse al día en cuestiones técnicas del proceso; este trabajo puede complementarse si se involucra a las universidades, ya sea impartiendo algún seminario del tema u ofreciendo cursos en escuelas de diseño e ingeniería, en los que se expongan las características únicas de este proceso. Además, resulta esencial la inversión tanto pública como privada, pues la era en donde lo máspreciado son los recursos naturales está por llegar a su fin, para pasar a otra donde lo máspreciado son los recursos humanos. Es importante considerar esto, ya que nuestro país es muy rico en recursos naturales si se le compara con otros países, sin embargo, estos recursos únicamente han beneficiado a un sector muy pequeño. Ahora debe marcarse como prioridad la conservación de esos recursos y la concepción de otros diversos, utilizando la capacidad del personal, de modo que se desarrollen nuevas ideas, por supuesto, sin dejar a un lado el aspecto humanístico, que debe mantenerse siempre a la par, cuestionando y definiendo nuevas rutas que dirijan el objetivo común de la nación. Indudablemente existen y existirán demasiados problemas para implementar y crear el escenario ideal para que todo esto surja, sin embargo, alguien tiene que asumir la responsabilidad de generar propuestas concretas, empleando concientemente nuevas técnicas que estimulen la confianza de los inversionistas. De esta manera, tendremos la oportunidad de participar y dar nuestro punto de vista, desde el único lugar al que pertenecemos y así dejar atrás los lamentos de atraso tecnológico que sufre el país. El hecho de no asumir esa responsabilidad nos quitará una oportunidad para proponer una realidad similar a la que imaginamos.

11. Glosario de términos

Abrasión. Propiedad de un material para soportar las acciones mecánicas, tales como la fricción.

Alabeo. Deformación en el plástico después de retirar la pieza del molde.

Ángulo de desmolde. Ángulo de la pared de una cavidad que le da salida a una pieza moldeada.

Agente de desmolde. Aditivo que se aplica a las cavidades de los moldes para facilitar la salida de los productos formados.

Almost Kiss off. Relieve que se forma durante el proceso con el objeto de hacer una columna momentánea, la cual se forma únicamente al someter a cargas al producto, que ocasionan que las caras superior e inferior se toquen.

Amorfo. No cristalino, sin un orden molecular definido.

American Society for Testing and Materials (ASTM). Sociedad que se encarga de realizar los procedimientos estandarizados de las pruebas a las que se someterán los materiales, con el fin de garantizar su funcionamiento.

Araña. Aditamento especial en el que se pueden colocar varios moldes para formar diferentes piezas en un ciclo.

Brazo. Elemento de la máquina que genera el movimiento biaxial con mecanismos especiales, al cual se ensambla el molde o araña.

Cavidad. Se refiere al elemento que da la forma a cada pieza individual en un molde de formación. El molde puede ser de inyección, termoformado, soplado, o rotomoldeo.

Contracción de la pieza. Encogimiento de la resina cuando se solidifica o enfría después de su formación; se expresa en porcentaje.

Ciclo. Una tanda completa de un proceso de conversión intermitente. La tanda puede constar de subdivisiones o etapas que se repiten siempre en la misma secuencia. Los procesos de inyección y de termoformado, por ejemplo, son intermitentes y están conformados por tandas o ciclos de operación secuenciales.

Cristalinidad. Estructura molecular compacta y ordenada uniformemente de un material. En los polímeros, las cadenas moleculares forman las denominadas esferulitas, una forma cristalina básica que se repite en mayor o menor extensión en la masa de la resina. Las regiones no cristalinas mantienen el estado amorfo.

Computer Numerically Controlled (CNC). Control numérico computarizado.

Eliminación de rebaba. Técnica para remover los excesos o materiales indeseados de un artículo moldeado. Estos excesos generalmente corresponden a las líneas de partición de los moldes.

Electroformado o Estampado en caliente. Operación mediante la cual se marca una banda de plástico con un dado o marcador caliente.

Environmental stress-cracking resistance (ESCR). Capacidad de la resina para resistir sin presentar fractura en la superficie por esfuerzo ambiental.

Estabilidad dimensional. Propiedad del material para mantener la forma exacta después de descargarla del molde. La estabilidad dimensional también puede relacionarse con el factor de encogimiento ya que con un factor de encogimiento mínimo, se pueden controlar las dimensiones del producto de manera eficaz.

Densidad. Peso sobre unidad de volumen de una sustancia. Por ejemplo, las densidades del PE están en el rango de .920 a .960 gr/cm³.

Degradación térmica. Deterioro de las propiedades físicas y mecánicas del material al ser expuesto a altas temperaturas.

FDA (United States Food and Drug Administration). Administración de alimentos y medicinas de Estados Unidos.

Fusión. Es un proceso que une material sólido y no implica que el material pase a estado líquido (Fundición) y luego se resolidifique. Por lo tanto, el plástico pulverizado que se utiliza en el rotomoldeo no se funde, sino que se sinteriza.

Higroscópico. Material que absorbe y retiene la humedad del ambiente.

Índice de fluidez. Es un dato técnico que muestra la cantidad en gramos de una resina termoplástica que es forzada a fluir a través de un dado con dimensiones específicas, durante determinado tiempo sin aplicar fuerzas ajenas a la gravedad. Una velocidad de 185 gramos/minuto caracteriza polvos apropiados para el rotomoldeo.

Inserto. Parte de metal que se adhiere al producto durante el moldeo de la pieza, por ejemplo una tuerca. También se puede referir a una parte del molde que se retira antes de descargar el producto formado, ésta se utiliza para formar relieves muy profundos, huecos o barrenos.

Kiss off. Parte que se genera al soldar las caras inferior y superior en puntos determinados, lo que genera pequeñas columnas internas que mejoran las cualidades mecánicas del producto.

Lana de vidrio. Estructura compacta, no tejida, hecha con filamentos de fibra de vidrio o con fibra de vidrio cortada (lana de vidrio cortada).

Línea de partición. Línea o marca dejada en el artículo terminado por el plano en donde las mitades del molde se encuentran cuando éste se cierra.

Mesh. El Molde en la industria del rotomoldeo se considera a la cavidad, la estructura, los insertos y la placa de montaje.

Modelo. Pieza que se manufactura para realizar la fundición del molde. Es el producto diseñado con dimensiones mayores que toman en cuenta la contracción del material del molde y del plástico.

Opaco. Calificativo del material que no permite el paso libre de la luz.

Pellets. Pequeños gránulos o semiesferas de plástico, listos para utilizarse o procesarse.

Permeabilidad. Es la cantidad de vapor de agua o gas que se difunde a través del espesor de pared de los plásticos.

Plastisol. Formulación de una resina de PVC con agentes plastificantes.

Placas de montaje. Sistema que hace posible el ensamble entre los brazos de la máquina y la estructura del molde.

Plasticidad. Propiedad de los plásticos que les permiten ser deformados continuamente y de manera permanente sin llegar a romperse.

Pulverizado. Es la acción de reducir el pellet a partículas mucho más pequeñas. Un tamaño de partícula del polvo de 35 mesh es apropiado para el rotomoldeo.

Radio positivo. Radio que es de forma cóncava, por lo que es más fácil que el plástico se acumule en esa zona

Radio negativo. Radio que es de forma convexa, configuración que dificulta la acumulación de plástico.

Resiliencia. Tendencia del material a regresar a su forma inicial después de haber estado sometido a una carga.

Resistencia al impacto. Habilidad de un material para resistir cargas de choque sin romperse. También se puede medir como el trabajo realizado para romper un material por la acción de un impacto, llevado de una manera específica sobre una probeta del material.

Resistencia a la flexión. Habilidad de flexión de un material sin deformarse permanentemente o sin romperse.

Resistencia química. Resistencia del plástico a ciertos químicos. Se evalúan cambios dimensionales, pérdida de peso, pérdida de propiedades físicas, etc.

Rotación biaxial. Rotación que ocurre simultáneamente en dos planos perpendiculares.

Sellado ultrasónico. Procedimiento de sellado de dos materiales plásticos por medio de presión acompañada de una fuerza vibratoria de frecuencia ultrasónica (de 20 a 40 Khz.). La energía vibracional se convierte en calor en el área de contacto de las dos piezas plásticas presionadas por el sellador.

Sinterización. Etapa en la que el plástico es expuesto a altas temperaturas que lo convierten en una masa cohesionada sin necesidad de fundirlo.

Soldadura por fricción- Método para soldar materiales termoplásticos en donde el calor necesario para ablandar y unir los componentes es generado por el rozamiento y fricción de los materiales en cuestión.

Termoplástico. Material plástico cuyas moléculas no están entrecruzadas con enlaces químicos y tienen por lo tanto la libertad de fluir libremente cuando se calientan. Los materiales termoplásticos se pueden fundir.

12. Bibliografía

Association of Rotational Molders, **Rotational Molding, Basic Concepts**, ARM, USA. 2002

Association of Rotational Molders, **Moldmakers' glossary of terms**, ARM, USA 1999

Association of Rotational Molders, **Listing of Resin Properties**, ARM, USA. 1997

Association of Rotational Molders, **Useful formulas in Rotational molding**, ARM, USA. 1996

Beall, Glenn L., **Rotational Molding, Design, Materials, tooling, and processing**. Ed. Hanser Publishers, Munich 1998.

Beall, Glenn L. **A designer's guide to Rotational Molding**, Rotation, May-June 2001, Páginas 38-45

Chamoun, Yamal, **Administración Profesional de Proyectos**, IAN Ediciones, México 2002

Crawford, R.J., **Rotational Molding; The basics for designers**, Rotation July-August 2000, Páginas 36-45.

Dym, Joseph B., **Product design with plastics, a practical manual**, Ed. Industrial Press Inc. E.U. 1983

Fawcett, John, **Knowing when to involve an Engineer or Designer in your project**, Fawcet Design

Fuad-luke, Alastair, **Manual de diseño ecológico**, Ed. Cartago S.L., UK 2002

García Huérfano, Miguel, **Rotomoldeo: Economía y versatilidad**, Plástico, Julio 2003.

Pallmann, Harmut / Leemhuis, Weert, **Pulverizado de polietileno para Rotomoldeo**, Plástico, Junio de 1999

Petrucelli, F, **Nylon 6—An engineering plastic designed for the rotomolding industry**- Fiber and plastics company Allied corporation.

Quantum Chemical Corporation, **Moldeo Rotatorio; Manual de operación**, USA. 1992

Saxman, Scott, **Rotational molding compound**, Molding Graphics Systems, USA 2002.

Smith, James A. **Perfecting Rotational Molding Techniques for Polycarbonate**, Workshop at ARM

Wytkin, Andrew J. **Introduction to composite Mold technology** Chroma corporation-Wytkin design

SITIOS WEB

<http://www.ajtuckco.com>
<http://www.amerikart.com>
<http://www.ashulman.com/rotational>
<http://www.benedesign.ch>
<http://www.bonarplastics.com>.
<http://www.boyce.com>
<http://www.cotene.co.nz/products.htm>
<http://www.cree.ch>
<http://www.drader.com>
<http://www.fpcusa.com>
<http://www.honeywell-plastics.com>.
<http://www.icopolymers.com>
<http://www.inti.gov.ar/GD/jornadas2000/cieps-039.html>
<http://www.miraplastek.com.mx>
<http://www.moldinggraphics.com>
<http://www.nedsystems.com>
<http://www.norstarmolds.com>
<http://www.paulnugent.com>
<http://www.persico.com>
<http://www.plasticos.com>
<http://www.plasticsconsulting.com>
<http://www.riversmetal.com/RotationalMolds.html>
<http://www.rotationmag.com>
<http://www.rotomolding.org>
http://www.rotoplas.net/rotational_mouldings.html
<http://www.think.no/produktter.html>
<http://www.vmpinc.com>

IMÁGENES PROPORCIONADAS POR LAS EMPRESAS

Ameri-Kart Corp.
Association of Rotational Molders International
Cree Ltd.
Drader Injectiweld, Inc.
Ferry Industries, Inc.
ICO polymers Inc.
Miraplástek S.A. de C.V.
Mold in Graphic Systems
Norstar Aluminum Molds, Inc.
Rotoplas Ltd.
Rotoplas S.A. de C.V.
Persico SpA - Rotational Division-
Plastics Consulting, Inc.
SJS industries
Think Nordic AS

Diseño editorial y de portada:
Cecilia Sánchez Monroy

DR© 2003
Centro de Investigaciones de Diseño Industrial
Facultad de Arquitectura
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria, 04510
México, D.F.

ISBN: 970-32-1287-5

Impreso en México/Printed in Mexico



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL



Facultad de Arquitectura • Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Juan Ramón de la Fuente
Arq. Felipe Leal Fernández
Arq. Arturo Treviño Arizmendi
D.I. Jorge Vadillo López
D.I. José Luis Alegría Formoso
D.I. Héctor López Aguado A.

Rector de la UNAM
Director de la Facultad de Arquitectura
Coordinador General del CIDI
Coordinador Académico del CIDI
Coordinador de Proyectos y Enlace
Coordinador de Difusión

Ciudad Universitaria, Coyoacán 04510 Ciudad de México
5622 0835-36 y 5616 0303

Correo E. cidi@servidor.unam.mx Internet: <http://ce-atl.posgrado.unam.mx>