CAPITULO 2

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE EXTRUSIÓN – SOPLO

2.1 Proceso de Extrusión – Soplo.

La industria del moldeo por soplado es una industria en constante crecimiento. La gran aceptación que ha tenido el plástico, ha generado un incremento en la demanda de contenedores, piezas con formas irregulares y botellas. Los productos elaborados mediante el proceso de soplado, están desplazando el uso de otros materiales como el vidrio, sobre todo en las aplicaciones de recipientes para líquidos.

En los últimos años, ha habido grandes avances, tanto en las máquinas sopladoras, como en las características de los materiales utilizados en el proceso. Estos avances han servido para mejorar los tiempos de proceso, así como también los productos, en cuanto a una mejor preservación del contenido y una mayor vida.

En la actualidad no existe un método, en comparación con este, que tenga la versatilidad y ventajas económicas al producir recipientes plásticos y piezas de formas irregulares para la industria. Esta ventaja ha servido para que piezas fabricadas mediante este proceso, puedan sustituir ensambles de partes complejas, reduciendo los costos de producción en la industria. Otra ventaja es que los moldes son relativamente baratos, debido a que son fabricados, la mayoría de las veces, en aluminio. La versatilidad de este proceso le permite adaptarse a producciones de bajo y alto volumen, así como a diferentes medidas y formas.

Históricamente, la mayor comercialización de las sopladoras comenzó con la comercialización del polietileno de baja densidad (LDPE) durante la segunda guerra

mundial. Los primeros productos fueron para el mercado de los blanqueadores y detergentes líquidos. Debido a las ventajas, tanto de seguridad y resistencia, se fue desplazando al vidrio. El mercado inició su expansión hacía los productos del hogar, como los shampoo y los jabones líquidos.

Con la aparición del polietileno de alta densidad alrededor de los años 50, se inicio un nuevo mercado para los productos alimenticios. El primer producto importante fue una jarra para leche de un galón, esto transformó la industria. Con la gran aceptación de la gente hacía las botellas de plásticos, las fabricas para producir recipientes plásticos creció rápidamente.

En la actualidad existen diferentes materiales utilizados en el proceso de soplado. La mayor parte de estos materiales, aproximadamente el 70%, son utilizados por el proceso de Extrusión – Soplo.

El proceso de extrusión-soplo (ver figura 2.1) inicia cuando se alimenta el plástico a la máquina, en forma de pellets. Este pasa por el sistema de extrusión, el cual se va a encargar de fundir el plástico y generar el parison, que tiene por lo regular la forma de un tubo. El parison es tomado por el molde y después pasa a la estación de soplado donde se le inyecta aire a presión, lo cual hace que el plástico adquiera la forma del molde.

Los elementos que componen el proceso de extrusión-soplo son los siguientes:

- Elaboración del parison
- El posicionamiento del molde y sujeción del parison
- La introducción de aire u otro medio para que el parison tome la forma de la cavidad del molde, o mejor conocido como soplado del parison.
- El enfriamiento del modelo y la expulsión del componente terminado.

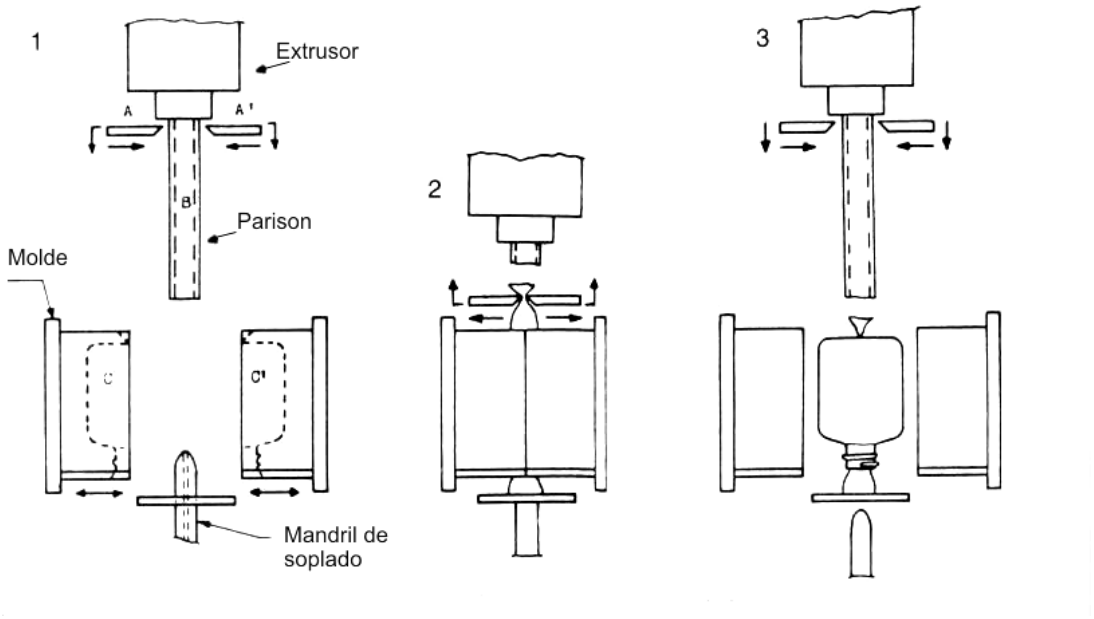

Figura 2. 1 Proceso básico de extrusión-soplo: (1) Generación del parison; (2) Posicionamiento del molde, sujeción del parison e introducción de aire a presión; (3) Enfriamiento y expulsión del modelo. (Blow Molding Handbook)

2.2 Elaboración del parison.

El parison hace referencia a la preforma del material que proviene del extrusor, este con dimensiones predeterminadas y regularmente en forma tubular. Se puede mencionar que existen 2 métodos para la producción del parison, uno mediante la inyección y otro por medio de la extrusión.

En el proceso de inyección, el material caliente es inyectado en una cavidad la cual tiene la forma muy parecida a un tubo de ensayo con una rosca en la parte superior. En este proceso la preforma tiene que ser acondicionada mediante la aplicación de calor para que se pueda utilizar en el proceso de soplado. Debido a que este proceso no es nuestro tema de interés no se profundizará más.

El método de extrusión en la actualidad es el más utilizado en las máquinas

sopladoras. Básicamente existen dos métodos de extrusión:

a. Extrusión discontinua.

b. Extrusión continua.

2.2.1 Extrusión discontinua.

En el proceso de extrusión discontinua, como su nombre lo dice, la generación del parison no se hace de manera constante (ver figura 2.2), si no que el parison es extruido y este se vuelve a producir hasta después de haber realizado el proceso de soplado y retirado la pieza final. Existen diferentes métodos para realizar la extrusión discontinua.

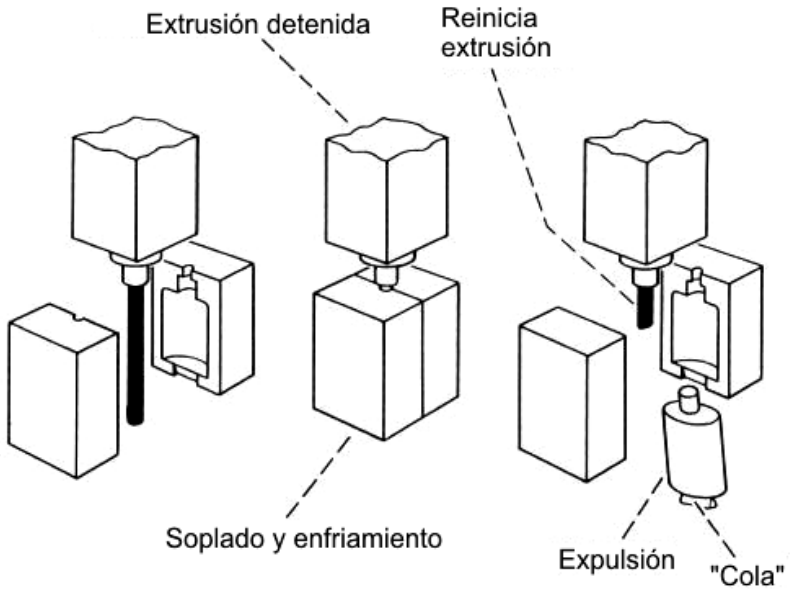

Figura 2. 2 Esquema de extrusión discontinua. La extrusión es detenida una vez que el parison tiene el tamaño deseado y antes que el molde cierre. La operación reinicia cuando la botella se expulsa. (Blow Molding Handbook)

Un método extrusión discontinua, es deteniendo el giro del tornillo extrusor mientras se realiza el soplado del parison. Este proceso es ineficiente, por que el gasto de energía realizado por el motor, que hace funcionar al extrusor, es elevado. También el

esfuerzo al que es sometido el sistema de extrusión es mayor y por lo tanto el mantenimiento debe ser constante.

Otro método es el de extrusión con tornillo reciprocante. En este el funcionamiento del extrusor es constante, es decir el tornillo extrusor nunca deja de girar, si no que el tornillo se retrae y acumula el material en la punta del extrusor, una vez que se necesita general el parison, el tornillo se mueve hacia la punta del extrusor, expulsando el material necesario.

También se puede tener un sistema de extrusión continua y se le agrega un acumulador, en el cual se almacena el plástico. Una vez que se necesita el parison, el material que se encuentra en el acumulador es expulsado, mediante la aplicación de una fuerza externa o por la apertura de alguna válvula.

De acuerdo con el "*Blow Molding Handbook*" los últimos dos son los métodos más efectivos de extrusión discontinua. Una de las ventajas de la extrusión discontinua es la alta productividad, por que en las máquinas que utilizan este sistema, el o los moldes no se tienen que mover para poder soplar el parison, como se puede ver en la figura 2.2, por lo que se tiene ahorro de tiempo en el ciclo. Como contra, tenemos que el proceso se encarece debido a que se requiere un diseño más complejo del cabezal de extrusión y por todos los sistemas externos, como son válvulas, pistones, acumuladores, entre otros, que son utilizados para poder tener un parison discontinuo.

2.2.2 Extrusión continua.

Este método, se puede decir, que es el más utilizado debido al costo relativamente menor en comparación en el sistema de extrusión discontinua. En la extrusión continua el parison es producido de manera constante. Después de ser producido el parison es cortado

al tamaño que será utilizado. Para este tipo de sistemas existen diferentes variantes, el parison puede ser cortado y transportado hacia el molde, el cual se encuentra estático junto con la unidad de soplado (ver figura 2.3). En otro método el molde toma el parison, este es cortado y después el molde se mueve con todo y el parison a la unidad de soplado (ver figura 2.4).

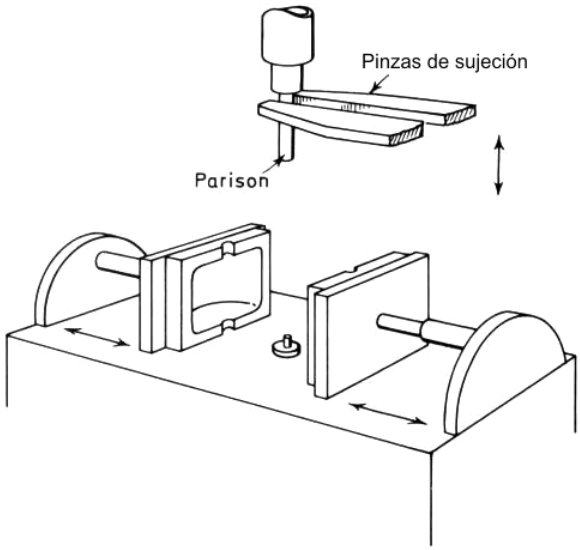

Figura 2. 3 Sistema de extrusión continua con transporte simple de parison y moldes estacionarios. (Blow Molding of Plastics)

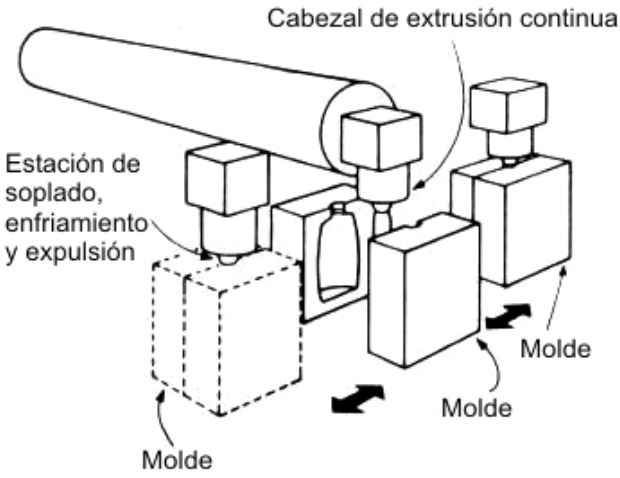

Figura 2. 4 Sistema de extrusión continua con moldes movibles. Los moldes se mueven alternadamente para tomar el parison. (Blow Molding Handbook)

2.3 Posicionamiento del molde y sujeción del parison

Como se mencionó anteriormente, dependiendo del sistema de extrusión, depende como se va a realizar el posicionamiento del molde y la sujeción del parison. Básicamente se tienen dos opciones:

a) Sistema de molde estacionario.
b) Sistema de molde viajero.

2.3.1 Sistema de molde estacionario

Una de las formas más simples, es con un sistema de transporte de parison y el molde estacionario. En este sistema la extrusión se realiza de manera continua, debido a esta el molde no puede estar ubicado justo debajo del extrusor, por que cuando el molde sujetara el parison, el material se acumularía en la parte superior.

Una vez que se tiene la longitud del parison que se va a utilizar, un sistema de transportación, el cual puede ser unas pinzas, sujeta el parison y lo lleva hasta donde esta el molde.

El molde puede estar ubicado debajo del sistema de extrusión, pero debe de haber una distancia considerable para que el parison que se esta extruyendo no golpee el molde, como se muestra en la figura 2.3 ó puede estar a un lado y el sistema de entrega puede ser por un sistema rotativo como se muestra en la figura 2.5.

Estos dos sistemas son muy utilizados para recipientes grandes, donde el molde es muy pesado para moverse, por lo que es mejor que quede estático.

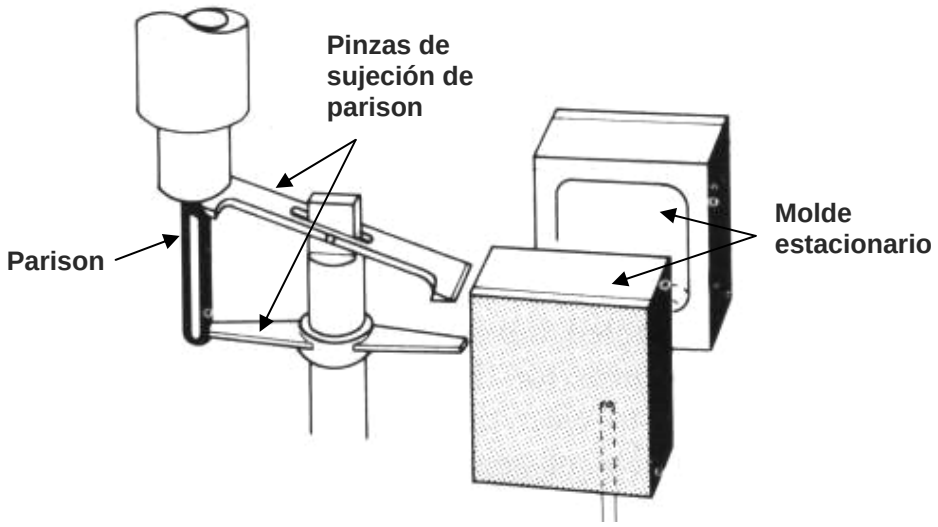

Figura 2. 5 Sistema de moldes estacionarios con unidad de sujeción rotativa. (Blow Moldign of Plastics)

Otro sistema se utiliza en combinación con un extrusor discontinuo, en este el molde puede estar justo debajo del extrusor (ver figura 2.6), por que al detenerse la extrusión no hay material que se acumule en la parte superior del molde. La ventaja de este es que no hay un sistema de transporte de parison y de igual manera el molde permanece estático.

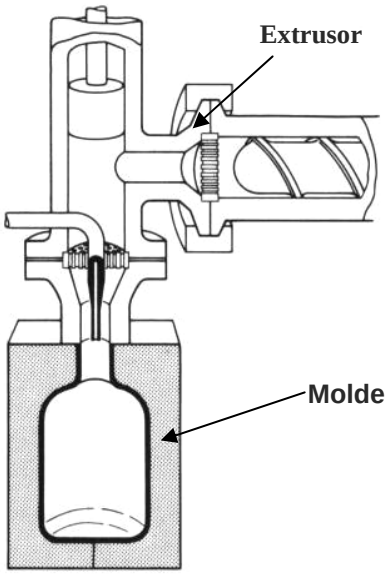

Figura 2. 6 Sistema de extrusión intermitente con molde estacionario. (Blow Moldign of Plastics)

2.3.2 Sistema de molde viajero

Este sistema se basa en un extrusor que opera de manera continua. Se puede tener un sistema en el que el molde se mueva verticalmente (ver figura 2.7), justo debajo del cabezal de extrusión, en este sistema el soplador se encuentra en la parte inferior del molde. La distancia, cuando el molde esta totalmente abajo, debe ser suficiente para que no interfiera con el proceso de extrusión.

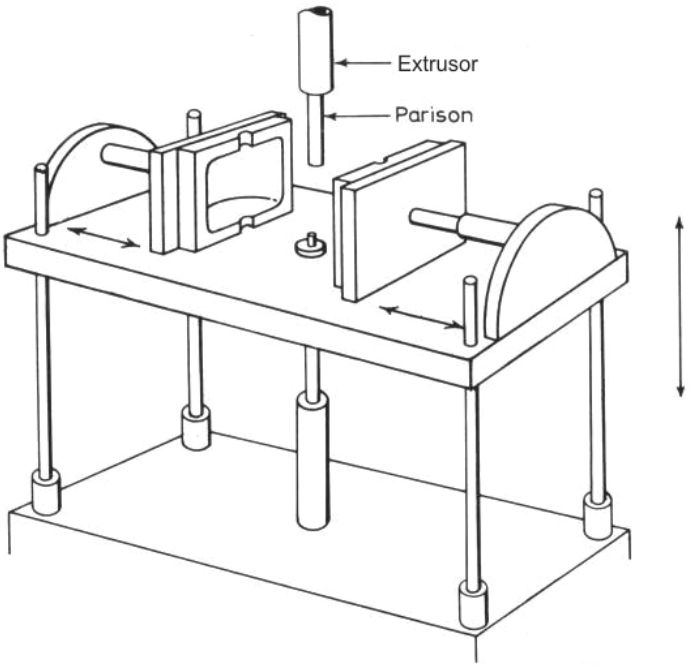

Figura 2. 7 Sistema de extrusión continua, con un molde con movimiento vertical (Blow Molding of Plastics)

Otra variante es cuando el molde se mueve de manera lateral, en este, el sistema de soplado se encuentra junto al extrusor, ya sea en la parte frontal o a un lado. Dependiendo de la ubicación de la unidad de soplado es como va abrir el molde, es decir, la dirección de apertura del molde debe ser perpendicular al movimiento del mismo como se muestra en la figura 2.8. Aquí el molde sujeta el parison, en la parte superior y en la parte inferior, por eso después del proceso de soplado la pieza tiene sobre material.

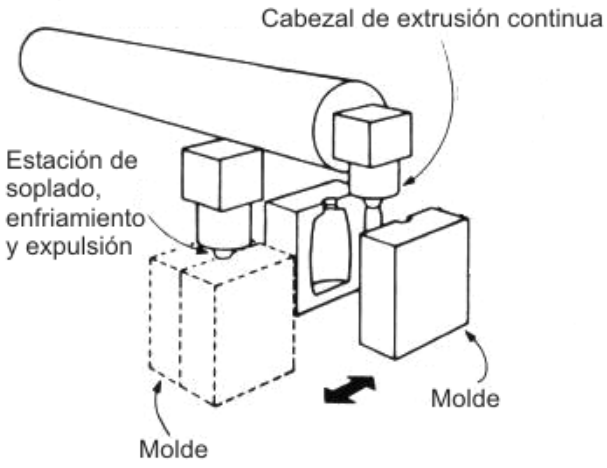

Figura 2. 8 Sistema de extrusión continua, con movimiento de molde lateral. (Blow Molding Handbook)

2.4 Soplado del parison

Una vez que el parison se encuentra sujeto por el molde, debe de expandirse para que puede tomar la forma del molde, para esto se introduce aire a presión. Este aire debe mantener en contacto el plástico caliente con la superficie del molde, hasta que se logre enfriar y endurecer. Al proceso de introducción de aire a presión se le conoce como soplado. La presión del aire depende de la forma del molde, el tamaño y espesor del parison, así como otros factores que se mencionaran en los siguientes capítulos. Existen diferentes métodos para soplar el parison como son:

a) Soplado por aguja.
b) Soplado por mandril.

2.4.1 Soplado por aguja.

En este proceso se utiliza una aguja hipodérmica o una barra hueca de diámetro pequeño, para introducir el aire. Este proceso fue uno de los primeros métodos utilizados, claro está, que solo se puede utilizar en donde el parison se encuentra sujeto por el molde y perfectamente sellado.

En el método más común, el mecanismo de la aguja de soplado se encuentra integrado a la mitad del molde (ver figura 2.9). Una vez que el molde cierra, la aguja atraviesa la pared del parison y le inyecta el aire. Con el plástico todavía caliente la aguja es retirada y el pequeño agujero, causado por la aguja, se cierra solo.

En otro sistema la aguja se introduce en una extensión del cuello de la botella. También cuando las botellas son pequeñas, se hace un molde doble, unido por el cuello de ambas botellas y la aguja se introduce en la unión.

Una de las desventajas de este sistema, como se menciona en el "*Blow Molding of Plastics*", es que en los recipientes que necesitan tener el cuello abierto, como una botella, requieren de un proceso secundario para poder obtener un cuello aceptable. Otra desventaja es que el molde se encarece un poco por la complejidad del diseño y la manufactura.

Por otro lado presenta ventajas en la producción de artículos sin cuello, sacando prácticamente terminado el producto. También es muy utilizado en donde se requiere movimientos complicados del molde para poder mantener una producción alta.

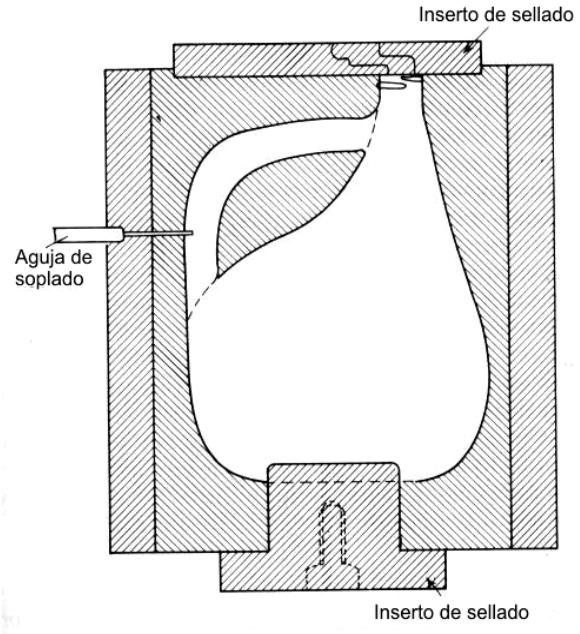

Figura 2. 9 Molde con sistema de soplado por aguja. (Blow Molding of Plastics)

2.4.2 Soplado por mandril

Como su nombre lo indica, se utiliza un mandril, el cual se inserta en el agujero del parison caliente. Se hace pasar aire a través del mandril para poder inflar la botella. En algunos casos el mandril de soplado puede estar integrado al cabezal de extrusión. Hay tres variantes de este sistema: soplado por la parte inferior, soplado por la parte superior sin calibrar y calibrado.

En el soplado por la parte inferior, el mandril esta ubicado en la base del molde, con lo que al momento de formar el cuello de la botella, este se forma en la parte inferior del molde. Este sistema es utilizado para la producción de contenedores largos, así como también en aplicaciones donde el cuello esta separado de la línea central del componente.

En el otro caso, el mandril entra por la parte superior del molde e inyecta el aire a presión. El sistema calibrado es usado cuando se utiliza una tapa que va a sellar con la parte interior del cuello de la botella o también cuando se utiliza un tapón que se introduce en el cuello de la botella y requiere un ajuste. En el sistema sin calibrar la tapa sella en la parte superior del cuello de la botella. Por lo tanto la única diferencia entre el sistema calibrado y no calibrado, es que en el sistema calibrado, el mandril le da una medida exacta a la parte interior del cuello de la botella y en el no calibrado no.

También el mandril calibrado, remueve el exceso de material en la parte superior, debido al ajuste que se le da al mandril respecto al molde. En el sistema sin calibrar se requiere un proceso extra para quitar el exceso de material.

Ambos sistemas son utilizados de igual manera en máquinas automáticas, aunque el sistema calibrado presenta la ventaja de que corta el exceso de material al momento de soplar; con el sistema sin calibrar se requiere una estación extra para cortar el exceso de material.

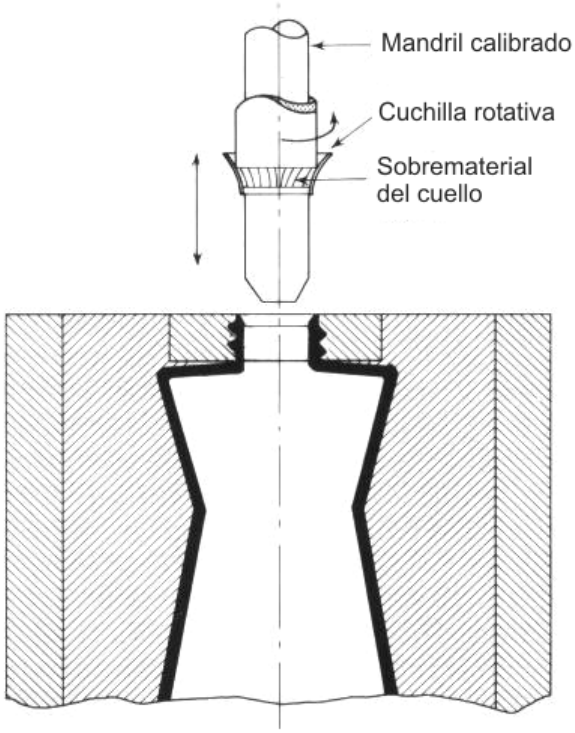

Figura 2. 10 Mandril superior calibrado. (Blow Molding of Plastics)

2.5 Enfriamiento y expulsión del modelo

Después de haber realizado el proceso de soplado, el plástico tiene la forma del molde, pero para que este mantenga la forma debe de ser enfriado para que adquiera rigidez y pueda ser maniobrado. Para realizar esto se requiere que el molde tenga un sistema de venas de enfriamiento por el cual se hace pasar agua fría, como el que se puede ver en la figura 2.11. Este sistema de enfriamiento permite que la superficie de molde se mantenga a una temperatura tal que siempre puede enfriar el polímero caliente.

Si no se tuviera este sistema de transferencia de calor, el molde tendería a calentarse y el proceso para el enfriamiento tardaría más. La temperatura que debe tener el agua depende mucho del modelo a producir y de las condiciones ambientales en las que se

encuentra el molde. Esto significa que a mayor cantidad de material, el agua tiene que estar más fría, al igual que si se encuentra uno en una zona donde la temperatura es elevada.

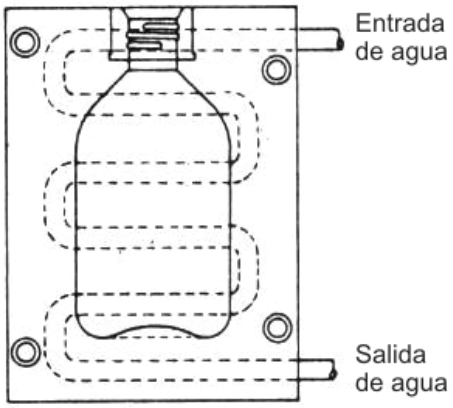

Figura 2. 11 Sistema de enfriamiento del molde. (Blow Molding Handbook)

Una vez que se ha enfriado la pieza, esta debe ser sacada de la máquina. El método más sencillo es cuando se abre el molde y la botella o recipiente se deja caer por la parte inferior, aquí el exceso de material por lo regular se retira manualmente.

Cuando el sistema requiere mayor rapidez, se pueden agregar componentes, ya sea mecánico, eléctrico o neumático, que permitan sacar el producto de manera automática y le puedan quitar el exceso de material automáticamente.

2.6 Polietileno.

Como sabemos en la actualidad existen diferentes tipos de materiales plásticos o también conocidos como polímeros, cada uno utilizado para diferentes aplicaciones debido a ciertas características y propiedades físicas de cada material.

Los polímeros básicamente se dividen en dos grandes grupos: los termoplásticos y los termofijos. Los termoplásticos son fundidos para poder elaborar productos de manera más fácil y este proceso se puede repetir varías veces por lo que se les conoce como

reversibles. Los termofijos no pueden ser fundidos y son elaborados básicamente por un proceso conocido como curado, por lo regular este tipo de polímeros solo pueden ser utilizados en una ocasión.

Dentro del grupo de los termoplásticos encontramos lo que es el polietileno, el cual es elaborado mediante la polimerización del gas etileno con un catalizador, dentro de un reactor, con la combinación de temperatura y presión. Como resultado de esto se obtienen largas cadenas poliméricas formadas por moléculas de etileno.

El polietileno es un material muy versátil, por que puede variar sus propiedades físicas de duro a suave, de flexible a rígido; también puede cambiar su aspecto de claro a oscuro y de brilloso a opaco.

Todas estas propiedades cambian por la modificación de la estructura molecular del polietileno, la cual depende de diferentes variables utilizadas durante el proceso de manufactura, como pueden ser la temperatura, la presión, los tipos de catalizador, modificadores y el diseño del reactor.

Existen diferentes tipos de polietileno, clasificados de acuerdo a su densidad y el índice de fusión (un indicador del peso molecular promedio). Con lo anterior se tiene:

- Polietileno de baja densidad (LDPE, por sus siglas en ingles).
- Polietileno de media densidad (MDPE).
- Polietileno de alta densidad (HDPE).
- Polietileno de baja densidad lineal (LLDPE)
- Polietileno de alta densidad y alto peso molecular (HMW-HDPE)
- Polietileno de alta densidad y ultra alto peso molecular (UHMWPE)

Cada uno con diferentes características y aplicaciones.

2.6.1 Polietileno de Alta Densidad.

Enfocándonos a lo que es el HDPE, este es clasificado como homopolímero y copolimero. Siendo los homopolímeros más rígidos y adecuados para contenedores de pared delgada, como podrían ser las botellas de blanqueador. Por otro lado los copolimeros son más resistentes a la ruptura por esfuerzos lo que los hace muy buenos para contenedores para detergente.

Los principales métodos de transformación del HDPE son por medio del soplado y moldeo por inyección. Ambos utilizan lo que es el principio de extrusión, aunque con ciertas modificaciones para adaptarlo a cada proceso.

El mayor mercado para el proceso de inyección son canastas, cubetas, tubos, tapas y recipientes. Aproximadamente el 80% del consumo es destinado para uso domestico. Otra aplicación importante del HDPE son enseres domésticos, como podrían ser contenedores de refrigeradores, tazones para mezclar, vasos, entre otros. Otras aplicaciones menores son tubos, perfiles de extrusión, películas y placas, recubrimientos, moldeo rotativo y recubrimientos para alambre y cables.

De las aplicaciones para el proceso de soplado, tenemos lo que son contenedores para aceite, limpiadores, alcohol, productos alimenticios, así como para el cuidado personal como serían, los recipientes para shampoo, cremas, desodorantes, etc. Existen otras aplicaciones específicas aunque de menor importancia.