

## Caracterización de sistemas de logística inversa para la reutilización de envases de alto valor unitario

Ruth Carrasco Gallego, Eva Ponce Cueto

Dpto. de Ingeniería de Organización, Administración de Empresas y Estadística. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. Calle José Gutiérrez Abascal, 2. 28006. Madrid.  
ruth.carrasco@upm.es, eponce@etsii.upm.es

### Resumen

*En esta comunicación se caracteriza el sistema logístico de un sector en el que se reintroducen en el proceso de llenado envases recuperados de alto valor unitario. Se identifican una serie de problemas particulares, como la dificultad para planificar la producción o la necesidad incentivar adecuadamente a los actores que intervienen en el proceso de recogida de envases vacíos. Se proponen a su vez algunas vías de mejora en esos procesos y se concluye que las características diferenciales de este sistema son precisamente el alto coste unitario del envase y su reintroducción en el proceso de llenado.*

**Palabras clave:** logística inversa, bucle cerrado, recuperación

### 1. Introducción

Existen una serie de sectores que reutilizan desde hace tiempo embalajes de alto valor unitario para el envasado de sus productos. Es el caso de la industria cervecera (barriles), los Gases Licuados del Petróleo GLP (bombonas) o los gasistas en general (balas de gases comprimidos), como muestra la Figura 1. La gestión logística de estos sistemas presenta una serie de particularidades y dificultades, en ocasiones aún no resueltas, que pueden abordarse desde la logística inversa. Sin embargo, los casos de reutilización de envases que con más frecuencia se describen en la literatura se refieren bien a envases de bajo valor unitario que no constituyen un cuello de botella en el proceso productivo (envases de vidrio), bien a embalajes que no interfieren directamente en la planificación de la producción (contenedores, *pallets*,...). En esta comunicación se caracterizan las cadenas de ciclo cerrado (sistemas logísticos que cierran el ciclo del sistema productivo tradicional) en las que intervienen envases de alto valor unitario y se identifican los problemas más comunes que en ellas se presentan.



Figura 1. Envases de alto valor unitario

## 2. Planteamiento y metodología

El objetivo principal de esta comunicación es caracterizar los sistemas de logística inversa en los que intervienen envases de alto valor unitario que han de introducirse nuevamente en el proceso productivo. El objetivo secundario es identificar problemas comunes a estos sistemas logísticos en los diferentes sectores estudiados. Para ello se cuenta con:

- experiencia de campo en el sistema logístico de algunas empresas de este tipo
- revisión de casos descritos en la literatura que permiten comparar las prácticas logísticas en los sectores analizados

## 3. Marco teórico

### 3.1. Concepto de logística inversa y cadenas de ciclo cerrado

El concepto de logística inversa y su alcance ha ido evolucionando a lo largo de los años (De Brito, 2004). Aunque en todas las definiciones subyace la idea del movimiento de productos en el sentido inverso al tradicional, a finales de los noventa la atención se focaliza en los aspectos medioambientales del término, centrándose en aspectos como la gestión de residuos, el reciclado o la logística medioambiental (*green logistics*). En los últimos años, se ha recuperado el alcance inicial del término logística inversa, definiéndose como la disciplina que estudia los flujos de materiales de los puntos de consumo a los de producción en un sentido amplio, estén estos relacionados o no con la gestión medioambiental. Asimismo, han aparecido visiones holísticas de las redes de suministro que enfatizan la necesaria coordinación de las cadenas “hacia delante” y “hacia atrás” en el concepto de “cadena de ciclo cerrado” o *closed loop supply chain*. (Guide y van Wassenhove, 2003)

En el caso de estudio que nos ocupa, esta visión holística de los sentidos directo e inverso de la cadena tiene especial relevancia, ya que la disponibilidad de los envases para proceder a su llenado y que estén listos para entregar al cliente, depende en gran medida de la eficacia del proceso de recuperación de envases vacíos.

### 3.2. Alcance del estudio

En su clasificación de redes de logística inversa, De Brito (2004) identifica un tipo de redes denominadas redes de redistribución o reventa. En este tipo de redes, se recuperan objetos que se reintroducen en el canal logístico sin necesidad de operaciones de transformación relevantes, como en el caso de los contenedores o los *pallets*. Las devoluciones comerciales también podrían incluirse en esta categoría. Nuestro estudio se centra en este tipo de redes, ya que en la reutilización de envases, independientemente de su valor, no hay transformaciones importantes del envase recuperado antes de su reintroducción en el sistema logístico. Los envases vacíos se someten a lo sumo a operaciones de lavado o puesta a punto antes del llenado.

### 3.3. Revisión de la literatura

Se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica de casos descritos en la literatura que aborden sistemas de logística inversa con características similares al caso de estudio que se presenta en esta comunicación. La revisión realizada se ha centrado en aquellos casos referidos a redes de redistribución que incluyen embalajes y elementos usados en la distribución como *pallets*, contenedores retornables o botellas.

En este sentido, Kroon y Vrijens (1995) discuten el diseño de una red para el retorno de contenedores reutilizables. Se centran en el papel que desempeñan los diferentes actores de la red, los incentivos económicos que deben fijarse para asegurar el retorno de los contenedores, el número de contenedores necesarios para asegurar el funcionamiento eficiente del sistema y el número y la localización de los depósitos de contenedores que deben instalarse.

Del Castillo y Cochran (1996) modelizan las actividades de producción y distribución de un fabricante de refrescos que utiliza botellas retornables para el envasado de sus productos. Con el modelo se consigue planificar y programar la producción y distribución de envases llenos teniendo en cuenta la recogida de los vacíos.

Duhaime, Riopel y Langevin (2001) presentan los problemas de un operador postal para gestionar correctamente su parque de contenedores postales retornables. Los autores determinan que el número de contenedores propiedad de la empresa es suficiente para cumplir con los requerimientos de su sistema logístico y establecen como causa principal de la indisponibilidad de contenedores la incorrecta distribución del inventario de los mismos entre las diferentes localizaciones.

Díaz, Álvarez y González (2004) describen el ciclo inverso del envase de bebida, presentando aspectos relativos tanto al reciclaje de plásticos, metales y vidrio como a la reutilización de envases de vidrio recuperados en el sector hostelero y que retornan directamente a la planta embotelladora, sin mediar un proceso de reciclaje intermedio. En este último caso, los autores destacan que es habitual que las empresas fabricantes utilicen la misma red de transporte para la distribución de los envases llenos y para la recogida de los vacíos.

Van Dalen, van Nunen y Wilens (2005) describen cómo Heineken identificó los procesos de logística inversa como un área estratégica en sus operaciones y decidió invertir en la mejora y optimización de recuperación de botellas, barriles y cajas retornables. El proyecto permitió a la empresa determinar el tiempo que necesitaba un cajón retornable para recorrer el ciclo logístico completo, desde la salida de la planta al cliente y vuelta de nuevo a la planta. La mejora de los procesos logísticos inversos permitió a la compañía aumentar la rotación de los activos retornables y disminuir, gracias a ello, el número de elementos necesarios en inventario para asegurar el buen funcionamiento del sistema.

En las referencias revisadas intervienen bien elementos usados en la distribución (contenedores, *pallets*), que se reintroducen en el sistema logístico sin necesidad de operaciones adicionales, o bien envases de bajo valor unitario (botellas de vidrio), cuyas operaciones de llenado no suelen verse afectadas por el grado de indisponibilidad de envases. En este último caso, las empresas suelen disponer de un stock elevado de envases, con lo que el proceso de llenado no es tan dependiente de los envases que retornan. Sin embargo, la literatura relativa a la reutilización de envases de alto valor unitario en los que intervienen operaciones de llenado es más bien escasa, habiéndose encontrado únicamente como referencia relevante la descripción del caso Heineken. Por este motivo, en esta comunicación se ha considerado interesante realizar la caracterización de un sistema logístico inverso en el que intervienen envases de alto valor unitario, particularizado en el caso de las balas de gases comprimidos, e identificar sectores con características similares, como la industria cervecera o los gases licuados del petróleo, en los que se espera que las prácticas de gestión de recogida de envases sean similares.

En el caso que nos ocupa, y a diferencia de lo que ocurre con los *pallets* y contenedores, los envases pasan por un proceso de llenado que es necesario planificar, programar y controlar. En el proceso de llenado de envases de vidrio retornables, el envase tiene pequeño valor unitario,

por lo que la empresa preferirá disponer de un holgado stock de botellas que le asegure la disponibilidad de las mismas a la hora de realizar el proceso de llenado. En este caso los envases no resultan ser el cuello de botella del proceso. Sin embargo, cuando los envases tienen alto valor unitario, las empresas preferirán limitar su inversión en envases, tratando de mejorar sus prácticas de logística inversa para evitar tener que inmovilizar parte de su capital en envases de alto valor. De este modo, el envase resulta ser el factor limitante del proceso de llenado. El proceso de planificación y programación de las operaciones de llenado de envases se ve directamente perjudicado por la incertidumbre relativa al número de envases que podrán ser recuperados en el día anterior, tal y como se explicará en el apartado 4.2.

#### **4. Caracterización del sistema logístico para la producción y distribución de gases comprimidos**

##### **4.1. Descripción del sector**

El uso de gases como el oxígeno, el nitrógeno o el dióxido de carbono está hoy en día muy extendido y sus aplicaciones son múltiples y muy variadas. Entre ellas podemos destacar:

- Aplicaciones en el sector alimentario: envasado bajo atmósfera protectora, refrigeración y congelación con gases criogénicos, carbonatación de bebidas, aplicaciones vitivinícolas.
- Aplicaciones médicas: uso de gases medicinales, principalmente oxígeno, tanto en hospitales como en terapias a domicilio.
- Aplicaciones industriales: gases para la soldadura, depuración de aguas, refrigeración, combustión, química básica y de refino, fundición y transformación de metales, etc.

El modo de suministro del gas varía en función del volumen demandado en cada tipo de aplicación. Por ejemplo, en el caso de la producción y fundición de metales, se necesitan volúmenes de oxígeno muy grandes y el gas será suministrado a través de una canalización directa entre la planta de destilación fraccionada del aire de la que se obtiene el oxígeno y la acería. Cuando los gases se utilizan en procesos de soldadura o de corte oxiacetilénico a pie de obra los volúmenes necesarios son mucho más pequeños y suele ser suficiente con suministrar botellas en las que previamente se ha envasado el gas, comprimiéndolo hasta alcanzar una presión de unos 200 bares. Otras aplicaciones en las que tradicionalmente se ha utilizado el envasado en recipientes a presión como modo de suministro de los gases son: aplicaciones medicinales, tanto en hospital como a domicilio, suministro de CO<sub>2</sub> para gasificación de cervezas en hostelería y restauración o aplicaciones especiales en laboratorios.

##### **4.2. Descripción del producto. Implicaciones logísticas**

Los envases para el almacenaje y la distribución de gases comprimidos deben ser capaces de soportar la presión interna (200 bares) del contenido, por lo que se construyen generalmente en acero o aleación de aluminio y con un espesor de pared suficiente para soportar las tensiones a las que el material será sometido por el gas. El diseño de este tipo de dispositivos está regulado legalmente por el Reglamento de Aparatos a Presión y por la Instrucción Técnica Complementaria MIE AP7 referente a botellas y botellones para gases comprimidos, licuados o disueltos a presión. Como resultado de todo lo anterior, el coste unitario de un recipiente estándar de una capacidad de 50 l es del orden de la centena de euros.

El producto final en este caso se define como la combinación de un tipo de envase dado con el

tipo de gas correspondiente. Cada botella está predefinida para contener un único tipo de gas y con una determinada pureza. Para poder cambiar el tipo de gas con el que se puede rellenar una botella no sólo habría que reetiquetarla, sino que habría que realizar operaciones de limpieza, cambio de grifo y de pintura que normalmente se realizan en instalaciones especializadas ajenas a la planta de embotellado, por lo que este tipo de cambios no se llevan a cabo de manera habitual.

Desde el punto de vista logístico, las características del producto analizado tienen varias implicaciones. En primer lugar, no se trata de un tipo de envase que pueda ser desechado por el cliente tras su uso, sino que debe ser retornado al fabricante para que el recipiente pueda ser reutilizado. Las empresas productoras y distribuidoras de gases industriales y medicinales deberán disponer de las redes inversas adecuadas para asegurar el retorno de los envases a la planta de embotellado. Los motivos de esta reutilización son claramente económicos, pues el alto valor de los envases hace que resulte rentable gestionar su recuperación y reutilización. No existe, por el momento, material o tecnología alguna que permita el envasado de gases comprimidos en recipientes diseñados para un solo uso en condiciones adecuadas de seguridad. Es de destacar que, en general, cuando el volumen de consumo de un cliente aumenta suficientemente, se prefiere suministrar el gas a través de cisternas que descargan en tanques de almacenamiento situados en las instalaciones del cliente. En ese caso, los costes de distribución disminuyen al transportarse volúmenes mayores y sin el peso adicional de la botella, al evitarse los costes derivados del envasado intermedio y al prescindir de la gestión logística del retorno de los envases.

En segundo lugar, a diferencia de otras cadenas en las que los sentidos directo e inverso pueden tener gestión independiente, en este caso ambas cadenas están completamente vinculadas, conformando un sistema logístico de ciclo cerrado. Es necesario disponer de envases vacíos para poder iniciar el proceso productivo por lo que las cadenas “hacia delante” y “hacia atrás” deben estar suficientemente coordinadas. La planificación del proceso de llenado se ve directamente condicionada por la adecuada gestión del proceso de recogidas.

En tercer lugar, y como consecuencia de su alto coste unitario, los envases suponen un cuello de botella en el proceso de producción (envasado) y distribución. En general, las empresas no estarán dispuestas a inmovilizar una parte de su capital para disponer de un gran stock de envases vacíos que permitan amortiguar las ineficiencias del proceso de recuperación de envases a manos de los clientes o distribuidores. La falta de envases vacíos para proceder a su llenado puede dificultar la producción y comprometer las fechas de entrega a los clientes. Es difícil planificar la producción porque cada día podremos producir sólo aquellas botellas de las que tengamos envases vacíos disponibles y el tipo y número de envases que se recogerán en el día J se conocen típicamente en el día J-1.

### **4.3. Actores que intervienen en el proceso**

Los principales actores que intervienen en este sistema logístico son los fabricantes, transportistas, distribuidores y clientes finales.

Los fabricantes suelen ser a la vez productores del gas y envasadores del mismo. El proceso de producción tiene lugar bien en unidades de destilación del aire, de las que se obtiene oxígeno, nitrógeno y argón en estado líquido, bien en plantas de gas de síntesis (reformado de las gasolinas) de las que se puede obtener hidrógeno y dióxido de carbono. Una vez obtenidos los gases, el envasado se realiza en plantas embotelladoras situadas estratégicamente para cubrir una demanda local determinada. El gas se almacena en los tanques de la planta embotelladora,

que son aprovisionados mediante cisternas por las plantas de producción de gases. Una vez envasado el gas, las botellas se ponen a disposición de los transportistas para su entrega a los distribuidores o a los clientes finales.

Los transportistas suelen ser pequeñas y medianas empresas de transporte cuyo principal cliente es la compañía productora de gases comprimidos. Es difícil recurrir en este sector a grandes operadores logísticos que se encarguen del proceso de distribución física debido a la dificultad para encontrar operadores capaces de gestionar correctamente mercancías peligrosas. Las balas de gases comprimidos están catalogadas como mercancía peligrosa y por tanto, su transporte y almacenaje están sometidos a una legislación relativamente estricta (ADR y Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos MIE APQ 005, respectivamente). Por tanto, no existen muchos operadores que estén en disposición de realizar este tipo de gestión logística y los que tienen capacidad para proporcionarla tienen precios relativamente altos. Otra dificultad añadida es la gestión de los flujos de retorno de envases, ya que es difícil encontrar operadores con buenas capacidades para gestionar flujos de retorno, ya que su negocio habitual sigue siendo mayoritariamente la distribución física en redes logísticas directas.

Los distribuidores se encargan de comercializar y distribuir los gases envasados en una zona determinada. Suelen encargarse de abastecer a pequeños clientes finales, de modo que el fabricante suministra al distribuidor y este a su vez suministra al pequeño cliente final. Los grandes clientes suelen ser suministrados directamente por el fabricante.

Las tipologías de cliente en gases envasados son muy diversas, desde un pequeño taller dotado de equipos de soldadura a un gran hospital que consume importantes cantidades de gas embotellado. El poder de negociación del cliente frente al fabricante o distribuidor determinará el tipo de incentivo utilizado para la recuperación de envases vacíos.

#### **4.4. Proceso de producción y distribución de gases envasados**

En la planta embotelladora, tal y como muestra la Figura 2, se reciben los envases vacíos procedentes de clientes y distribuidores. Estos se someten a un proceso de inspección en el que se determina si están o no en condiciones de ser llenados (chequeo de grifo, etiquetado, prueba hidráulica). Sólo los envases aptos pasan al proceso de llenado; los rechazados, que suelen ser sólo un pequeño porcentaje, se derivan a otra zona de la planta para ser enviados a reparar o someterlos a la prueba hidráulica reglamentaria.

El proceso de llenado se inicia con uno o varios ciclos de vacío, en función de la pureza nominal del gas que se va a envasar, con el fin de eliminar las posibles impurezas contenidas en la botella. Posteriormente, tras un primer golpe de gas, que se usa para romper el vacío, se va inyectando gas en la botella hasta alcanzar la presión convenida, que suele ser de 200 bar. Durante todo el proceso de llenado, un cuadro eléctrico con autómata controla la temperatura y presión de la botella, y si en algún momento se superan los valores establecidos se detiene automáticamente el proceso.

Los envases llenos se almacenan separadamente de los vacíos, al aire libre o en naves suficientemente ventiladas. Los preparadores de pedidos desplazan las botellas necesarias de la zona de almacenaje a los muelles de expedición, aunque es de destacar que en muchas ocasiones no existe almacenaje intermedio de los productos debido a la alta rotación que alcanzan las botellas, pasando estas en muchas ocasiones directamente del área de llenado al muelle de salida.

Tal y como es habitual en empresas que recuperan envases para su reutilización (Díaz et al., 2004), se suele utilizar la misma red de transporte para distribuir los envases llenos y recoger los vacíos. Por tanto, en la planificación de las rutas de distribución y recogida se deben tener en cuenta tanto el tipo y número de envases llenos a entregar como el tipo y número de los envases vacíos a recoger.

Una vez efectuada la ruta de distribución-recogida, los envases vacíos son devueltos a la planta por el transportista, iniciándose de nuevo el ciclo.

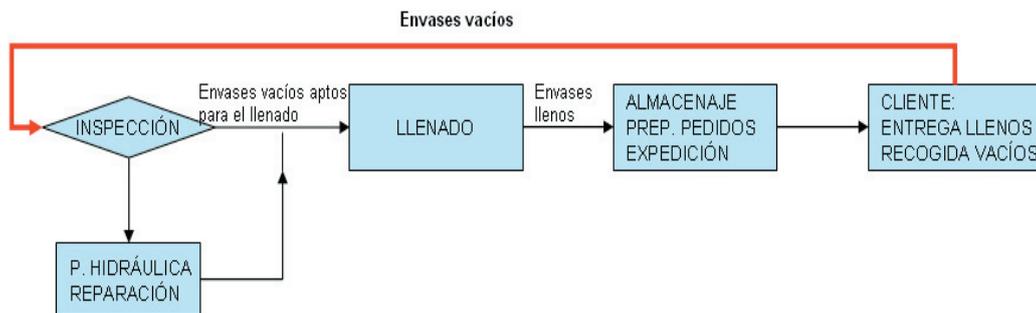


Figura 2. Producción y distribución de gases envasados.

#### 4.5. Incentivos a la devolución de envases

Para que el ciclo cerrado anterior de recogida-llenado-entrega funcione de manera correcta, es necesario diseñar un sistema de incentivos adecuado para que todos los actores que participan en el proceso (fabricante, transportistas, distribuidores y clientes finales) tengan interés en que los envases retornen a los centros de llenado con un nivel de rotación aceptable.

En este caso, los fabricantes facturan una tasa a sus distribuidores y clientes por día de tenencia del envase. Cada entrega y recogida de envases se anota en la cuenta del cliente y al final de cada período de facturación se carga la suma de las cantidades diarias correspondientes al alquiler de las botellas. Con este sistema se prima al cliente que hace uso del producto y retorna el envase vacío rápidamente.

Sin embargo, cuando el poder de negociación del cliente es importante, se tiende a eliminar este sistema y el cliente deja de abonar o abona cantidades muy pequeñas por la tenencia diaria de envases. En este caso se constata que el flujo de retorno funciona peor y que la rotación de los envases es más baja. Suele ser el caso de clientes importantes como hospitales, grandes laboratorios o complejos químicos, cuyos contratos muchas veces se rigen por concursos públicos que no admiten incluir en la oferta económica el pago de una cantidad en concepto de alquiler de las botellas. Sin el incentivo económico adecuado, es difícil que el cliente oriente de algún modo sus procesos para que los envases retornen adecuadamente tan pronto como quedan vacíos.

También se aplican penalizaciones por pérdida de envases, si al cerrar una cuenta se constata en el histórico que el número de botellas entregadas es superior al de las recogidas. Para que sea eficaz, la penalización por pérdida de una botella debe superar en cualquier caso al precio que obtendría el envase en el mercado secundario de la chatarra. Sin embargo, muchas veces esta penalización por pérdida de botellas resulta difícil de aplicar si, por ejemplo, se produce algún error en los albaranes.

Debemos destacar que, para que este sistema de incentivos a la devolución de los envases funcione correctamente, es de suma importancia la existencia de un sistema de información adecuado y alimentado con datos veraces y actualizados. En la actualidad, los terminales de mano tipo *handheld* permiten la creación de albaranes electrónicos modificables por el transportista que se vuelcan directamente al sistema de información sin necesidad de introducción manual de datos, lo que permite reducir la carga administrativa del proceso y evitar errores humanos en la transcripción. Asimismo, la tecnología GPRS (General Packet Radio Service) permite la actualización del sistema de información en el mismo momento de la entrega-recogida en las instalaciones del cliente, lo que permite recalcular al instante su cuenta de envases, así como proporcionar información de primera mano al equipo de producción sobre el número y tipo de envases vacíos que se van a recibir de una determinada ruta de transporte. Esto último puede redundar en una mejor programación de los procesos de llenado.

Los transportistas son también parte importante del proceso de recuperación de los envases vacíos pues son quienes disponen de información real sobre el número de envases devueltos por el cliente. Conviene a su vez incentivar correctamente al transportista para asegurar que todos los envases recogidos en el cliente retornan adecuadamente a la planta de llenado.

#### **4.6. Problemas identificados y propuesta de soluciones**

Durante la caracterización de este sistema logístico de ciclo cerrado se han identificado una serie de problemas como son:

- Dificultad para planificar la producción, en tanto que el proceso de llenado de envases depende de la recogida de los mismos, y dado que no siempre se dispone de un stock suficiente de envases vacíos del tipo adecuado para atender los pedidos del día en cuanto a tipo de producto y a cantidad se refiere. Esto resulta en que, en ocasiones, no es posible comprometer con el cliente una fecha de entrega concreta, al no disponerse del tipo y número de envases adecuados. Este tipo de dificultad aparece frecuentemente en los sistemas de logística inversa, y es en parte fruto de la incertidumbre en la calidad y en la cantidad de los activos que serán devueltos, así como de la incertidumbre sobre el momento en qué serán retornados (Guide et al., 2003).
- Necesidad de establecer el nivel de inventario de envases mínimo en cada instalación productiva, así como de revisar frecuentemente si el número y tipo de envases en circulación se adapta correctamente a las características de la demanda en cada momento. El nivel global de inventario en el sistema depende en gran medida de la velocidad con que circulan los envases en el sistema logístico de ciclo cerrado. Las mejoras en la gestión del proceso de recuperación de envases que redunden en una mayor rotación de esos activos permiten disminuir el nivel de inventario necesario, tal y como se describe en el caso Heineken (van Dalen et al., 2005).
- Necesidad de incentivar adecuadamente la recogida de envases vacíos en los clientes, a través de los estímulos económicos adecuados y de la puesta en marcha de las infraestructuras de información necesarias para la aplicación eficaz de esos incentivos.

Una posible vía de mejora del sistema, especialmente en aquellos clientes en los que no es posible aplicar una cuota diaria de alquiler que incentive la devolución, podría venir por la adopción de una actitud más activa de las empresas fabricantes ante la recuperación de envases a manos de estos clientes. En lugar de esperar pasivamente a que el cliente realice un pedido de entrega y recogida, la empresa fabricante puede encargarse directamente de la gestión del

inventario de gases envasados de su cliente, controlando el tipo y el número de envases llenos y vacíos. Esto permitiría a los fabricantes un mayor control sobre la disponibilidad de envases vacíos en los clientes finales, lo que podría redundar en una mejor capacidad para planificar el proceso de llenado en la fábrica y en la posibilidad de establecer planes y programas de distribución y recogida de envases. Se trataría de adaptar un enfoque VMI (*Vendor Managed Inventory*) en este tipo de cadenas de suministro. Esta sugerencia va en la línea de la propuesta para los sistemas de refabricación (*remanufacturing*) de Guide y van Wassenhove (2001), que establecen que la recuperación de activos no debe considerarse un proceso exógeno imposible de controlar por la empresa, sino que ésta debe tomar un papel activo en la recuperación de los elementos que le interesen, estableciendo como decisión estratégica la elección del modo de gestionar la “adquisición” de productos (*product acquisition management*).

## 5. Resultados y conclusiones

En esta comunicación se caracteriza el sistema logístico de un sector en el que se reutilizan envases de alto valor unitario y se identifican una serie de problemas particulares, como son:

- Dificultad para planificar la producción y comprometer fechas de entrega a los clientes.
- Dificultad para establecer el nivel de inventario de envases mínimo en cada instalación productiva.
- Necesidad de establecer un plan de recogidas de envases vacíos en los clientes

Asimismo se concluye que las características diferenciales de este tipo de sistemas son precisamente el alto coste de los envases y su reintroducción en el proceso de llenado. Las empresas tratarán de reducir al máximo la inversión en envases de este tipo sin llegar a comprometer el buen funcionamiento del sistema logístico: continuidad del proceso productivo, plazos de entrega razonables para los clientes, etc.

En cuanto a las propuestas de mejora, se han identificado las siguientes:

- La gestión de los inventarios, por parte de los fabricantes, de los envases vacíos disponibles en el cliente final (enfoque VMI).
- Mejoras en el servicio de recogidas de envases vacíos, incentivando a los transportistas a que devuelvan las botellas y a que eviten errores en los albaranes.
- Mejoras en los sistemas de información entre clientes, fabricantes y transportistas, de forma que se cuente con sistemas informáticos integrados que permitan disponer de información en tiempo real y que reflejen en un instante dado la situación de los envases de la empresa.

## 6. Futuros desarrollos: ampliación a otros sectores

Las características diferenciales de los sistemas descritos en el epígrafe 4 son el alto coste de los envases y su reintroducción en el proceso productivo. Se identifican otros dos sectores que presentan las mismas características: barriles de cerveza en la industria cervecera y bombonas de butano en el sector GLP. Es de esperar que los sistemas logísticos de estos dos sectores presenten características similares a las descritas en esta comunicación. Como continuación de este estudio, se propone la caracterización de estos dos sectores y la realización de un análisis comparativo de las prácticas empleadas en cada uno de ellos, a partir del cual se puedan identificar prácticas comunes en todos ellos y otras propias y específicas de cada sector.

## Referencias

- De Brito, M.P. (2004). Tesis doctoral: Managing Reverse Logistics or Reversing Logistics Management?. Erasmus University Rotterdam.
- Del Castillo, E.; Cochran, J.K. (1996). Optimal Short Horizon Distribution Operations in Reusable Container Systems. *Journal of the Operational Research Society*, 47, 1, pp. 48-60.
- Díaz, A.; Álvarez, M.J.; González, P. (2004). *Logística Inversa y Medio Ambiente. Aspectos estratégicos y operativos*. Madrid: McGraw-Hill
- Duhaime, R.; Riopel, D.; Langevin, A. (2001). Value Analysis and Optimization of Reusable Containers at Canada Post. *Interfaces*, 31,3,pp 3-15.
- Guide, V.D.R.; Harrison, T.P.; van Wassenhove, L.N. (2003). The Challenge of Closed-Loop Supply Chains. *Interfaces*, 33, 6, pp 3-6.
- Guide, V.D.R.; van Wassenhove, L.N. (2001). Managing Product Returns for Remanufacturing. *Production and Operations Management*, 10, 2, pp. 142-155.
- Guide, V.D.R.; van Wassenhove, L.N., eds. (2003). *Business Aspects of Closed-Loop Supply Chains*. Carnegie Mellon University Press, Pittsburgh, PA.
- Kroon, L.; Vrijens, G. (1995). Returnable containers: An example of reverse logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 25(2):56-68.
- Van Dalen, J.; van Nunen, J.A.E.E; Wilens, C.M. (2005). The chip in crate: the Heineken case en: Flapper,S.D.P.; van Nunen, J.A.E.E.; van Wassenhove, L.N. (eds). *Managing Closed-Loop Supply Chains*. Berlín: Springer.