



Ecodiseño en el Envase de Alimentos

Unidad 7: Envases de Vidrio

Gabriel Laslu, Dipl. Eng. (IDT1), gabriel.laslu@gmail.com

Gabriel Mustatea, Ph. D. gabi.mustatea@bioresurse.ro

- 7.2.2 Revestimientos superficiales 6
- 7.3 Ecodiseño de contenedores de vidrio utilizados como envases 7
 - 7.3.1 Elementos de diseño de los contenedores de vidrio..... 7
 - 7.3.2 Técnicas para el cerrado de tarros. 9
 - 7.3.3 Técnicas para el cerrado de botellas 10
- 7.4 Opciones para el fin-de-vida 13
 - 7.4.1 Reutilización de envases de vidrio 13
 - 7.4.2 Sistema de reciclaje con circuito cerrado para envases de vidrio 13
 - 7.4.3 Resultados del análisis LCA de envases de vidrio 14

Al finalizar esta unidad, el alumno será capaz de:

- Conocer las propiedades y el proceso tecnológico de los envases de vidrio
- Estar informado sobre las características y posibilidades del envasado en vidrio
- Estar informado sobre la recuperación, las posibilidades de reciclaje y sobre el ciclo de vida de los envases de vidrio.

7.1. Vidrio, definición, tipos y propiedades.

El vidrio se conoce y utiliza desde hace más de 4000 años. En la Antigüedad (Fenicia, Siria, Egipto, Roma, etc.) se han desarrollado tecnologías para obtener diversos objetos de vidrio con complicados diseños y coloridos. El proceso de fabricación de vidrio de los marineros fenicios es esencialmente el mismo que se utiliza hoy en día: una mezcla de arena purificada se calienta a una temperatura elevada de más de 1000°C con carbonato de sodio y de calcio junto con sulfato de sodio. Los gases ayudan a mezclar la masa fundida. La adición de calcio es necesaria para que el vidrio sea insoluble en agua: el simple vidrio de sodio es soluble en agua y proporciona un líquido muy espeso, conocido como vaso de agua (utilizado como conservante de huevo durante la segunda guerra mundial).

La American Society for Testing Materials definió el vidrio como "una sustancia de fusión inorgánica que se ha enfriado en una condición rígida, sin cristalizar" (ASTM, 1965).

El vidrio tiene una estructura amorfa. En el enfriamiento de la mezcla indicada, el envase tiene una estructura similar a un líquido, pero la viscosidad es similar a un sólido y básicamente se comporta como un sólido. El vidrio con la composición de silicio (60-70%) - calcio (13%) y sodio (12%) es la base de la fabricación de la mayoría de los contenedores para el envasado de alimentos y se hace con las materias primas más baratas: arena, piedra caliza y sosa. Estos son materiales naturales sostenibles. El vidrio es el material de envasado preferido por los consumidores preocupados por su salud y el medio ambiente. Los consumidores prefieren el envase de vidrio porque mantiene el sabor y el olor de los alimentos al mismo tiempo que mantiene su integridad. El vidrio es reciclable al 100% y puede reutilizarse sin pérdida de calidad o pureza.

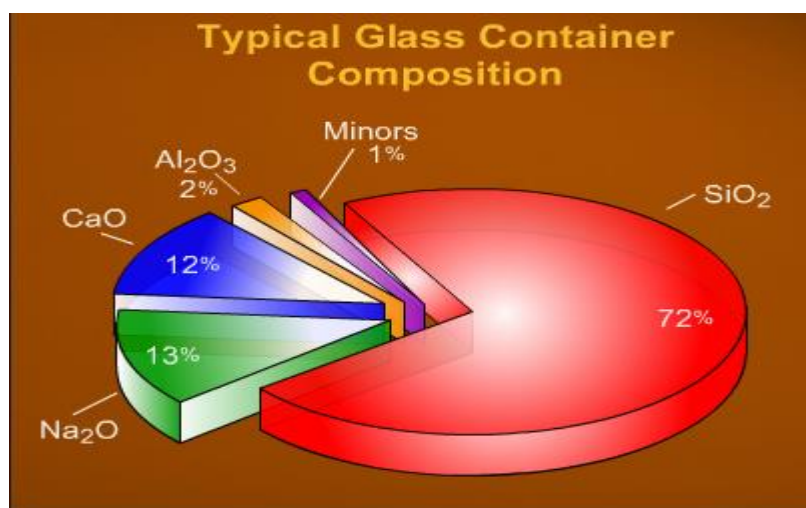


Fig. 1 Composición típica del vidrio para envases alimentarios. Fuente: Glass Packaging Institute.



El vidrio se utiliza como material de envasado debido a sus ventajas: es insoluble en agua y resistente a ácidos y bases; es químicamente inerte en contacto con los alimentos; es impermeable a gases, líquidos, vapores, aromas, microorganismos; es barato; transparente, permite la vista del producto; es fácil de limpiar y rígido.

El vidrio tiene las siguientes desventajas: transparencia; la luz puede contribuir al cambio de calidad; es quebradizo, no es resistente a golpes, vibraciones, colisiones; tiene una fragilidad importante, se agrieta bajo la acción de choques térmicos si la temperatura está por encima de 30-35 ° C y también a choques mecánicos; tiene una densidad relativamente alta, 2500 kg / m³ y requiere condiciones especiales de manejo, transporte, almacenamiento.

Dependiendo del color, el vidrio se clasifica en los siguientes tipos:

- vidrio incoloro (vidrio blanco) se utiliza para: la fabricación de tarros para verduras y frutas enlatadas; las botellas se fabrican para agua mineral, zumos, refrescos, alcohol, licores; etc.s;

- vidrio semi - blanco (azul-amarillo) - botellas azules para el agua mineral y botellas amarillas para el vino blanco;

- botella verde claro y verde oscuro - para la fabricación de botellas de champán, vino, cerveza;

- botella de color amarillo oscuro (ámbar): se utiliza para la fabricación de botellas de cerveza, vino tinto;

- botella marrón - para la fabricación de botellas para cerveza.¹

Una amplia gama de alimentos se envasa en envases de vidrio. Ejemplos: café instantáneo, mezclas secas, especias, comida para bebés, productos lácteos, azúcar, conservas (compotas y mermeladas), licores, jarabes, frutas procesadas, verduras, pescado y productos cárnicos, mostaza y especias, etc. En estas categorías de alimentos y bebidas, los productos varían desde polvos secos y gránulos hasta líquidos (algunos de ellos son carbonatados y empaquetados a presión) y productos que son esterilizados térmicamente.

¹ LILIANA GÎTIN AMBALAJE ȘI DESIGN ÎN INDUSTRIA ALIMENTARĂ UNIVERSITATEA DUNĂREA DE JOS DIN GALAȚI 2010



7.2 El proceso tecnológico para producir envases de vidrio

7.2.1 El proceso tecnológico

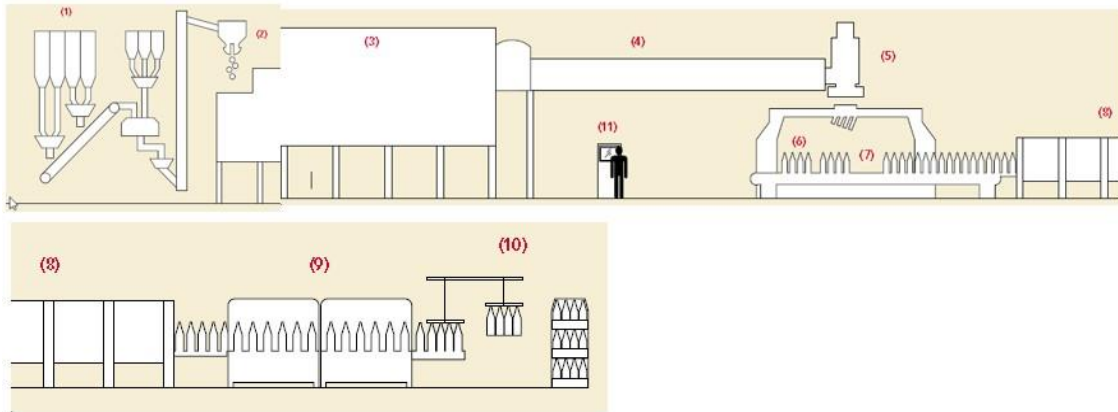


Fig.2 El proceso tecnológico de los envases de vidrio, según <http://www.bucheremhartglass.com/node/22765>

1 - almacenaje y suministro de materia prima, 2 - distribuidor, 3 - horno de fusión, 4 - crisol de acondicionamiento (transporte y calefacción unificada) de cristal fundido, 5 - alimentador con émbolo, 6 - formación del envase, 7 - almacenamiento, 8 - horno de recocido, 9 - control de envases, 10 - paletizado, 11 - control

1 - el almacenamiento y suministro de materia prima contiene fragmentos de vidrio (vidrio roto reciclado), arena, sosa, mineral: calcita (CaCO_3), dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) y feldespato (un silicato, mineral muy común). Los fragmentos de vidrio se pueden utilizar en diferentes proporciones, 20-30% hasta 60-90% en instalaciones de alto rendimiento. Para la producción de diferentes colores se agregan óxido de hierro (verde), azufre (ámbar - color entre amarillo y naranja) y cobalto (azul), luego se clasifican y mezclan de acuerdo con la fórmula deseada y son transportados por un elevador al distribuidor de lotes - 2 que alimenta continuamente el horno - 3 que puede usar electricidad o combustible (gas natural o derivados del petróleo) para calentar el material a 1050-1200°C en unos casos o hasta 1400-1600°C en otros. Para ahorrar energía y reducir el impacto sobre el medio ambiente, en los hornos de combustible se usa la energía de los gases quemados para precalentar el aire de combustión, el secado discontinuo y otros fines. El vidrio derretido se conduce a través de uno o más crisoles 4, que en realidad son extensiones del horno a través del cual corre el vidrio derretido y garantiza el



calentamiento uniforme de la masa fundida a lo largo de la línea en un proceso denominado acondicionamiento del vidrio fundido.

El siguiente paso es la formación de la gota de vidrio en peso, diámetro y longitud, de acuerdo con el tamaño y el formato del artículo destinado a ser producido.

Para esto, el vidrio acondicionado entra en un alimentador con émbolo, 5, que lo empuja hacia abajo a través de un tubo estrecho en cuya base se corta el flujo de vidrio formando un trozo de vidrio - gota. La siguiente etapa es la formación del recipiente, 6, que generalmente es una botella (botella de vidrio) o tarro. Para las botellas, el proceso es doble soplado, y para el proceso de tarros es el prensado - soplado.

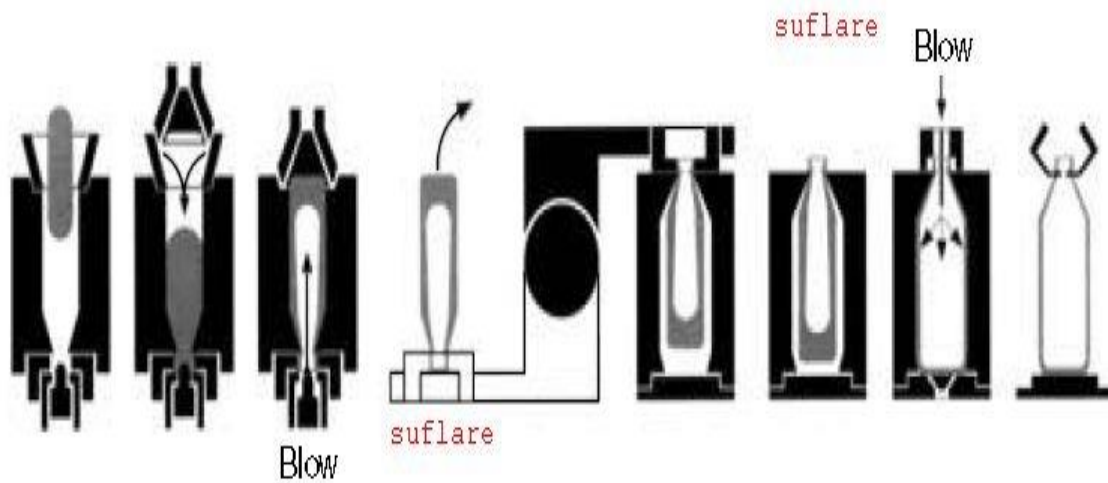


Fig. 3 Formación de botellas

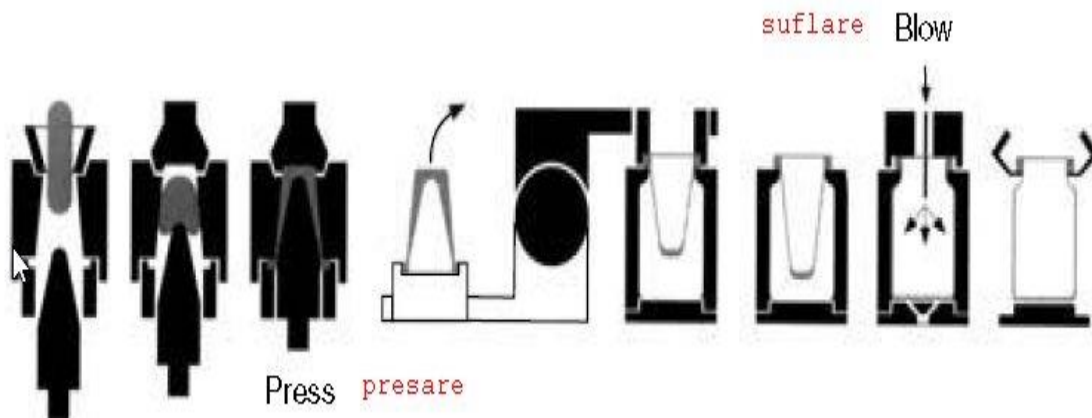


Fig. 4 Formación de tarros²

² RICHARD COLES, DEREK MCDOWELL, MARK J. KIRWAN FOOD PACKAGING TECHNOLOGY, Blackwell Publishing Ltd, 2003



Las líneas de producción para envases de vidrio presentan muchas unidades o secciones. Hay líneas con hasta 12 secciones. Además de la producción de un solo envase (conocido como la producción de una sola gota) puede funcionar simultáneamente con múltiples gotas, logrando dos, tres o cuatro envases. Después de la formación completa, los envases se retiran de la planta (7). Después, un empujador automático los transfiere a una cinta transportadora. El transportador lleva los recipientes calientes al horno de recocido, (8) donde los recipientes se vuelven a calentar aproximadamente a 580 ° C y luego los envases se enfrían lentamente para aliviar el estrés. A la salida del horno de recocido, los envases están fríos y pueden inspeccionarse (9) manualmente o con visión artificial. Hoy en día, los dispositivos totalmente automatizados utilizan pruebas físicas y visuales para verificar si cada envase tiene el tamaño, la forma y el grosor correctos. Además, verifica la existencia de grietas, burbujas y cuerpos extraños que se conocen con el nombre de piedras (generalmente son piezas de material refractario que se han desprendido). Los envases no perfectos son rechazados. Finalmente, los envases terminados se emban cuidadosamente y se colocan en paletas o en cajas (10) listos para su transporte a la fábrica del cliente, donde serán llenados, etiquetados, sellados y distribuidos para la venta. Un sistema informático (11) controla la máquina de conformado. En el pasado, la producción de vidrio ha sido controlada mecánicamente por ingenieros cualificados que han realizado ajustes manuales. Más tarde, se desarrollaron controles electrónicos y hoy la función de control puede ser informatizada.

7.2.2 Revestimientos superficiales

a) Recubrimientos externos: el exterior de muchos recipientes de vidrio está recubierto con dos capas. La primera capa se llama "extremo caliente" y consiste en un óxido de estaño que se aplica después del recocido antes de la formación. El segundo se llama "extremo frío" y se aplica después de la formación y consiste en una capa de cera de ácido oleico o polietileno. La primera capa proporciona la adhesión entre el vidrio y el extremo frío. El extremo frío reduce la fricción entre los envases de vidrio durante el transporte y disminuye el peligro de rotura.

b) Revestimientos internos: consisten en la inyección de sales de azufre o flúor para reducir la alcalinidad del vidrio mediante la sustitución de iones de sodio por iones de hidrógeno. Este recubrimiento rara vez se aplica a los recipientes destinados a alimentos que tienen una resistencia natural a volverse alcalinos, se aplica a los recipientes de bebidas, como el licor, y a los envases de productos farmacéuticos donde el vidrio se reemplaza con boro, que es más caro.



7.3 Ecodiseño de contenedores de vidrio utilizados como envases

7.3.1 Elementos de diseño de los contenedores de vidrio.

Uno de los parámetros de diseño que deben tenerse en cuenta cuando nos importa la funcionalidad de un recipiente de vidrio es el ángulo de inclinación. Para un frasco de boca ancha, debe ser $\geq 22^\circ$ y para una botella debería ser $\geq 16^\circ$. Estos parámetros indican el grado más bajo de estabilidad que puede soportar el envase.

En la Fig. 5 se presentan las diferentes formas de envases de vidrio .:



Fig. 5 Contenedores de vidrio

<http://www.commissionoceanindien.org/archives/>

En la figura 6, 8, 9 se presentan los elementos principales del diseño del envase de vidrio y de la tapa. Según Food Processors Institute

<http://slideplayer.es/slide/4874744/>

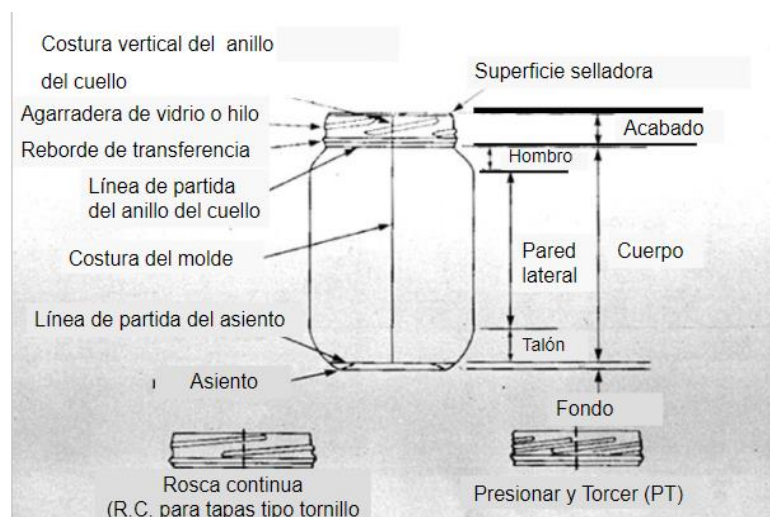
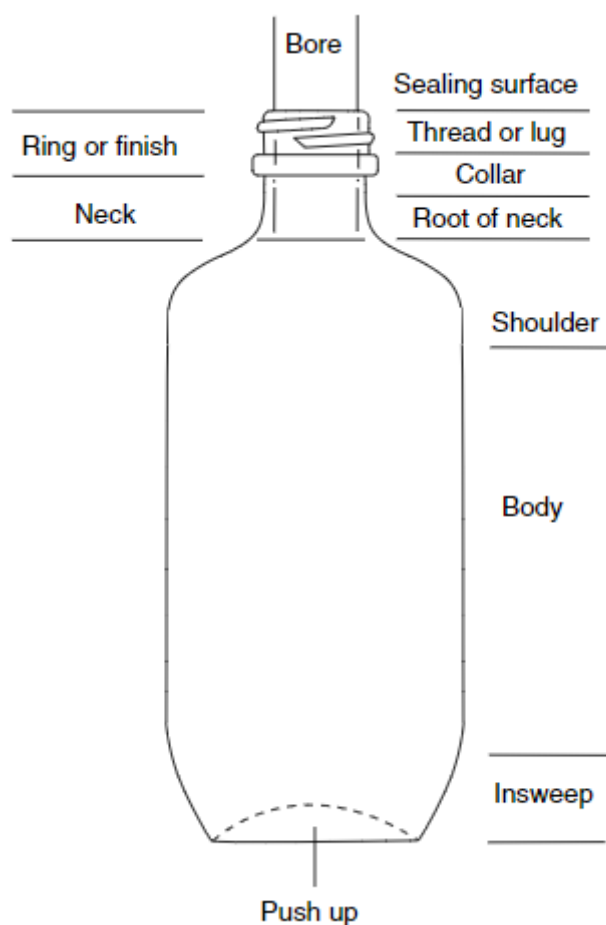


Fig 6 Componentes del tarro de cristal.



En fig. 7 se muestran los elementos que componen el cilindro de vidrio de una botella. The components of a glass bottles. Según RICHARD COLES, DEREK MCDOWELL, MARK J. KIRWAN FOOD PACKAGING TECHNOLOGY, Blackwell Publishing Ltd, 2003

Los cierres más comunes son: el tapón de rosca continua, el corcho o los similares, los tapones de corcho o similares, el tapón de corona a presión o la corona a rosca. Para el llenado, se recomienda que el diámetro del tubo de llenado sea 1 mm inferior al diámetro interior de la botella.



El cuello (neck) y los hombros (shoulders) proporcionan espacio para la expansión térmica y facilitan el llenado de la botella. En el cuerpo de la botella se ponen las etiquetas. El fondo insweep es una aplicación tradicional que aumenta la calidad de la botella. La base de la botella tiene un área plana o curva.



7.3.2 Técnicas para el cerrado de tarros.

a) cierres con sello al vacío

El cierre para rosca continua fig. 8, consiste en una tapa de acero y puede tener de tres a seis pestañas, dependiendo del diámetro. Normalmente, tiene una junta de plástico.

La aplicación y el sellado: el espacio interior del recipiente se limpia con vapor, como en las otras formas de cierre. El tapa se enrosca a la parte final del recipiente. Es deseable, en la mayoría de los casos, que la junta se caliente con el vapor para facilitar el sellado. Tanto la junta como el vacío creados para llenar el frasco mantienen el cierre a presión, pero el más importante es el vacío.

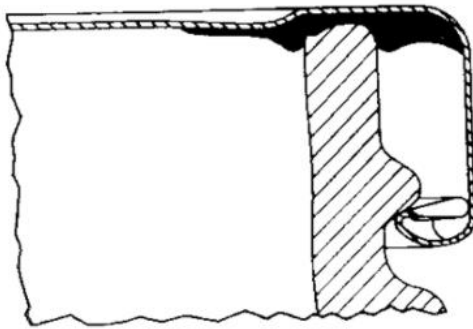


Fig. 8 Cierre de tarro con rosca continua y tapa a presión twist-off

La tapa PT a presión Twist on fig. 9 consiste en una tapa de acero sin pestañas. La junta está hecha de plástico moldeado que cubre un área de sellado que se extiende desde el borde exterior superior del cierre hasta la curvatura del cierre, formando el sellado superior primario y una junta secundaria en el lateral. Hay que presionar hacia abajo el cierre sobre el vidrio de la superficie después de que el vapor fluye sobre el espacio superior. La junta de cierre PT debe calentarse adecuadamente antes del cierre. Las fibras de vidrio de la junta se deforman en el lado del cierre y permiten que el cierre no se estropee cuando se tuerce.



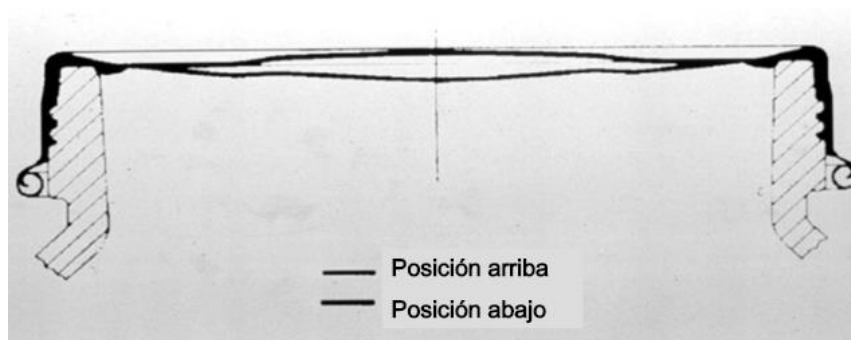


Fig. 9 PT Press-on Twist-on Head

b) Otras tapas de tarros

Hay tapas de otras muchas formas, que son menos comunes y que difieren por la forma del cierre. En la Fig. 10 se muestran algunos ejemplos.



Fig. 10 Varias tapas de cierre de tarros. . <https://sha.org/bottle/closures.htm>

7.3.3 Técnicas para el cerrado de botellas

El cierre de las botellas se realiza con técnicas que no permiten fugas, evaporaciones o el contacto con el aire atmosférico. Estos son:





Fig. 10 Ejemplo con corcho.

<https://sha.org/bottle/closures.htm>

El corcho es el material de cierre de botellas más común y más tradicional. El corcho proviene de la corteza del alcornoque que crece en el SE de Europa y África.

- La elasticidad del corcho le da la capacidad de volver al tamaño normal después de la compresión. Esta es la propiedad básica del corcho, lo que permite que quede apretado en el orificio de la botella y creando un cierre. Además, el ser químicamente inerte lo hizo ideal para el sellado de cualquier tipo de producto embotellado, líquido o sólido, sin dar sabor al producto. Cuando se mantiene húmedo por el contenido de la botella también asegura el sellado durante un largo período de tiempo por lo que el corcho todavía se utiliza en la actualidad para botellas de vino. Para otros usos se tiende a reemplazar el corcho por un plástico sintético.
- Uno de los cierres más comunes sin corcho es el gran y variado grupo de cierres a rosca. Existen tanto con rosca interna como externa. Los tapones con rosca interna están hechos generalmente de caucho duro u otros plásticos. Los tapones con rosca externa varían mucho y pueden estar hechos de más materiales, generalmente diferentes metales y, más recientemente, plástico o caucho.



Fig. 11 Ejemplo de tapones a rosca interna y externa. <https://sha.org/bottle/closures.htm>



- **Tapa corona** - este cierre consiste en una simple tapa de metal con un lado corrugado y un forro compresible (antes corcho y ahora plástico). El tamaño estándar de la corona o la parte superior de acabado es de 1" y el diámetro exterior aproximadamente 2,5 cm. La tapa se presiona con un dispositivo especial o con una prensadora especial. Para acceder al contenido de la botella se usa un abridor por todos conocido.



Fig. 12 La botella sin y con la tapa corona

<https://sha.org/bottle/closures.htm>

Tipos de tapas a presión:

- tapón corona - la cápsula de lámina de acero, con el borde ondulado fig 12.
- tapón corona de anillo - la cápsula de lámina de acero, con el borde con una extensión que facilita la apertura, fig 13.



Fig. 13 Taponos con anillo abridor

<http://www.finn-korkki.com/en/caps-and-closures/>



7.4 Opciones para el fin-de-vida

7.4.1 Reutilización de envases de vidrio

Representa el mejor escenario de fin de vida de acuerdo con la jerarquía de residuos, pero el envase de vidrio actualmente se reutiliza solo de forma muy limitada, en su mayor parte en pequeñas fábricas de productos lácteos.

7.4.2 Sistema de reciclaje con circuito cerrado para envases de vidrio

El reciclaje de estos envases en la producción de vidrio, es actualmente el mejor escenario para el final de la vida útil del recipiente de vidrio. Debido a la naturaleza frágil del vidrio, el tipo de sistema de recolección utilizado tiene un gran impacto en la calidad del vidrio recuperado. Para usar como materia prima en la producción de vidrio nuevo, el vidrio recuperado debe estar lo suficientemente libre de pequeños fragmentos y contaminantes, lo cual es difícil de mantener en un sistema de recolección que no separe el vidrio de otros residuos (flujo único). Según Morawski (2009), solo el 40% del vidrio recuperado en los sistemas de recolección sin separar tiene el nivel requerido de calidad, mientras que el otro 60% se deposita en vertederos o se vende para usos de menor valor, por ej. agregado para hacer carreteras. El mismo estudio mostró que en un sistema con doble flujo, en el que el vidrio se separa en el vertedero de otros materiales reciclables, el 90% del vidrio recuperado tiene una alta calidad, mientras que el 10% restante se vende para usos de menor valor. En los sistemas de almacenamiento de contenedores, el 98% del vidrio recuperado tiene una alta calidad, mientras que el otro 2% se vende para usos de menor valor.

Además, los sistemas de recolección con flujo único tienen como resultado pequeños fragmentos de vidrio roto que están incrustados en productos de papel o están atrapados en envases de plástico y metal, contaminando estos materiales y disminuyendo su valor. Si el vidrio se quiere utilizar como materia prima para la producción de nuevos envases de vidrio o fibra de vidrio, debe romperse en trozos de tamaño uniforme, en la medida de lo posible, limpiarse de muchos contaminantes y clasificarse por color. El primer paso en este proceso suele ser aplastar los envases de vidrio si no están ya rotos. Pueden usarse filtros para separar los pequeños trozos de vidrio de los contaminantes más grandes, menos frágiles que no puedan romperse, como el corcho.



Esta mezcla de vidrios rotos se puede enviar a un equipo de clasificación automatizado, con un separador magnético para la eliminación de las tapas de acero y un separador de corrientes de Foucault para eliminar las piezas de aluminio. Al pasar el vidrio a través de una corriente de aire, las etiquetas y otros elementos contaminantes pueden eliminarse.³

7.4.3 Resultados del análisis LCA de envases de vidrio

La evaluación del ciclo de vida LCA permite el análisis de diferentes etapas del ciclo de vida de un producto:

1) la evaluación de actividades o fases independientes (Gate-to-Gate) - evalúa una planta u operación;

2) la evaluación de un ciclo parcial (Cradle to gate) - incluye evaluaciones llevadas a cabo de acuerdo con el primer punto más los proveedores antes de esa actividad (materias primas, materiales, procesamiento y transporte);

3) la evaluación de todo el ciclo de vida del producto (Cradle-to-grave) - desde la extracción hasta la eliminación;

4) la evaluación de todo el ciclo de vida del producto, incluido su reciclaje (Cradle-to-cradle) - incluye todo el ciclo de vida del producto más el reciclaje del producto.

Para tener una imagen clara y precisa de todo el ciclo de vida de los envases de vidrio, el Glass Packaging Institute (GPI) ha realizado un LCA⁴ para la producción de envases de vidrio en Norte América de tipo cradle-to-cradle. El estudio LCA desde la cuna hasta la cuna del envase de vidrio, aborda todas las entradas y salidas para la producción y gestión del fin de vida útil para 1 kg de vidrio de envase, que incluye:

- La extracción y el procesamiento de las materias primas y el vidrio de desecho reciclado
- El transporte de las materias primas y el vidrio de desecho
- La producción y el consumo de combustible y energía para la fusión y la formación de vidrio (incluso para otras actividades no directamente relacionadas con la fusión en la planta)
- El impacto del tratamiento de vidrio recuperado rechazado en la fusión
- El transporte del envase terminado al usuario final.

Los resultados del escenario de cuna a cuna se refieren a 1 kg de vidrio para los envases del mercado. El resultado es una reducción del impacto ecológico de la empresa en la producción de vidrio cuando se aumenta del reciclaje y el reprocesamiento del vidrio para los envases.

En general, con el aumento de la recuperación y el reciclado, el consumo de energía se reduce y el potencial de calentamiento global GWP se reduce. El mayor beneficio para GWP es generado por la disminución del consumo de energía y la reducción de las emisiones de CO₂ con



la reducción del consumo de materias primas al reemplazarlas con vidrio recuperado. Con un 50% de vidrio reciclado en la materia prima se da una disminución del 10% respecto a cuando no se utiliza vidrio recuperado.

Esto resalta la importancia de un estudio de cuna a cuna cuando se debe preparar el LCA para un producto.

Para GWP, el valor de referencia es 1.26 kg de CO₂ por 1 kg de producción de envases de vidrio en el mercado y el valor de referencia del escenario con reciclaje es del 50% y produce a una disminución de 1,11 kg de CO₂ equivalente.

En otras palabras, la tasa de reciclaje del 50% puede eliminar en Norte América 2,2 millones de toneladas métricas de CO₂ del medio ambiente, el equivalente a la eliminación de emisiones de CO de aproximadamente 400,000 automóviles cada año. Respecto al consumo de energía hasta una tasa de reciclado del 50%, no se producen ahorros sustanciales, pero con el aumento del porcentaje de reciclaje, estos ahorros se vuelven sustanciales. Se enfatiza que el porcentaje de reciclaje de las plantas ha alcanzado el 90%.

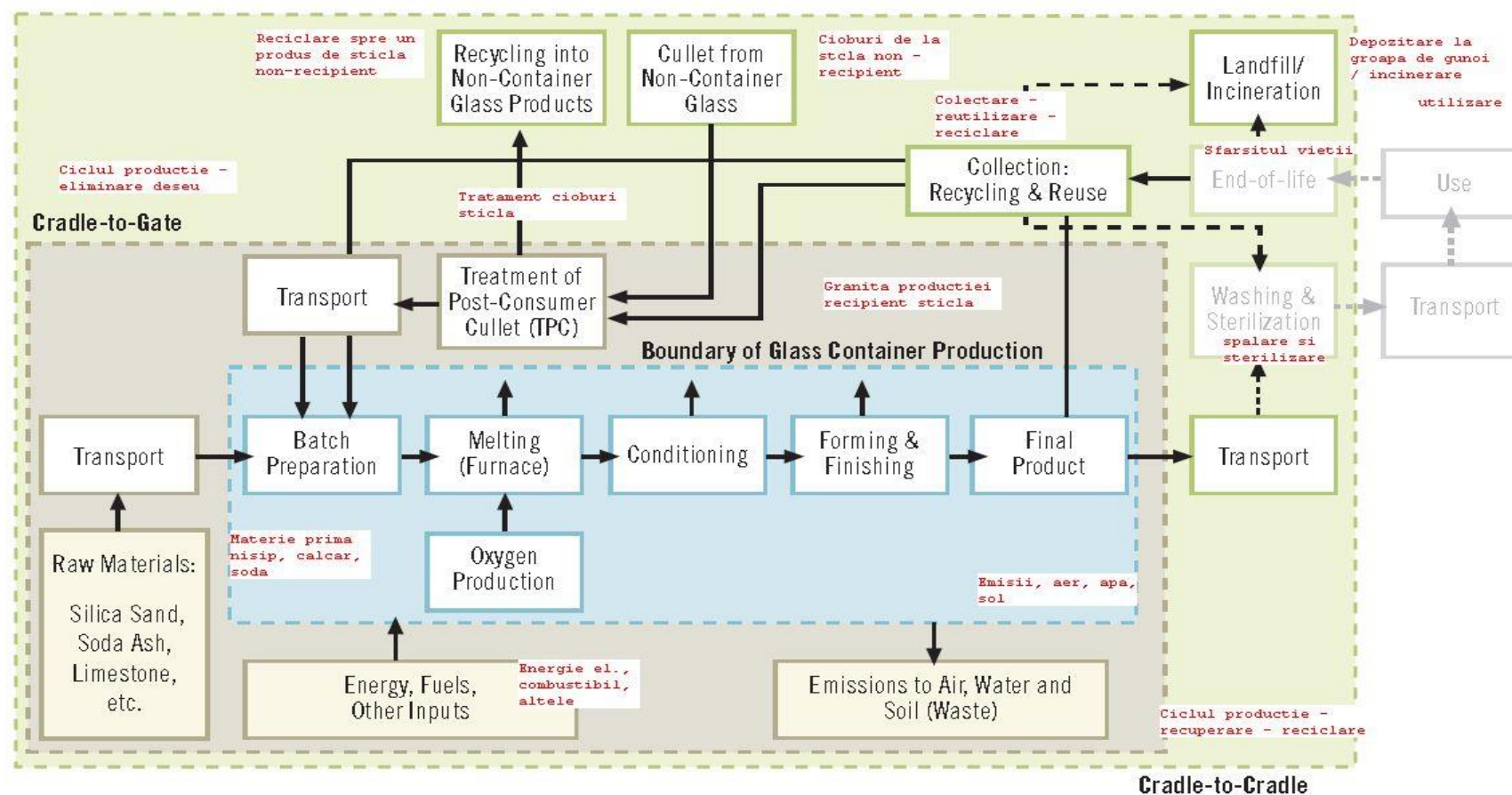
En el anexo 1 se presenta el diagrama del flujo de producción de envases de vidrio para LCA de cuna a cuna, también los resultados de LCA con respecto al consumo de energía y el potencial de calentamiento global de la producción de un envase de vidrio de 1 kg.

³ Elizabeth Shoch, Adam Gendell, Anne Johnson, Matt Thomas *Closing the Loop: Design for Recovery Guidelines for Glass Packaging* by GreenBlue

⁴ The Glass Packaging Institute, *Cradle-to-Cradle Life Cycle Assessment of North American Container Glass*, 2010, www.gpi.org



Anexo 1: Diagrama de Flujo de producción de envases de vidrio utilizado en el estudio LCA. Fuente: The Glass Packaging Institute, Cradle-to-Cradle Life Cycle Assessment of North American Container Glass, 2010, www.gpi.org



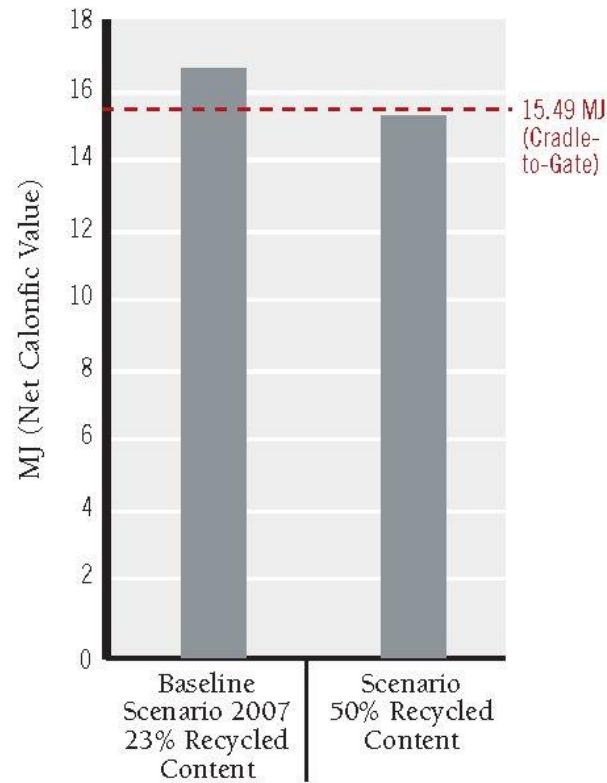
Ecodiseño en el Envase de Alimentos

Unidad 7: Envases de Vidrio

Anexo 1: Diagrama de Flujo de producción de envases de vidrio utilizado en el estudio LCA.

Cradle-to-Cradle Primary Energy Demand – (1 kg Formed & Finished Glass)

Energie consumata pentru 1 kg sticla incl. recipient



Cradle-to-Cradle Global Warming Potential – (1 kg Formed & Finished Glass)

Potentialul de incalzire globala pentru 1 kg sticla incl. recipient

