

BOLETÍN: DISEÑO DE PIEZAS ROTOMOLDEADAS CON PE



1 Introducción

El rotomoldeo está diseñado para la obtención de piezas plásticas huecas de gran tamaño; es una técnica que prácticamente no tiene competidores en el moldeo de piezas grandes [1]. Existen igualmente productos pequeños elaborados por rotomoldeo (como pelotas y bolas de *roll-on*), en cuyos casos se usan moldes de numerosas cavidades [1].

Las poliolefinas, principalmente los polietilenos, son los materiales que dominan el mercado del rotomoldeo [1,2,3,4]. El polietileno (PE), en sus varias formas, representa el 85-95% de todos los polímeros rotomoldeados [3,4].

A continuación, se presentan los aspectos que deben tomarse en cuenta al diseñar partes plásticas a ser rotomoldeadas con PE.

2 Del Molde

- Grandes productos como tanques o piezas con bajo requerimiento de apariencia, son fabricados en moldes hechos con acero o aluminio laminado [1, 2, 3].
- Piezas con mayor requerimiento de apariencia o mayor complejidad son generalmente producidos en moldes fabricados en fundición de aluminio [1,3].
- Para los más altos requerimientos de calidad de superficie en las piezas, los moldes pueden fabricarse con técnicas de electroformado o deposición en vacío (níquel o cobre-níquel) [2].
- El número de líneas de partición del molde debe ser mínimo para no incrementar su costo y mantenimiento y, por ende, el costo de la pieza [1,4], el cual pudiera también incrementarse por el exceso de rebabas que deban removerse, al ser generadas por las líneas de partición [1].

3 Guía / Aspectos del Diseño para piezas a ser rotomoldeadas con PE

3.1 Espesor de pared nominal

- Debe ser suficiente para que se mantengan las propiedades mecánicas del material, requeridas para el desempeño de la pieza, sin que sean necesarios largos tiempos de ciclo, buscando la eficiencia óptima y que no ocurra degradación del material [2].

- Los espesores de pared se pueden controlar con la relación de velocidades de los ejes del equipo [3].
- Aislado ciertas áreas del molde, se reduce el espesor de la pieza en esas zonas. Dirigiendo calor extra, se obtienen mayores espesores en la pieza, en esas áreas del molde [3].

Los siguientes son valores de espesor de pared nominal para piezas rotomoldeadas en PE [1]:

Espesor	mm	pulg
Mínimo	1.52	0.060
Óptimo	3.18	0.0125
Máximo	12.70	0.500
Mayor conocido	50.80	2.000*

* PE entrecruzado

3.2 Radios en las esquinas

- Deben evitarse las esquinas agudas o afiladas [2,4] en el rotomoldeo, como en todos los procesos de moldeo de plásticos [2].
- El valor del radio de esquina recomendado es de, al menos, 75% del espesor nominal de pared, para mejorar la resistencia de la zona (las esquinas internas tienden a ser más delgadas y las externas, más gruesas que el espesor de pared) [2].

Los siguientes son valores de radio en las esquinas para piezas rotomoldeadas en PE [1]:

Radio	Externo	Interno
Mínimo	1.52 mm (0.060 pulg)	3.20 mm (0.125 pulg)
Mejor	6.35 mm (0.250 pulg)	12.70 mm (0.500 pulg)

3.3 Ángulos en las esquinas

- Deben evitarse los ángulos muy agudos, para que no ocurra la formación de puentes del material en polvo [2,4].
- En el rotomoldeo con PE, los ángulos de esquina no deberían tener menos de 45° [1].

A continuación, los ángulos utilizados en rotomoldeo con PE [2]:

Ángulo	Valor
Mínimo utilizado	30°
Mínimo recomendado	45°
Bueno	90°
Mejor	120°

3.4 Separación de pared mínima (moldeo de doble pared)

- La separación interna entre superficies (X, Figura 1) debe ser, al menos, 3 veces el espesor de pared nominal (W) [2,4]. Sin embargo, esta relación debe utilizarse sólo en casos extremos [1]. La mínima separación estándar debe ser 5 veces el espesor de pared ($X \geq 5W$) [1].

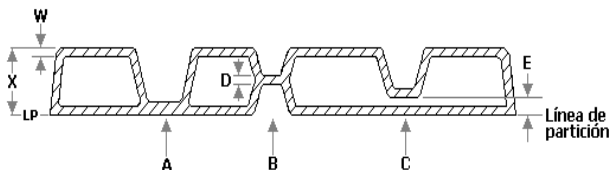


Figura 1. Detalles de diseño en piezas, planas o de doble pared, rotomoldeadas.

3.5 Refuerzos

- Deben ser diseñados como corrugaciones, en lugar de costillas sólidas [2].
- Las corrugaciones deben tener una ligera inclinación de pared, para facilitar el desmoldeo [2].
- El ancho de la costilla hueca (M, figura 2) debería ser, al menos, 5 veces el espesor de pared (W), ($M \geq 5W$) y la altura (N) de, al menos, 4 veces el espesor de pared, ($N \geq 4W$) [1,3].
- El espaciamiento entre costillas (O, figura 2) no debe ser menor a 3 veces el espesor de pared ($O \geq 3W$), siendo mejor un espaciamiento de 5 veces W [1].
- Se utilizan, además, dispositivos especiales llamados *kiss-off*, los cuales son muy efectivos para aportar rigidez [3] (A y B, Figura 1).
- En los *kiss-off*, el espesor combinado de las paredes (D en la figura 1), debería ser 1.75 veces el espesor de las paredes ($D=1.75W$) [1].
- En el caso de los seudorefuerzos (C, Figura 1), la separación (E) debe ser de, al menos, 3

veces el espesor de pared ($E \geq 3W$), siendo mejor un espaciamiento de $5W$ [1].

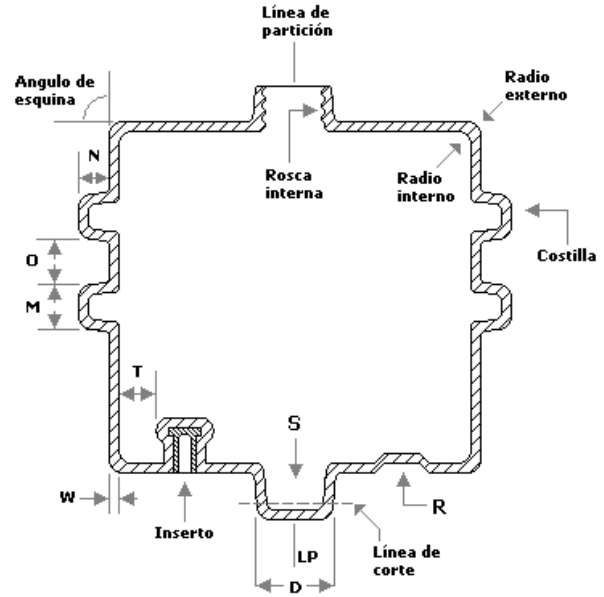


Figura 2. Detalles de diseño en piezas huecas rotomoldeadas.

3.6 Ángulos de desmoldeo

- Se deben incluir ángulos de desmoldeo (inclinaciones en las paredes), sobre todo en el macho del molde (superficie interna), ya que la contracción retrae el material sobre las paredes del molde y dificulta el desmoldeo de la pieza terminada [1,2]. La hembra (superficie externa) por el contrario, no necesita inclinaciones en las paredes, ya que la contracción del material encoge la pieza, alejándola de las paredes y facilitando el desmoldeo [1,2].

Los siguientes son valores de ángulos de desmoldeo recomendados para rotomoldear con PE [1]:

Ángulo	Superficies interiores	Superficies exteriores
Mínimo	1.0°	0.0°
Mejor	2.0°	1.0°

Se necesitará un grado extra en todos los casos, si el molde es texturizado [3].

BOLETÍN: DISEÑO DE PIEZAS ROTOMOLDEADAS CON PE



3.7 Roscas

- Deben utilizarse perfiles redondeados y gruesos tanto en roscas internas como externas [2,3].
- Es conveniente evitar ángulos agudos en la punta y en la base de la rosca [2].
- Es posible soldar insertos moldeados por inyección dentro de los agujeros, durante el rotomoldeo [1].
- A menudo se rocían sustancias comerciales promotoras de flujo, en el área de las roscas, con lo que se mejora la reproducción de éstas y otros detalles [3].

3.8 Insertos metálicos

- Se recomienda utilizar metales de alta conductividad [2].
- Es conveniente utilizar superficies texturizadas (con protuberancias), para mejorar la adhesión al plástico [2].
- El inserto debe diseñarse de tal modo que quede anclado al plástico [2].
- Se debe asegurar un espaciado adecuado entre el inserto y cualquier otra superficie, para prevenir la formación de puentes del material en polvo. La distancia entre una superficie de la pieza y la que contiene el inserto debe ser, al menos, 4 veces el espesor de pared [2] (T, Figura 2).
- Se debe colocar el inserto firmemente dentro del molde [2].
- Hay que evitar insertos muy espaciosos o anchos que puedan dificultar el desmoldeo, debido a las fuerzas de encogimiento [2].
- Se debe tener cuidado con el uso de insertos en piezas de PE, especialmente en los casos en los cuales la pieza vaya a ser expuesta a *stress cracking*. La restricción resultante, al incluir el inserto, introducirá esfuerzos residuales [3].

3.9 Venteo

- Los puntos de venteo se instalan, normalmente, en secciones que serán removidas en el acabado de la pieza [2].
- Si lo anterior no es posible, será necesario soldar el agujero de venteo en una operación posterior [2].
- Los canales de venteo deben construirse con materiales de baja conductividad térmica (por ejemplo, acero inoxidable o teflón) [2].

- Los canales deben rellenarse, sin compactar, con lana de vidrio, para prevenir escapes del polvo de material [2].
- La abertura externa de los canales debe estar diseñada para prevenir el ingreso de agua durante el enfriamiento [2].
- El tamaño de canal recomendado es de, aproximadamente, 10-15 mm en diámetro por metro cuadrado de volumen del molde [2].

3.10 Rebajes

- Los rebajes (*undercuts*) son permisibles donde el encogimiento o flexibilidad del material permita la extracción de la pieza del molde [3].
- Amplios ángulos de desmoldeo en rebajes externos ayudarán al material a soltarse del molde [3].
- Los rebajes internos no son permitidos ya que el encogimiento del material impedirá la eyección de la pieza [3].
- Las indentaciones de rebaje y la línea de partición deberían colocarse en el mismo plano, las primeras en dirección paralela a la segunda [1] (en la figura 2, R es un rebaje).
- Frecuentemente, los rebajes son diseñados de tal modo que puedan ser removidos con el encogimiento del material; si el rebaje es muy profundo, puede usarse una coraza adicional, removible, antes del desmoldeo [1].

3.11 Agujeros

- No pueden moldearse agujeros como tales en rotomoldeo, sino que es necesaria una mecanización posterior al moldeo, utilizando herramientas normales de corte [3] o usando, en la coraza, pasadores a los cuales no se adhiera la resina [1].
- Se pueden fabricar realces, moldeando un cilindro, cuya punta se corta al final para dejar una abertura [1] (S en la Figura 2).
- El diámetro de los agujeros debería ser de, al menos, 5 veces el espesor de pared nominal ($D = 5W$) [1].

3.12 Articulaciones

- Pueden fabricarse articulaciones, moldeando argollas o taladrando agujeros en la parte moldeada, para pasar los pines que conformarán la unión articulada [1].

BOLETÍN: DISEÑO DE PIEZAS ROTOMOLDEADAS CON PE



- Para las articulaciones, deben ser tomadas en cuenta las tolerancias que se mencionan en el próximo apartado, 3.13.

3.13 Uniformidad y tolerancias

- Mayores ángulos en las esquinas, tanto internas como externas, resultarán en mayor uniformidad de espesores de pared [3].
- El considerable encogimiento del PE, típicamente 3-4%, es permitido, con tolerancias de 1-2% [3]. Este encogimiento debe tomarse en cuenta, particularmente, en la(s) zona(s) de línea(s) de partición o acoples de partes del molde, donde es imposible controlar el encogimiento [4].
- Las variaciones del espesor pueden modificarse ajustando la conductividad térmica del molde, por secciones, como se desee [2].
- Las tolerancias de uniformidad de pared son, normalmente, $\pm 20\%$ y con mayor dificultad, $\pm 10\%$ [1,2].
- Las tolerancias de planitud son de 2-5%, siendo éstas las mejores que se pueden obtener, debido al enfriamiento unilateral del rotomoldeo [3].

3.13.1 Para minimizar el Alabeo

- Evitar variaciones de espesor de pared [2].
- Asegurar que las paredes no desmoldeen prematuramente (la liberación del molde es muy efectiva) [2].
- Los refuerzos (costillas huecas) pueden ser utilizadas, a veces, para contrarrestar la tendencia al alabeo [2].
- En la medida de lo posible, evitar secciones planas grandes [2,3,4]. Diseñar con domos, curvas, contornos, patrones de cuadrícula, etc. [4].
- El uso de superficies curvas es altamente recomendado para disimular el alabeo [3].

3.13.2 Otras consideraciones para la uniformidad

- Las tolerancias pueden acomodarse a través del uso de agujeros sobredimensionados [1].
- Los grandes diferenciales de coeficientes de expansión térmica lineal entre dos partes, son tratados de manera excelente con agujeros sobredimensionados [1].

- Para compensar la pérdida de superficie de soporte bajo la cabeza de un tornillo, comúnmente se coloca una arandela [1].
- Para la inclusión de una arandela de seguridad, se debe tener en cuenta la expansión en la dirección de la altura [1].
- Nunca utilizar una arandela de seguridad sin su respectiva arandela plana, debido a la sensibilidad de los plásticos a las grietas [1].
- Para las variaciones dimensionales mayores a las que pueden acomodarse en agujeros sobredimensionados, se usan ranuras entrecruzadas en los moldes, junto con una tuerca, perno y arandelas. Debe considerarse que los agujeros cruzados son más costosos para la herramienta que los redondeados [1].

A continuación, valores de tolerancias dimensionales usadas en el rotomoldeo de piezas con PE; la misma lectura es tanto en \pm cm/cm como \pm pulg/pulg:

Tolerancia	Dimensiones lineales *	Base / ancho de rebajes	Diámetros de agujeros
Industrial	0.020	0.015	0.010
Posible	0.010	0.008	0.008
De precisión	0.005	0.004	0.004

* Dimensiones lineales: alto, ancho, profundidad de la pieza y sus secciones a lo largo de paredes y aristas. Se permiten 0.250 cm adicionales para variaciones en la línea de partición.

3.14 Misceláneos

A pesar de la dificultad para pintar el PE, es perfectamente posible decorar piezas rotomoldeadas [3]:

- Con el empleo de transferibles especiales, que pueden ser aplicados al molde y éstos, a su vez, son recogidos o captados por el PE durante la operación normal de moldeo [3].
- Alternativamente, una gráfica o imagen puede ser aplicada después del moldeo con métodos muy efectivos de decoración, desarrollados para tal fin [3].

BOLETÍN: DISEÑO DE PIEZAS ROTOMOLDEADAS CON PE



4 Referencias bibliográficas

1. Jordan I. Rotheiser, "Diseño para Rotomoldeo", Tecnología del Plástico, No.139, Octubre 2003.
2. "Linear Polyethylene. Product Technology Training Seminar. Sclairtech", DuPont Canada, 1992.
3. R.J. Crawford, "Rotational Molding, the Basics for Designers", Rotation Magazine.
4. www.rotoworldmag.com/about-rotomolding/
5. www.blue-reed.com/Rotational_Molding.htm

Este Boletín fue elaborado por la Gerencia de Mercadeo de Poliolefinas Internacionales, C.A. (POLINTER), con el apoyo de Investigación y Desarrollo, C.A. (INDESCA), en Caracas- Venezuela, en julio 2009 y revisado en enero 2017.

Si desea hacer algún comentario o sugerencia, agradecemos escriba a la Gerencia de Mercadeo a la dirección electrónica: info@polinter.com.ve, la cual pueden acceder a través de nuestra página web www.polinter.com.ve o de nuestro agente comercial: Corporación Americana de Resinas, CORAMER, C.A. (<http://www.coramer.com>).

La información descrita en este documento es, según nuestro mejor conocimiento, precisa y veraz. Sin embargo, debido a que los usos particulares y variables de los procesos de transformación están enteramente fuera de nuestro control, el ajuste de los parámetros que permiten alcanzar el máximo desempeño de nuestros productos para una aplicación específica, es potestad y responsabilidad del usuario y confiamos en que la información contenida en el mismo sea de su máximo provecho y utilidad.

Para obtener información más detallada de los aspectos de seguridad relativos al manejo y disposición de nuestros productos, le invitamos a consultar las hojas de seguridad (MSDS) de los Polietilenos Venelene®.