

PROBLEMÁTICA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DERIVADA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROCESOS DE LA LOGÍSTICA INVERSA

Raúl Francisco Oltra-Badenes

Sabina Asensio-Cuesta

José Antonio Diego-Más

Rosana Bellver-Lopez

Universitat Politècnica de Valencia

Abstract

Different economic, marketing and legislative guidelines are driving companies to collect and recover their products after use, with the aim of recovering value and increase profitability. In this business environment, Reverse logistics (RL) is an enterprise management area that is becoming more important each time.

However, RL has characteristic processes that differ from traditional management processes and information systems that exist nowadays are not developed and adapted to the specific needs that RL and the management of its processes requires. One of the characteristic processes in the RL, related with the recovery of products, is the disassembly process. In this process the recovered product is disassembled, resulting in different components, which can again be used in the assembly of new products. At first glance this may seem trivial, unimportant, but has a great impact on different business processes, such as production management, inventory and planning. This article discusses how the process of disassembly and reuse of components affects the processes of business management, from the point of view of information systems.

Keywords: *Reverse logistic, product recovery, value recovery, information systems, ERP.*

Resumen

La logística inversa (LI) es un área de gestión que está cobrando cada vez más importancia en el entorno actual, ya que diferentes directrices económicas, de marketing y legislativas, están llevando a que las empresas recojan y recuperen los productos después de su uso, con el objetivo de recuperar valor y aumentar la rentabilidad.

Sin embargo, la LI tiene una serie de procesos característicos que difieren de los procesos de gestión tradicionales y los sistemas de información existentes en la actualidad, no están desarrollados y adaptados a las necesidades específicas que la LI y la gestión de sus procesos requieren. Uno de los procesos característicos de la LI, relativo a la recuperación de los productos, es el desmontaje, en el que el producto recuperado se desmonta dando lugar a diferentes componentes, que pueden volver a ser utilizados en el montaje de nuevos productos. Esto, que en principio parece algo trivial, tiene una gran incidencia en diferentes procesos de la empresa, como por ejemplo la gestión de la producción, del inventario y la planificación. En este artículo se analiza cómo el proceso de desmontaje y reutilización de componentes afecta a los procesos de gestión de empresas, desde el punto de vista de los sistemas de información.

Palabras Clave: *Logística inversa, recuperación de producto, recuperación de valor, sistemas de información, ERP.*

1. Introducción

La recuperación de productos al final de su vida útil o la reutilización es tan antigua como el hombre. Las antiguas culturas, como la mesopotámica, la inca o la azteca, ya utilizaban técnicas de reciclaje. Por ejemplo cuando un pueblo invadía a otro pueblo, las monedas eran recicladas mediante una fundición; o tras la Edad Media ya ni siquiera se fundían sino que se estampaba el sello del nuevo regente y se ponían de nuevo en circulación.

Es pues evidente que no es nada nuevo. Sencillamente que ahora ha crecido el interés en este tipo de actividades, debido principalmente a que en la actualidad, directrices económicas, de marketing y legislativas, están llevando a las empresas, cada vez más, a la recogida y recuperación de sus productos después de su uso (Dekker et al., 2004). Esta situación provoca que la Logística Inversa (LI) esté cobrando cada vez más importancia.

La gestión de la LI conlleva una serie de procesos particulares, diferentes a los existentes en la gestión de la logística tradicional. Los procesos específicos de la LI, provocan que los Sistemas de Información (SI) para su gestión deban incorporar una serie de requerimientos específicos. Sin embargo, los SI actuales, no están desarrollados y adaptados a las necesidades específicas que la LI requiere.

El primer paso para poder desarrollar un SI adecuado a la gestión de la LI, es conocer la problemática concreta que dicha gestión genera. El presente artículo tiene como objetivo presentar las necesidades específicas que un SI debe cubrir para gestionar la LI. La estructura del trabajo es la siguiente: en primer lugar se describe la metodología aplicada en el trabajo. Seguidamente, se revisan diferentes conceptos fundamentales de la LI. En el cuarto apartado, se estudia cómo los SI del tipo Enterprise Resources Planning (ERP) gestionan la LI. En el quinto apartado se analizan las implicaciones de la integración de los procesos de la LI en los SI, para en el sexto apartado identificar los requerimientos de desarrollo para la adaptación de un ERP a la gestión de la LI. Finalmente, se presentan las conclusiones del trabajo realizado.

2. Metodología.

El estudio aquí presentado se enmarca dentro de un trabajo más ambicioso de investigación, en el que se va a desarrollar un SI para la gestión de empresas adaptado a la gestión de la LI, basado en un sistema ERP. Para ello, se analizan entre otras cuestiones a) como la LI afecta a los diferentes procesos de la empresa, b) como ello afecta a los ERP para la gestión de empresas, y c) como desarrollar un ERP para la gestión de empresa, adecuado a la gestión de la LI.

En este trabajo se desarrolla la primera fase de la metodología de desarrollo propuesta por Zhou et al. (2005), es decir, la fase correspondiente al análisis de requerimientos, en la que debe extraer, recoger y analizar toda la información necesaria para modelar correctamente la aplicación. Es necesario extraer dicha información del entorno real, de los futuros usuarios del sistema.

La metodología de investigación utilizada para analizar los requerimientos que un SI adaptado a la gestión de los procesos que la LI conlleva, sigue un diseño de investigación exploratorio de acuerdo con la propuesta de Malhotra y Birks (2007). El objetivo es "detectar ideas o aspectos significativos con los que conseguir un mayor conocimiento acerca de un tema específico". Este tipo de estudios se caracteriza por procesos de investigación flexibles y versátiles en los que las muestras son pequeñas y el análisis cualitativo (Fernández y García, 2007). El interés general estriba en conocer las situaciones y los problemas que se producen por la influencia de la LI en los procesos de gestión de empresa, y en consecuencia, en el descubrimiento y análisis de los requerimientos que la gestión de la LI genera en los ERP.

En este caso se ha utilizado un procedimiento de investigación cualitativa de enfoque directo, como es la entrevista en profundidad con expertos (Malhotra y Birks, 2007). Tal y como indican dichos autores, este procedimiento de investigación consiste en realizar diferentes entrevistas no estructuradas, directas y personales, en la que un entrevistador altamente capacitado interroga a una sola persona, con la finalidad de obtener información y conocimiento cualificado.

En la investigación exploratoria, la experiencia, la creatividad y el ingenio del investigador juegan un papel muy importante (Malhotra y Birks, 2007). En este caso, la investigación se basa en la experiencia de los autores como consultores de empresa y de sistemas de información durante más de 10 años, en los que han realizado entrevistas con responsables de diferentes departamentos (incluidos entre otros los departamentos de logística y de sistemas de información) en más de 50 empresas con actividades de LI.

La información así recopilada se ha completado con la obtenida a partir de artículos científicos, libros especializados, memorandos internos de empresas, publicaciones en prensa y observación directa de la gestión de diferentes organizaciones empresariales.

3. Logística Inversa

3.1 Definiciones de Logística Inversa

En la empresa moderna cada vez es más usual ver como se recuperan productos o materiales de los clientes, ya sea para recuperar valor o como servicios de postventa. Este proceso inverso se denominó “Logística Inversa” (Luttwak, 1971). Según Guide y Van Wassenhove (2002), la LI es parte de una tendencia denominada “la cadena del suministro inversa”, donde los fabricantes inteligentes están diseñando procesos eficaces para reusar sus productos

Existen múltiples definiciones del concepto de logística inversa, también llamada “retrologística” o “logística de la recuperación y el reciclaje”. Entre las definiciones más destacadas se encuentran las siguientes:

- La LI consiste en el proceso de planificación, ejecución y control de la eficiencia y eficacia del flujo de las materias primas, inventario en proceso, productos terminados e información relacionada, desde el punto de consumo hasta el punto de origen, con el fin de recuperar valor o la correcta eliminación (Rogers y Tibben-Lembke, 1999).
- La LI es el conjunto de actividades relacionadas con el manejo y gestión de equipos para la recuperación de productos, componentes, materiales o incluso sistemas técnicos completos (por defecto generalmente se utiliza únicamente el término de productos) (Brito et al., 2002).
- La LI supone integración de los productos usados y obsoletos de nuevo en la cadena de suministro como recursos valiosos (Dekker et al., 2004).
- La LI comprende las operaciones relacionadas con la reutilización de productos y materiales incluyendo todas las actividades logísticas de recolección, desensamblaje y proceso de materiales, productos usados, y/o sus partes, para asegurar una recuperación ecológica sostenida. (REVLOG, 2004)

De estas definiciones se deduce que, alguna medida, los diferentes autores revisados concuerdan en el concepto de la LI, como un proceso de movimiento de bienes desde su típico destino final, con el propósito de recuperar valor, asegurar su correcta eliminación, o como simple herramienta de marketing.

3.2. La recuperación de producto mediante la LI

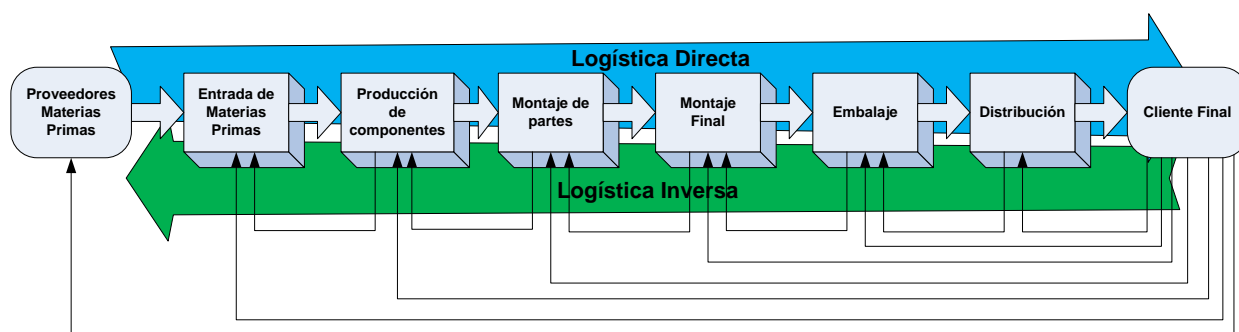
Según las definiciones anteriores, la LI constituye un importante sector de actividad dentro de la logística, que engloba multitud de actividades. Algunas de estas actividades tienen connotaciones puramente ecológicas, como la recuperación y el reciclaje de los productos, evitando así un deterioro del medio ambiente. Otras buscan mejoras en los procesos productivos y de abastecimiento, así como mayores beneficios. Algunas de las operaciones que pueden enmarcarse dentro de la LI son: los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos, inventarios sobrantes de demandas estacionales, etc., y actividades de retirada, clasificación, reacondicionamiento y reenvío al punto de venta o a otros mercados secundarios.

Mediante la LI, cuando un producto se ha devuelto a la empresa, ya se trate de una devolución dentro del período de garantía o de un producto al final de su vida útil, la empresa dispone de diversas formas de gestionarlo con vistas a recuperar parte de su valor.

Thierry et al. (1995) distinguen distintas formas de recuperación en función del punto de entrada de nuevo a la cadena de valor:

- a) Reutilización: Consiste en recuperar el producto en sí para darle un nuevo uso. Por ejemplo, la reutilización de material informático de oficina, obsoleto en cuanto a prestaciones, para trabajos de docencia. En general, la reutilización es la forma que menor impacto produce en el entorno (excepto cuando se utilizan tecnologías consumidoras de mucha energía o que sean muy contaminantes). Por otro lado, la reutilización está limitada a determinados tipos de productos. Es difícil su aplicación de forma generalizada, en gran parte a causa de la rápida obsolescencia de los productos en una época de fuerte cambio tecnológico.
- b) Reparación, restauración, remanufactura y canibalización: Las tres primeras opciones implican un reacondicionamiento y mejora de la calidad del producto. Estas opciones se diferencian por la complejidad del tratamiento, de manera que la reparación supone un menor esfuerzo que la restauración, y ésta, a la vez, menor que la remanufactura. La canibalización se basa en la recuperación de determinados componentes o partes para ser incorporados a otros productos.
- c) Reciclaje: Comúnmente se entiende por reciclaje el reaprovechamiento de materiales, es decir, la recuperación de materiales para ser de nuevo utilizados como materia prima en otro proceso de fabricación. El reciclaje de materiales, en general, produce una cierta pérdida a causa de la mezcla de materiales o a la degradación de las propiedades de éstos. Existe cierto consenso en que el reciclaje es una de las opciones más prometedoras en un futuro para resolver el problema de los productos al final de su vida útil.
- d) Recuperación de energía: Esta alternativa consiste en extraer, por combustión, el contenido energético de determinadas partes de los productos. Esta opción no es muy recomendable ya que, en realidad, no se está aprovechando al máximo la fuente de materias primas que suponen los residuos. Además, la combustión de éstos provoca una nueva fuente de emisiones contaminantes que ha de ser estrictamente controlada.
- e) Vertido: Aunque realmente no sería una alternativa válida de recuperación, éste sería el último recurso en la eliminación de los productos al final de su vida útil. Y no sólo porque se ha de intentar no desestimar materiales que pueden ser susceptibles de reutilización o reciclaje, sino también por los crecientes requerimientos, dificultades y costes que suponen los vertederos.

Figura 1. Flujos de material característicos en la LI



Bañegil & Rubio (2005) definen el concepto de Gestión de Productos Recuperados como “la gestión de todos los productos, componentes y materiales desechados por los consumidores, sobre los que el fabricante tiene algún tipo de responsabilidad, y cuyo objetivo es recuperar

tanto valor económico (y ecológico) como sea posible, reduciendo de esta forma la cantidad final de residuos". En base a ello, Bañegil y Rubio (2005) proponen 3 opciones de gestión de los productos recuperados, que denominan las 3-R:

1. **Reutilización:** existe un aprovechamiento integral del producto retornado una vez realizadas pequeñas operaciones de limpieza y mantenimiento.
2. **Refabricación:** se recuperan partes y componentes del producto retornado para su utilización en la fabricación de nuevos productos.
3. **Reciclaje:** se realiza una recuperación del material con el que está fabricado el producto retornado, de manera que éste pierde su identidad durante el proceso.

Estas opciones están sujetas a múltiples consideraciones: viabilidad técnica, calidad del producto, existencia de infraestructuras, costes implicados, consecuencias para el medio ambiente, etc.

La gestión de productos recuperados, característica de la LI, no se da en la LD, y en consecuencia, la gestión de la LI difiere del concepto tradicional de gestión logística y no es posible trasladar los modelos y conceptos tradicionales de la LD a la LI (Tibben-Lembke & D.S. Rogers 2002), sino que es necesario establecer nuevos conceptos y modelos para su gestión.

Durante años se han desarrollado conceptos y modelos para la gestión de la LD. Muchos especialistas en logística pretenden trasladar dichos modelos y conceptos de la LD a la LI; sin embargo, la LI no es necesariamente "un cuadro simétrico de logística directa" (Fleischmann et al., 1997). Por ello, es necesario conocer a fondo las diferencias entre los dos campos para poder aplicar conceptos tradicionales de logística a la LI teniendo en cuenta las diferencias existentes entre ambas que hacen que la gestión de la LI tenga una serie de características particulares que no se dan en la gestión de la LD.

Por ello, la LI ha sido objeto de numerosas investigaciones durante los últimos años. En (Rubio et al. 2006) y posteriormente en (Pokharel y Mutha 2009), se pueden encontrar revisiones de la literatura en este ámbito en las que se clasifican los trabajos de investigación en función del punto de vista desde el que se investiga la LI. Posteriormente, se han editado otros trabajos que tratan temas concretos en relación a la LI, como pueden ser las capacidades de fabricación (Benedito & Corominas 2009; Benedito & Corominas 2010) los sistemas de LI y su implicación económica (Bañegil & Rubio 2005; Tsai & Hung 2009), los efectos de la recuperación de valor sobre la función de aprovisionamiento (Fernández & García 2007), la relación de la LI con el ciclo de vida del producto (Hans et al. 2010), las necesidades de colaboración (Olorunniwo & Li 2010), o la gestión de artículos reutilizables en sistemas logísticos de bucle cerrado (Carrasco-Gallego & Ponce-Cueto 2010).

Sin embargo, tras realizar una revisión de la literatura especializada, no se han encontrado trabajos que analicen las implicaciones que la gestión de la LI presenta en los SI, pese a que ya hace más de una década que se detectó que uno de los problemas más graves a los que se enfrentaban las empresas en la gestión de la LI era la escasez de SI capaces de gestionar de forma adecuada sus procesos (Rogers & Tibben-Lembke 1999).

Este trabajo se centra en dicha línea de investigación, analizando los requerimientos que la LI provoca en los SI, como primer paso para el desarrollo de SI adecuados para su gestión.

4. La gestión de la LI en los sistemas ERP

En la actualidad, la solución de referencia para SI de las empresas en todo el mundo son los ERP (Grabot & Botta-Genoulaz 2005). Por ello en el presente estudio se asume que el análisis de requerimientos de la LI en los SI se debe realizar desde el punto de vista de los ERP.

Los ERP son software para la gestión de empresa, concebidos y desarrollados como sistemas de gestión genéricos, aplicables a los diferentes procesos de cualquier empresa (Fink & Markovich 2008). Sin embargo, si se analizan a nivel detallado, distintas organizaciones, que además pueden pertenecer a diferentes sectores industriales, tienen procesos de negocio diferentes (Kohavi et al., 2002). Debido a ello, también tienen requerimientos diferentes en

cuanto a SI, bien sea debido a los productos, procesos, mercados o el tipo de gestión del sector en concreto. Para hacer frente a esta circunstancia, los proveedores de ERP han adoptado una estrategia de “verticalización”, que parece ser una de las más evidentes tendencias en los mercados de software de empresa (Arango et al. 2010). La verticalización puede definirse como “el ajuste, modificación o ampliación de una solución ERP general a los procesos específicos de negocio de determinados sectores empresariales” (Jakupović, Pavlic & Posic 2010)”.

Así, una solución ERP vertical, incluirá todas aquellas características diferenciales necesarias para la gestión de unos procesos particulares. De este modo, una solución ERP adaptada a la LI podría considerarse como una solución vertical, ya que supone su adaptación a una serie de procesos específicos.

Existen numerosos trabajos que estudian las soluciones ERP verticales existentes (Jakupović, Pavlic & Asenbrener 2010) sin que en ellos se mencione solución vertical para la LI.

De cualquier forma, tras un análisis de diferentes ERP (SAP, Microsoft, SAGE, Infor, Oracle, CCS Agresso, OpenBravo, Compere), y tras la revisión y estudio de la literatura especializada (Botta-Genoulaz et al. 2005; Ferran & Salim 2008; Gunasekaran 2009; McGaughey & Gunasekaran 2009; Arango et al. 2010; Oltra et al. 2011), se observa la falta de soluciones ERP que implementen de forma específica la LI. Por otra parte se pone de relieve la escasez de trabajos que estudien cómo se debe abordar la gestión de la LI en un sistema ERP.

Por tanto, se hace necesario el desarrollo de una solución ERP que sea capaz de gestionar la LI. Con dicho fin en el presente trabajo se sigue la metodología de desarrollo de Zhou et al. (2005) estructurada en cuatro fases: 1) Análisis de requerimientos, 2) Diseño conceptual, 3) Diseño lógico y 4) Diseño físico.

El presente estudio se centra en la primera fase de dicha metodología, el análisis de requerimientos, obteniendo la información mediante entrevistas a los futuros usuarios del sistema de diferentes organizaciones en las que se llevan a cabo procesos de LI, tal y como se ha expuesto en el apartado 2.

5. Procesos específicos de la recuperación de productos en la LI y su gestión en los ERP

En este apartado se analizan los procesos de gestión característicos de la LI en cuanto a la recuperación de productos, con el objetivo de identificar y analizar los requerimientos específicos que surgen de ellos y que deben incorporarse a una solución ERP adaptada a la LI.

Para identificar los requerimientos se han realizado entrevistas con diferentes usuarios de varias organizaciones, utilizando el procedimiento de investigación denominado “entrevista en profundidad” con expertos. En dicho procedimiento, no se debe utilizar un cuestionario formal previamente definido, ya que la entrevista debe ser fluida y flexible. Si bien resulta útil preparar una lista de temas que deberían tratarse durante la entrevista (Malhotra y Birks 2007). Como lista de temas a tratar en las entrevistas, se utilizó las diferencias comúnmente aceptadas entre la LI y la LD, presentadas en la Tabla 1.

Tras las entrevistas, se concluyó que existen diferencias entre la LI y la LD que generan requerimientos para la gestión de ciertos procesos, que deben ser soportados por los ERP. A continuación se presentan y analizan los requerimientos identificados en dicha fase de entrevistas. Dicha información es completada con estudios realizados por diferentes autores.

Tabla 1: Diferencias entre la logística directa e inversa. Elaboración propia adaptada de (Tibben-Lembke & Rogers 2002)

Logística directa	Logística Inversa
<ul style="list-style-type: none">• Previsión relativamente sencilla• Transporte de uno a muchos• Calidad de producto uniforme• Embalaje de producto uniforme• Destino/Ruta claramente definidos• Canal normalizado• Opciones de disposición del producto claras• Precios relativamente uniformes• Importancia reconocida de la rapidez• Los costes de distribución directa están claramente controlado por sistemas contables• Gestión del inventario consistente• Ciclo de vida de producto manejable• Negociación directa entre las partes• Métodos de marketing perfectamente conocidos• Información para hacer seguimiento del producto disponible en tiempo real• Proceso de producción (montaje, fabricación)	<ul style="list-style-type: none">• Previsión compleja• Transporte de muchos a uno• Calidad de producto no uniforme• Embalaje de producto a menudo dañado• Destino/Ruta no definidos• Canal dirigido por excepciones• Opciones de disposición no están claras• Precios dependientes de muchos factores• La rapidez no es considerada como prioridad habitualmente• Los costes de la logística inversa son mucho menos visibles• La gestión de inventario no es consistente• Gestión del ciclo de vida de producto mucho más compleja• Negociación más compleja por consideraciones adicionales• Marketing mucho más complejo debido a diferentes factores• Visibilidad del proceso mucho menos transparente• Proceso de producción (desmontaje, remanufactura)

De las posibles opciones de gestión de productos recuperados, en la opción de “refabricación” (Bañegil & Rubio 2005), una de las fases del proceso más importantes es el desmontaje (Kokkinaki et al. 2004) en la que los productos retornados, también llamados “núcleos”, se desmontan, dando lugar a un conjunto determinado de piezas, que luego son inspeccionadas y probadas. Las partes que cumplen con los estándares de calidad se almacenan para su reutilización. Las piezas con defectos leves se pueden arreglar, mientras que las piezas rechazadas por su mal estado son para el desguace. Ejemplos de ello se pueden encontrar en la gestión de electrodomésticos, cámaras fotográficas o fotocopiadoras (Bañegil & Rubio 2005; Krikke et al. 1999).

Según Kokkinaki et al. (2004) se pueden encontrar tres requisitos fundamentales para la adaptación de SI a la gestión del desmontaje.

- En primer lugar, el registro adecuado de los núcleos (productos devueltos, antes del desmontaje) en el inventario del SI.
- En segundo lugar, la programación del desmontaje, un requisito que no está contemplado en los SI actuales.

- En tercer lugar, la gestión conjunta de las instalaciones de fabricación para el montaje final y para la “re-manufactura”, que a menudo son compartidas.

El primer requisito es evidente. Los productos retornados, los núcleos, deben ser registrados de forma adecuada y diferenciada al de una entrada de material “normal”, como puede ser una compra.

En cuanto a la programación del desmontaje, Kokkinaki et al. (2004) mencionan como opción para evitar esta limitación, la posibilidad de introducir requisitos negativos a nivel de componente en las listas de materiales o BOM (Bill Of Materials). Esto significa programar una entrada en inventario a través de un consumo negativo. Es decir, se consume “-1 Uds.” de un componente, con lo que realmente, entra en inventario una Ud. del componente.

Sin embargo, hay que aclarar que esta solución para la gestión del desmontaje que se menciona en (Kokkinaki et al., 2004) no es viable, ya que no todos los componentes tienen por qué ser recuperados, ni tienen que seguir el mismo proceso.

Con todo ello, el proceso de desmontaje presenta necesidades adicionales de procesos y de datos. Surge la necesidad de definir “Listas de Materiales de Recuperación” (LMR). Dichas LMR no son BOM tradicionales, sino que deben tener una estructura y modelo de datos diferentes. Además, las LMR deben ofrecer la posibilidad de tener varias versiones, correspondientes a las diferentes opciones de recuperación alternativas, que pueden abarcar diferentes grados del proceso de desmontaje, estándares de calidad, tiempos de desmontaje y rendimientos de piezas de repuesto.

En cuanto al tercer requisito expuesto en (Kokkinaki et al. 2004), es evidente que la planificación debe tener en cuenta que algunos componentes van a ser abastecidos de productos retornados. Por tanto, hay que incluir en el proceso de planificación las tasas de recuperación de cada componente, tiempos de reparación, desmontaje, etc., para una planificación adecuada de materiales y operaciones.

Es necesario tener en cuenta que además, todo esto tiene una implicación directa en los sistemas de costes. Los costes de la LI no son necesariamente los mismos que los costes en LD, y las prácticas más adecuadas para LD no son necesariamente las mejores para la LI. En Tibben-Lembke y Rogers (2002) se presentan los principales costes de la LI, y su comparación con la LD. Sin embargo, la mayor parte de ellos, son diferentes en cuanto a importancia y magnitud, pero no implican requerimientos nuevos en los ERP. Tan solo los costes de reparación y reembalaje y sobre todo, los costes de desmontaje y refabricación, implican un cambio necesario en los SI.

Por tanto, surge la necesidad de desarrollar un sistema de costes adecuado para la gestión de las LMR. El caso del desmontaje, implica una gestión de costes diferente, ya que un mismo trabajo y su coste asociado, debe ser repartido entre diferentes componentes obtenidos en una misma orden de desmontaje, y esto es posible hacerlo, al menos de forma directa, en los sistemas de gestión ERP actuales, basados en BOM.

6. Requerimientos de desarrollo para la adaptación del ERP

El análisis realizado pone de manifiesto la necesidad de incluir adaptaciones en los ERP, ya que estos sistemas contemplan únicamente procesos propios de la LD.

En concreto, en el proceso de desmontaje y remanufactura, es necesario desarrollar en los sistemas ERP procesos adecuados para poder:

1. Registrar los núcleos a su llegada de forma adecuada, a través de un proceso de retorno de productos recuperados, en el que se identifique información como la procedencia del núcleo, el estado que presenta, el destino que va a seguir, etc. Es importante poder establecer un workflow en función de esta información, de forma que se automatice el proceso al máximo, y el ERP sea capaz de “dirigir” el núcleo retornado al proceso que corresponda en cada caso.
2. Gestionar el desmontaje y refabricación de productos. Para ello es imprescindible definir y desarrollar el concepto de **LMR**, en las que de un núcleo, se obtienen diferentes componentes, que pueden tener destinos diferentes (reutilización, desmontaje, reciclaje, desguace, etc.). Cada componente debe ser registrado, y puede a su vez descomponerse

en otros sub-componentes. Por tanto, deben poder tratarse de la misma forma que los núcleos, y por tanto, deben poder registrarse de forma adecuada, como se ha expuesto en el punto anterior.

3. Gestionar las instalaciones y recursos de producción de forma conjunta para la fabricación y para el desmontaje y refabricación. Para ello es imprescindible mantener en el ERP información relativa al desmontaje y refabricación, como los núcleos retornados (o en previsión de retorno), tasas de recuperación de los diferentes componentes, rutas de producción con los tiempos de desmontaje, capacidades y recursos a utilizar, etc. Todo ello, debe tomarse en cuenta en el momento de planificar la producción, para obtener una planificación de materiales y capacidades adecuada.

Por otra parte, es imprescindible desarrollar en el ERP todo un modelo de datos que pueda gestionar los costes relativos al desmontaje de producto y la refabricación, incluyendo los costes de las operaciones de desmontaje, así como otros costes relacionados con los productos retornados (por ejemplo, el coste de transporte de producto retornado, el coste de los componentes que se desechan, o los costes administrativos del retorno). Esta gestión de costes es diferente de la gestión de costes tradicional en entornos de fabricación y LD, generalmente basada en BOM, pero que no tiene en cuenta los retornos y los costes de ellos derivados.

Cabe decir que, antes de abordar la siguiente fase de desarrollo según Zhou et al. (2005) (el diseño conceptual), hay que tener en cuenta que un ERP es una solución global e integrada, y por ello, no se pueden desarrollar soluciones a unos requerimientos, sin tener en cuenta su posible relación con el resto. Si esto no fuera así, unos desarrollos podrían interferir en otros. Por ello, el desarrollador de ERP debe tener una visión global para planificar y priorizar de forma adecuada la implementación de los requerimientos.

En esta priorización de requerimientos, las LMR son el punto de partida, ya que tiene incidencia directa en el resto de requerimientos. Por tanto, debe ser el primer punto a analizar y desarrollar, en la adaptación de los ERP a la gestión de la LI.

7. Conclusiones

Las características particulares de los procesos de la LI, generan una serie de requerimientos específicos en los ERP dado que, en la actualidad, los ERP están adaptados a los procesos de LD, pero no a los de la LI.

En este artículo, se han presentado las implicaciones que la gestión de la LI tiene en los ERP, con el objetivo de dotar a los desarrolladores de estos sistemas de una visión global de las necesidades que la gestión de la LI conlleva.

Tras el estudio realizado, se ha podido constatar que en la actualidad, existe una necesidad de ERP que contemplen los requerimientos específicos que la LI presenta, descritos en el artículo. Son requerimientos derivados de la particularidad de de la LI en procesos como el desmontaje y refabricación.

Así pues, el desarrollo para la adaptación del ERP a la LI debería comenzar abordando el requerimiento correspondiente a las LMR, de modo que se puedan gestionar los procesos de desmontaje, pero considerando en todo momento las relaciones de dicho proceso con el resto de procesos de la empresa, especialmente con la gestión de costes.

Como líneas de investigación futuras, se propone completar el resto de fases de la metodología de desarrollo planteada. Para ello, es imprescindible profundizar en el análisis de cada uno de los procesos aquí descritos, con el objetivo de proponer soluciones particulares a cada uno de los requerimientos que ocasionan, y herramientas para optimizar su gestión. Por ejemplo, modelos matemáticos o modelos de datos que puedan gestionar los los costes asociados al desmontaje y refabricación.

Sin embargo, como ya se ha indicado, es el desarrollo de las LMR el requerimiento más complejo y por tanto, tras este trabajo, como línea de investigación inmediata, previa a

cualquier otra investigación en esta campo, surge la necesidad de definir y desarrollar el concepto de LMR y su gestión dentro de los ERP.

Finalmente sería necesaria la implementación en un ERP específico de los requerimientos definidos para la LI en el presente trabajo.

8. Referencias

- Arango, M.D., Gil, H. y Oltra, R.F. (2010). Evolutions and Trends of Information Systems for Business Management: the M-Business. A Review. *Dyna*, 77(163), 110 - 125.
- Bañegil, T.M. y Rubio, S. (2005). Sistemas de logística inversa en la empresa. *Dirección y Organización*, 31, 104 - 112.
- Benedito, E. y Corominas, A. (2009). Determinación de las capacidades de fabricación y almacenaje óptimas en un sistema con logística inversa y demanda periódica. *Dirección y Organización*, 37, 91-97.
- Benedito, E. y Corominas, A. (2010). Optimal manufacturing and remanufacturing capacities of systems with reverse logistics and deterministic uniform demand. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 3(1), 33-53.
- Botta-Genoulaz, V., Millet, P.A. y Grabot, B. (2005). A survey on the recent research literature on ERP systems. *Computers in Industry*, 56(6), 510-522.
- Brito, M.P. de, Flapper, S.D.P. y Dekker, R. (2002). Reverse logistics, Erasmus University Rotterdam, Econometric Institute.
- Carrasco-Gallego, R. y Ponce-Cueto, E., 2010. A management model for closed-loop supply chain of reusable articles: defining the issues. *Dirección y Organización*, 42, 63-70.
- Dekker, R., Fleischmann, M., Inderfurth, K. y Wassenhove L.N.V.(2004). Reverse logistics: Quantitative models for closed-loop supply chains, Springer.
- REVLOG (European Working Group on Reverse Logistics), (2004). Available at: http://www.fbk.eur.nl/OZ/REVLOG/PROJECTS/TERMINOLOGY/def_reverselogistics.html [Accedido Junio 3, 2010].
- Fernández, I. y García, N. (2007). Efectos de la implicación en actividades de recuperación de valor sobre la función de aprovisionamientos. *Cuadernos de economía y dirección de la empresa*, 31, 97-118.
- Ferran, C. y Salim, R., 2008. Enterprise Resource Planning for Global Economies: Managerial Issues and Challenges NetLibrary, Inc Premier Reference Source, Idea Group Inc (IGI).
- Fink, L. y Markovich, S. (2008). Generic verticalization strategies in enterprise system markets: An exploratory framework. *Journal of Information Technology*, 23, 281-296.
- Fleischmann, M. et al. (1997). Quantitative models for reverse logistics: A review. *European Journal of Operational Research*, 103(1), 1-17.
- Grabot, B. y Botta-Genoulaz, V. (2005). Special issue on Enterprise Resource Planning (ERP) systems. *Computers in Industry*, 56(6), 507-509.
- Guide, V.D.R. y Van Wassenhove, L.N. (2002). The Reverse Supply Chain. *Harvard Business Review*, 80(2), 25-26.
- Guide, V.D.R. et al. (2000). Supply-Chain Management for Recoverable Manufacturing Systems. *Interfaces*, 30(3), 125-142.
- Gunasekaran, A., (2009). Global Implications of Modern Enterprise Information Systems Technologies and Applications. Information Science Reference (an imprint of IGI Global).
- Hans, C., Hribernik, K.A. y Thoben, K.-D. (2010). Improving reverse logistics processes using item-level product life cycle management. *International Journal of Product Lifecycle Management*, 4(4), 338-359.

- Jakupović, A., Pavlic, M. y Asenbrener, M. (2010). Measuring the Size and Contribution of ERP Solutions through Covered Business Sectors. En ISAS Information Systems Analysis Synthesis. Orlando, Florida.
- Jakupović, A., Pavlic, M. & Poscic, P. (2010). Business sectors and ERP solutions. En Information Technology Interfaces (ITI), 32nd International. Cavtat/Dubrovnik, 477-482.
- Kohavi, R., Rothleder, N.J. y Simoudis, E. (2002). Emerging trends in business analytics. Commun. ACM, 45(8), 45-48.
- Kokkinaki, A.I. et al. (2004). ICT Enabling Reverse Logistics. En Reverse logistics: Quantitative models for closed-loop supply chains. Springer.
- Krikke, H.R., van Harten, A. y Schuur, P.C. (1999). Business case Océ: Reverse logistic network re-design for copiers. OR Spectrum, 21(3), 381-409.
- Luttwak, E. (1971). A Dictionary of Modern War, New York, N.Y.: Harper & Row.
- Malhotra, N. y Birks, D. (2007). Marketing Research: an applied approach 3o ed., Harlow, UK: Financial Times/ Prentice Hall on imprint of Pearson Education.
- McGaughey, R.E. y Gunasekaran, A. (2009). Selected Readings on Strategic Information Systems. Chapter XXIII Enterprise Resource Planning (ERP): Past, Present and Future, Information Science Reference (an imprint of IGI Global).
- Olorunniwo, F.O. y Li, X. (2010). Information sharing and collaboration practices in reverse logistics. Supply Chain Management: An International Journal, 15(6), 454-462.
- Oltra, R.F., Gil, H. y Bellver, R. (2011). Factores diferenciales entre los ERP de software libre (FSw ERP) y los ERP propietarios. Dirección y Organización, 44, 64-73.
- Pokharel, S. y Mutha, A. (2009). Perspectives in reverse logistics: A review. Resources, Conservation and Recycling, 53(4), 175-182.
- Rogers, D.S. y Tibben-Lembke, R.S. (1999). Going backwards: reverse logistics trends and practices, Pittsburgh, PA: RLEC Press.
- Rogers, D.S. et al. (2002). The Returns Management Process. The International Journal of Logistics Management, 13(2), 1 - 18.
- Rubio, S., Chamorro, A. y Miranda, F.J. (2006). Characteristics of the research on reverse logistics (1995–2005). International Journal of Production Research, 46(4), 1099-1112.
- Thierry M. C., Salomon, M., Van Nunen, J. Y Van Wassenhove, L. (1995). Strategic issues in product recover y management. California Management Review, 37 (2), 114-135.
- Tibben-Lembke, R.S. y Rogers, D.S. (2002). Differences between forward and reverse logistics in a retail environment. Supply Chain Management: An International Journal, 7, 271-282.
- Tsai, W.H. y Hung, S.J. (2009). Treatment and recycling system optimisation with activity-based costing in WEEE - reverse logistics management: an environmental supply chain perspective. International Journal of Production Research, 47(19), 5391-5420.
- Zhou, B., Wang, S. y Xi. L. (2005). Data model design for manufacturing execution system. Journal of Manufacturing Technology Management, 16, 909-935.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Sabina Asensio Cuesta
Tel. +34 96 387 70 07 Ext. 85689
Fax. +34 96 387 98 69
E-mail: sasensio@dpi.upv.es
URL: <http://www.ergonautas.com>