



**Sergio Rubio
Lacoba¹**

Universidad de
Extremadura



srubuio@unex.es

**Francisco J.
Miranda González**

Universidad de
Extremadura



fmiranda@unex.es

88



**Antonio
Chamorro Mera**

Universidad de
Extremadura



chamorro@unex.es



**Víctor Valero
Amaro**

Universidad de
Extremadura



vvalero@unex.es

Desarrollo de un sistema de logística inversa en el grupo industrial Alfonso Gallardo

A reverse logistics system at grupo industrial alfonso gallardo

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años y en el ámbito de la gestión de la cadena de suministro se ha venido prestando especial interés a los procesos de recuperación de los productos que finalizan su vida útil o que son desechados por los consumidores (productos fuera de uso, PFU) pero que aún incorporan un valor susceptible de ser recuperado a través de su reutilización, reciclaje o refabricación. De esta forma se ha desarrollado una línea de investigación sobre estos procesos de recuperación de PFU, que podemos encuadrar dentro del concepto de logística inversa o de gestión de la cadena de suministro cerrada (Dekker et al., 2004; Flapper et al., 2005).

Las posibilidades de éxito para la recuperación de estos PFU dependen, no sólo del producto de que se trate, sino también de las opciones de recuperación que se consideren (refabricación, reutilización, reciclaje), los canales de distribución existentes y su interacción con el flujo de retorno, los mercados de destino, etc. Por ello resulta necesario prestar atención al diseño de sistemas de logística inver-

CODIGOS JEL:
M110

Fecha de recepción y acuse de recibo: 16 de abril de 2007. Fecha inicio proceso de evaluación: 16 de abril de 2007. Fecha primera evaluación: 24 de abril de 2007. Fecha de aceptación: 6 de junio de 2007



RESUMEN DEL ARTÍCULO

La logística inversa es aún un concepto novedoso para muchas empresas y profesionales que permite gestionar eficientemente los procesos de retorno de productos al final de su vida útil o productos fuera de uso, y de esta forma recuperar el valor que aún pudieran incorporar o proceder a su adecuada eliminación. En este trabajo se presentan los principales resultados del desarrollo de un sistema de logística inversa para la recuperación del embalaje utilizado por una empresa perteneciente a un importante grupo empresarial. El sistema de logística inversa propuesto permite generar ventajas económicas y medioambientales, y sus implicaciones aplicarse a otros entornos empresariales.

EXECUTIVE SUMMARY

Reverse logistics is still a novelty concept for many companies and professionals that can be defined as the process of managing return process of end-of-life products from customers to a point for recapturing value or proper disposal. This study is focused on the design and evaluation of a recovery system for packaging materials in a company belonging to an important business group. This reverse logistics system generates economic and environmental advantages, and insights that can be used by other companies.

sa para la gestión eficiente de la recuperación de PFU. Fleischmann et al. (2000, p. 660) establecen una clasificación de sistemas de logística inversa en función de las opciones de recuperación aplicadas (refabricación, reutilización, reciclaje); por su parte, en Rubio (2003) se propone una clasificación complementaria según el impulsor del sistema, y así hablaríamos de un sistema propio de logística inversa cuando es la propia empresa que originalmente puso el producto en el mercado la que gestiona y controla el flujo de retorno, y de un sistema ajeno de logística inversa si dicha gestión corresponde a una entidad constituida ad hoc, como los denominados sistemas integrados de gestión (SIG), o a operadores logísticos que coordinen y realicen las actividades de retorno de los productos. En todo caso, el desarrollo de estos sistemas de logística inversa requiere un análisis detallado que permita evaluar su viabilidad técnica, económica y medioambiental. De esta forma, en este trabajo se presentan los principales resultados de un proyecto para la implantación de un sistema de logística inversa en una empresa metalúrgica. Este caso pretende ilustrar algunos aspectos genéricos del desarrollo de sistemas de logística inversa, que creemos pueden ser utilizados con éxito en otros entornos empresariales.

De acuerdo con este planteamiento, la estructura de este trabajo es la siguiente: seguidamente describimos el objeto de estudio y la metodología empleada; a continuación realizamos la propuesta del sistema de logística inversa y evaluamos sus implicaciones económicas y medioambientales. Por último, presentamos los resultados del trabajo y unas reflexiones finales.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y METODOLOGÍA

La logística inversa es todavía un concepto novedoso para muchas empresas y profesionales. Es un tema de investigación en pleno desarrollo, todavía sin un soporte teórico completamente definido y estructurado, para el que la metodología del estudio de casos se revela particularmente apropiada (Cepeda, 2006, p. 59).

Este trabajo presenta los resultados más significativos obtenidos durante la realización de un proyecto de investigación en el Grupo Industrial Alfonso Gallardo (www.grupoag.es) para el desarrollo de un sistema de logística inversa. Este Grupo es el principal grupo empresarial de Extremadura, tanto por facturación como por número de empleados, centrandó su actividad en los sectores siderúrgico y metalúrgico, donde es el principal productor nacional de acero corrugado. Se localiza en la comarca de Jerez de los Caballeros (Badajoz), aunque cuenta con instalaciones en Madrid, Asturias, País Vasco y Alemania.

Tras una fase inicial de análisis de las distintas empresas y procesos que constituyen

este Grupo, se decidió enfocar el trabajo en la empresa Galvacolor, S. A., dedicada a la fabricación de chapa galvanizada y prelacada a partir de bobinas de acero. En concreto, se determinó como objeto de estudio el sistema de embalaje de las bobinas que comercializa Galvacolor, debido a que:

1. El embalaje utilizado se convierte, una vez desembalada la bobina, en un producto fuera de uso susceptible de recuperación.
2. En el mercado existen embalajes sustitutos de los actuales, por lo que es posible evaluar el beneficio económico, técnico y medioambiental de dicha sustitución.
3. La producción de Galvacolor tiene como principal cliente una empresa del propio Grupo, como es Alfonso Gallardo, S.A., lo que podría facilitar el diseño de un sistema de logística inversa para la recuperación de esos PFU, bajo el esquema de un sistema propio de logística inversa.

Este trabajo se ha desarrollado en permanente colaboración con los departamentos de Medio Ambiente y de Calidad del Grupo, el cuál, a través de sus órganos de dirección, ha apoyado la realización de este proyecto, asumiendo totalmente sus objetivos. Pero el éxito de un sistema de logística inversa no sólo depende del grado de implicación de la empresa en el mismo, sino también del resto de miembros de la cadena de suministro y de la interacción entre el flujo directo y el inverso (Fleischmann, et al. 1997, p. 7). Por este motivo, en diferentes reuniones informamos de la existencia y desarrollo del proyecto a los proveedores del embalaje, a los principales clientes de Galvacolor y a sus empleados. Todos ellos mostraron su interés en el proyecto y proporcionaron información crucial para el desarrollo del sistema, la cuál en muchas ocasiones resulta complicado obtener, lo que dificulta la recuperación de PFU (Thierry et al., 1995, p. 115).

Como hemos señalado, el sistema de logística inversa se diseña para el sistema de embalaje de bobinas. Este embalaje cumple una doble función: por un lado, preserva las propiedades del galvanizado frente a las condiciones atmosféricas y protege la bobina durante su almacenaje y transporte; por otro, el embalaje lleva impreso la identidad visual de la empresa, contribuyendo así al reconocimiento de la marca por parte de sus clientes.

Para el embalaje de una bobina Galvacolor emplea papel Kraft, cantoneras, flejes y grapas. El papel Kraft es el elemento principal del embalaje, recubriendo la bobina

PALABRAS CLAVE

Logística inversa, reutilización, reciclaje, embalajes

KEY WORDS

Reverse logistics, re-use, recycling, packaging

por completo. Se trata de un material que contiene una malla metálica que proporciona mayor resistencia e impermeabilidad. Los bordes de la bobina (interior y exterior) se refuerzan con cantoneras, fabricadas en cartón y polipropileno, que sujetan el papel a la bobina, protegiéndola durante su transporte y almacenaje. El papel y las cantoneras se ajustan a la bobina mediante flejes y grapas.

El embalaje es un proceso manual en el que se emplean, aproximadamente, quince minutos. Una vez embalada, la bobina se deposita en el almacén hasta su envío al cliente.

El análisis del desembalaje se ha realizado en el principal cliente de Galvacolor, AGSA. Esta empresa se dedica a la fabricación de tubos de acero para su uso en construcción y aplicaciones mecánicas. El desembalaje se lleva a cabo manualmente empleando, por término medio, cuatro minutos. El proceso consiste en retirar los flejes, las cantoneras y el papel. Los flejes se depositan en contenedores hasta su envío a Siderúrgica Balboa, empresa del Grupo Gallardo, donde se incorpora al flujo de materia prima. Por su parte, tanto el papel como las cantoneras se transportan periódicamente hasta el vertedero municipal.

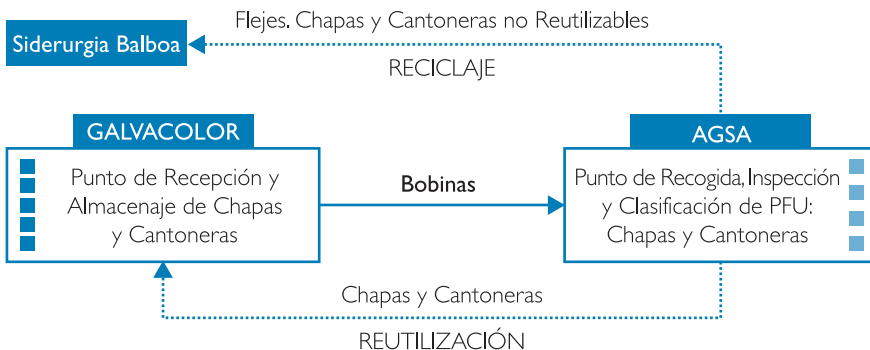
Resumiendo, podemos señalar que el embalaje y desembalaje son procesos manuales, y que actualmente sólo los elementos metálicos (flejes y grapas) son recuperados para su reciclaje, mientras que el papel y las cantoneras se depositan en vertedero.

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE LOGÍSTICA INVERSA

El análisis del actual sistema de embalaje permite observar la dificultad existente para recuperar el embalaje, más allá de la realizada con flejes y grapas, ya que el papel y las cantoneras son técnicamente irrecuperables tras desembalar. De esta forma, y en coordinación con la empresa, se propuso diseñar un sistema de logística inversa para una nueva configuración del embalaje, que permitiera la recuperación de todos sus elementos. Tras analizar diferentes configuraciones de embalaje para bobinas, convinimos en que una configuración metálica permitiría alcanzar mayores ventajas al sistema de logística inversa, primeramente a través de su reutilización y, por último, con su reciclaje en la siderurgia. Además, aprovechando el know-how del Grupo, la fabricación de este embalaje podría realizarse en alguna de sus empresas. De esta forma estimamos conveniente estudiar el diseño de un doble Sistema de Logística Inversa: uno para los productos de consumo interno, realizado por las propias empresas del Grupo, y otro para clientes externos. La principal razón de esta diferenciación entre Sistema Interno y Externo de Logística Inversa estriba en que

Figura 1

Sistema Interno de Logística Inversa.



93

AGSA es el principal cliente de Galvacolor, por lo que, en principio, podríamos suponer que la implantación de un sistema de logística inversa generaría menos fricciones en este entorno cerrado, en el que productor y cliente están ligados a través de un mismo grupo empresarial, que en entornos abiertos (cliente externo) en los que la bobina, tras su envío al cliente, queda fuera del control de Galvacolor.

3.1. SISTEMA INTERNO DE LOGÍSTICA INVERSA

Este sistema tiene como objetivo obtener altas tasas de recuperación de los elementos de embalaje, por lo que se sugiere sustituir el papel por una chapa metálica que seguiría protegiendo el galvanizado de la bobina, pero permitiría su reutilización en ciclos posteriores. Esta chapa se ajustaría a la bobina con unas cantoneras metálicas, ajustándose el conjunto con los correspondientes flejes y grapas.

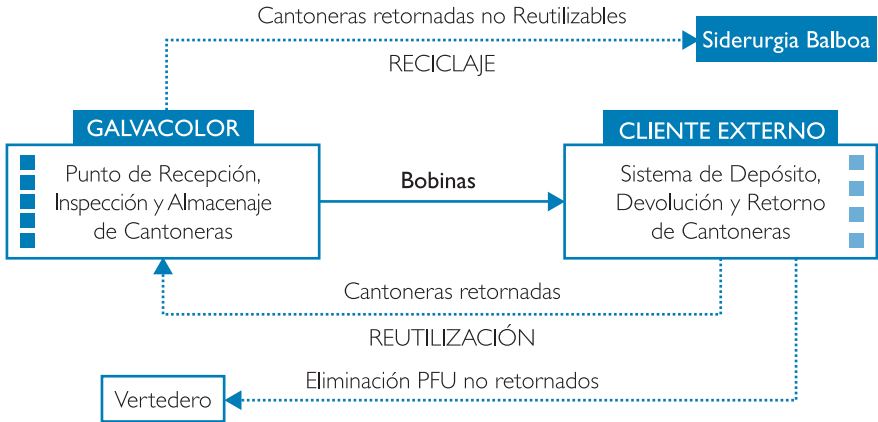
Para la fabricación de chapas y cantoneras se emplearían las bobinas de rechazo (bobinas defectuosas) obtenidas en el proceso de fabricación en Galvacolor. La utilización de un embalaje metálico facilitará su reutilización y, una vez agotado el ciclo de reutilización, su posterior reciclaje en Siderúrgica Balboa (figura 1).

3.2. SISTEMA EXTERNO DE LOGÍSTICA INVERSA

En este caso se mantiene la utilización de papel en el embalaje, sustituyendo las actuales cantoneras por cantoneras metálicas. De esta forma se establecería un sistema de depósito, devolución y retorno de cantoneras, en el que el cliente estaría incentivado a participar en el mismo y no perder así el depósito realizado. Las canto-

Figura 2

Sistema Externo de Logística Inversa.



neras retornadas se inspeccionarán determinando su reutilización o su reciclaje (figura 2).

En este sistema externo se ha mantenido la utilización del papel como elemento de empaque, no sólo para facilitar las operaciones de desembalaje por parte de los clientes, sino como soporte de la imagen corporativa del Grupo.

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y MEDIOAMBIENTAL

4.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS SISTEMAS DE LOGÍSTICA INVERSA

Para el análisis económico de los sistemas de logística inversa hemos centrado nuestro interés en la estimación del coste de embalaje. Naturalmente, existen otros conceptos que afectan a la determinación del coste total del sistema de logística inversa y que no hemos recogido en este trabajo como, por ejemplo, la recogida y transporte de PFU, inspección y control de los mismos y la eliminación de los no aptos para su recuperación.

De esta forma, el análisis económico del sistema quedará condicionado por dos variables: la tasa de retorno de PFU ($p: 0=p=1$) y el número de ciclos de reutilización ($N: N=0$). La tasa de retorno determina el porcentaje de PFU retornados, de manera que si $p=0$ no existirá retorno de PFU (sistema actual), mientras que si $p=1$ se estaría retornando el 100%. Por su parte, el número de ciclos de reutilización (N) indica las veces que un mismo PFU retornado puede ser reutilizado, siendo sometido tan sólo a operaciones de limpieza y acondicionamiento.

Para el sistema externo, basado en una configuración "papel-cantenera metálica", se considera la posibilidad de recuperar las cantoneras y reutilizarlas un número de veces N . El coste del material de embalaje en este sistema externo se determina como sigue:

$$CE_{EXT} = p \frac{CE_{EXT,p=0}}{N} + (1 - p) CE_{EXT,p=0}$$

Donde $CE_{EXT,p=0}$ es el coste del sistema externo, cuando la tasa de recuperación es nula ($p=0$).

Para el sistema interno consideramos una configuración de embalaje "chapa-cantenera metálica", en la que ambos elementos tienen la misma probabilidad de retorno (p). Dado que se trata de un cliente interno, suponemos la recuperación simultánea de cantoneras y chapa, aunque pueden diferir el número de ciclos de reutilización para las cantoneras (N_C) y para la chapa (N_E). Suponiendo $p > 0$, la siguiente expresión nos permite estimar el coste de embalaje por bobina en este sistema:

$$CE_{INT} = p \left(\frac{C_C}{N_C} + \frac{C_E}{N_E} \right) + (1 - p) (C_C + C_E)$$

Donde C_C representa el coste de las cantoneras y C_E el coste de la chapa.

Seguidamente, a través de un análisis de escenarios, simulamos el comportamiento de las variables de decisión ante modificaciones en los parámetros del modelo, para observar la dinámica del sistema y disponer de mayor información acerca de su estructura y funcionamiento, que permita mejorar el proceso de toma de decisiones.

Se consideran los siguientes escenarios paramétricos:

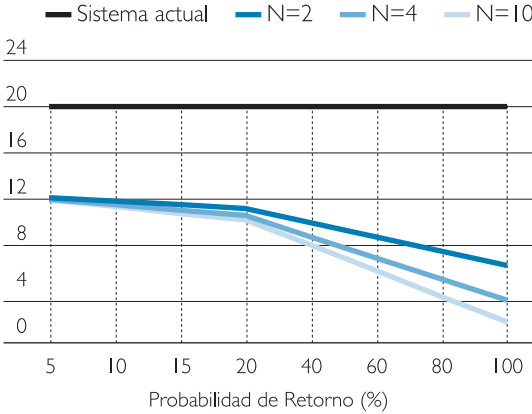
- $p = \{5\%, 10\%, 15\%, 20\%, 40\%, 60\%, 80\%, 100\%\}$
- $N = 2, 4, 8; N_C = 2, 4, 8, 10, 20; N_E = 2, 4, 8, 10, 20$

Suponemos, por tanto, tasas de retorno entre el 5% y el 100% del total de productos fuera de uso, como escenarios que podríamos denominar pesimista y optimista, respectivamente. Del mismo modo, el número de ciclos de reutilización (N , N_C , N_E) toman valores en dichos escenarios, de manera que podamos comparar el efecto de altas tasas de retorno con bajos ciclos de reutilización, y viceversa.

Para los valores de coste estimados, observamos que los sistemas de embalaje propuestos generan una ventaja competitiva en términos de coste frente al actual sistema de embalaje

Figura 3

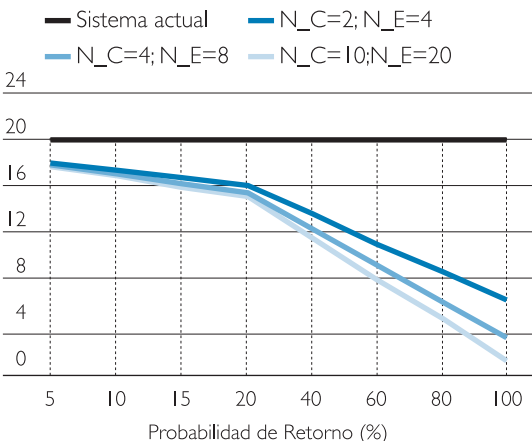
Coste de embalaje por bobina. Sistema actual vs. SLI externo.



de retorno de los PFU ($p > 0$) se mejoraría significativamente ese efecto. Así para tasas de retorno por encima del 20%, se obtienen reducciones en el coste de embalaje de entre el 44% y el 94% para el sistema externo, y entre el 20% y el 94% en el sistema interno. En cuanto al

Figura 4

Coste de embalaje por bobina. Sistema actual vs. SLI interno.



(figuras 3 y 4). Hemos de señalar que, para mantener la confidencialidad de la información proporcionada por la empresa, hemos transformado las unidades de medida presentadas en este trabajo.

Observamos que la utilización de cantoneras metálicas generaría inicialmente un efecto económico favorable, sin necesidad siquiera de considerar su retorno ($p=0$). Este efecto generaría un margen para asumir el coste derivado de la sustitución de las actuales cantoneras. Además, en caso de número de ciclos de reutilización (N) observamos que, aunque esta variable afecta al coste de embalaje, su efecto tiene menor impacto que la tasa de recuperación de PFU, que se convierte en la variable determinante en este sistema.

4.2. EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE LOS SISTEMAS DE LOGÍSTICA INVERSA

Ha consistido en la realización de un Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para cada una de las configuraciones de embalaje propuestas, siguiendo la metodolo-

Tabla 1. **Opciones de recuperación de PFU**

Embalaje	SISTEMAS DE EMBALAJE		
	Sistema Actual	Sistema Externo	Sistema Interno
Papel o Chapa	Eliminación	Eliminación	Reutilización/Reciclaje
Cantонера	Eliminación	Reutilización/Reciclaje	Reutilización/Reciclaje
Fleje	Reciclaje	Reciclaje	Reciclaje
Grapa	Reciclaje	Reciclaje	Reciclaje

gía establecida en la norma ISO 14040. En este trabajo sólo presentamos parte de la información recogida en las etapas de evaluación del impacto e interpretación de resultados.

El ACV se ha aplicado al sistema de embalaje de una bobina de acero galvanizada, para los sistemas analizados (el actual y los sistemas interno y externo de logística inversa), considerando los siguientes aspectos en las distintas fases del ciclo de vida:

1. Producción y aprovisionamiento del embalaje: se evalúan los impactos causados en la fabricación de elementos de embalaje y su transporte hasta Galvacolor.
2. Distribución: transporte de bobinas desde Galvacolor hasta los clientes.
3. Post-uso o gestión de PFU: según la opción de recuperación empleada (tabla 1) y considerando, en su caso, los efectos del transporte desde los clientes hasta Galvacolor

Para la evaluación medioambiental de los sistemas de embalaje se ha empleado el programa Eco-it 1.3, que calcula un indicador (EI-99) cuyo valor (mPt) aumenta cuanto mayor es el impacto producido. Del análisis realizado (tabla 2) podemos subrayar que la mejor opción sería sustituir las cantoneras actuales por cantoneras metálicas,

Tabla 2. **Comparativa de impactos entre las diferentes alternativas.**

Sistema	Producción	Transporte	Uso	Recuperación Eliminación	Impacto Total (mPt)
Actual	2,13	1,80	-	-0,35	3,58
Externo	2,15	1,80	-	-1,07	2,88
Interno	3,44	1,80	-	-2,43	2,81

con lo que se reduciría el impacto en aproximadamente un 20%; en caso de sustituir el papel por la chapa, se obtendría una reducción adicional del 2,5%. En el sistema interno, el mayor impacto generado en la fase de producción se ve compensado por la reducción en la fase de recuperación, obteniendo un impacto total inferior al del sistema actual.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos presentado los resultados más significativos de un proyecto para la implantación de un sistema de logística inversa. Aunque se trata de un sistema desarrollado a medida de las necesidades de una empresa en concreto, pensamos que tanto la metodología de trabajo como los resultados del mismo proporcionan implicaciones de interés para empresas y profesionales de ámbitos distintos al de este caso.

En concreto, de los resultados obtenidos podemos concluir que la implantación de un sistema de logística inversa puede generar ventajas de carácter económico y medioambiental que ayuden a mejorar la capacidad competitiva de la empresa. En este sentido, este trabajo ilustra la idea señalada por Porter y van der Linde (1995, p. 98) de que el cumplimiento de la legislación medioambiental no tiene por qué generar mayores costes para las empresas, sino que por el contrario puede desencadenar determinadas innovaciones que compensen a las empresas de los costes derivados de dicho cumplimiento. En el caso que nos ocupa, comprobamos cómo la sustitución de las actuales cantoneras por otras metálicas generaría un efecto positivo, tanto económico como medioambiental, incluso aunque éstas no fueran finalmente recuperadas para su reutilización o reciclaje. Este efecto positivo se vería amplificado al implantar el sistema de logística inversa.

En el aspecto metodológico, un aspecto crucial para el éxito del proyecto ha sido la implicación de los órganos de decisión de la empresa, los cuáles no se han limitado a observar el diseño del sistema de logística inversa, sino que han participado en su planificación y han facilitado las relaciones del equipo de investigación con proveedores, trabajadores y clientes. De esta forma se ha implicado a todos los eslabones de la cadena de suministro en el desarrollo del proyecto, contribuyendo al éxito del mismo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Grupo Industrial Alfonso Gallardo y, en particular, a su Departamento de Medio Ambiente las facilidades dadas para la realización de este trabajo, financiado por el Ministerio de

Educación y Ciencia y el Grupo Industrial Alfonso Gallardo a través del Proyecto de Estímulo a la Transferencia de Resultados de la Investigación (PTR1995-0854OP).

REFERENCIAS

Cepeda, G. (2006): "La calidad de los métodos de investigación cualitativa: principios de aplicación práctica para estudio de casos", Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa, Vol. 29, 57-82.

Dekker, R., Fleischmann, M., Inderfurth, K. y Van Wassenhove, L. N. (2004): Reverse Logistics. Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains, Springer Verlag, Berlín.

Flapper, S. D. P., Van Nunen, J. A. E. E. y Van Wassenhove, L. N. (2005): Managing Closed-Loop Supply Chains, Springer Verlag, Berlín.

Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J., Dekker, R., van der Laan, E., van Nunen, J. A. E. E. y Van Wassenhove, L. N. (1997): "Quantitative models for reverse logisitocs: a review", European Journal of Operational Research, Vol. 103, 1-17

Fleischmann, M., Krikke, H. R., Dekker, R. y Flapper, S.D.P. (2000): "A characterisation of logistics networks for product recovery", Omega, Vol. (28), 653-666.

Porter, M. E. y van der Linde, C. (1995): "Toward a new conception of the environmental-competitiveness relationship", Journal of Economic Perspectives, Vol. 9, (4), 97-118.

Rubio, S. (2003): El sistema de logística inversa en la empresa. Análisis y aplicaciones, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura, Badajoz.

Thierry, M. C., Salomon, M. van Nunen, J. A. E. E. y Van Wassenhove, L. (1995): "Strategic issues in product recovery management", California Management Review, Vol. 37, (2), 114-135.

NOTAS

1. Autor de Contacto: Escuela de Ingenierías Industriales; Universidad de Extremadura; Avenida de Elvas s/n. 06071 Badajoz; España.

2. Ejemplos de sistemas propios de logística inversa los podemos encontrar en empresas como Xerox, Hewlett-Packard o IBM, mientras que sistemas integrados de gestión como Ecoembes, SIGFITO o SIGRE y operadores logísticos como UPS, GENCO o GATX Logistics pueden constituir sistemas ajenos de logística inversa.