



Estudios Gerenciales

ISSN: 0123-5923

estgerencial@icesi.edu.co

Universidad ICESI

Colombia

CORREA ESPINAL, ALEXANDER ALBERTO; GÓMEZ MONTOYA, RODRIGO ANDRÉS; CANO  
ARENAS, JOSÉ ALEJANDRO

GESTIÓN DE ALMACENES Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC)

Estudios Gerenciales, vol. 26, núm. 117, octubre-diciembre, 2010, pp. 145-171

Universidad ICESI

Cali, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21218551008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# GESTIÓN DE ALMACENES Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC)

ALEXANDER ALBERTO CORREA ESPINAL\*

Ph.D. en Estadística e Investigación de operaciones, Universidad Politécnica de Cataluña, España.  
Profesor Escuela de Ingeniería de la Organización, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.  
Grupo Investigación "GIMGO", afiliado a la Universidad Nacional de Colombia.  
alcorrea@unal.edu.co

RODRIGO ANDRÉS GÓMEZ MONTOYA

Ingeniero Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.  
Profesor Ingeniería Industrial, Corporación Universitaria Lasallista, Colombia.  
rogomez@lasallista.edu.co, rodrigomez1986@gmail.com

JOSÉ ALEJANDRO CANO ARENAS

Ingeniero Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.  
Grupo Investigación "GIMGO", afiliado a la Universidad Nacional de Colombia.  
Joseale84@hotmail.com

Fecha de recepción: 23-04-2009

Fecha de corrección: 17-05-2010

Fecha de aceptación: 11-10-2010

## RESUMEN

Este artículo de revisión bibliográfica busca identificar el estado del arte y la utilización de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la gestión de almacenes y su aplicación en la industria colombiana. A partir de la revisión realizada, se identifica que las tecnologías aplicadas a la gestión de almacenes contribuyen a la simplificación de las operaciones, reducción de costos y mejora de los flujos de información; mientras que los principales obstáculos para su implementación son los altos costos, la cultura organizacional y la inadecuada estructuración de los procesos. En relación con el uso de las TIC en Colombia, se identificó un bajo grado de implementación en las pequeñas y medianas empresas (pymes) y un nivel medio en las grandes empresas.

## PALABRAS CLAVE

Cadena de suministro, gestión de almacenes, tecnologías de la información y comunicación (TIC).

**Clasificación JEL:** M11, M15

\* Autor para correspondencia. Dirigir correspondencia a: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Carrera 80 No. 65-223, Bloque M8B-208, Medellín, Colombia.

## ABSTRACT

### *Warehouse management and information and communication technology*

This article provides a state-of-the-art survey of the current use of Information and Communications Technologies (ICT) in warehouse management and their application in the Colombian industry. This review establishes that warehouse management technologies contribute simplifying operations, reducing costs, and improving the flow of information. It also acknowledges that the main obstacles for their implementation are: high costs, organizational culture, and an unsuitable structure of warehouse management processes. This article also discusses some studies that show that ICTs in Colombia have a low implementation level at Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs), and an intermediate implementation level at large companies.

## KEYWORDS

Supply chain, warehouse management, information and communications technologies (ICTs).

## RESUMO

### *Gestão de estoques e tecnologia de informação e comunicação (TIC)*

Este artigo de revisão bibliográfica procura identificar o estado da arte e a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) em gestão de estoques e sua aplicação na indústria colombiana. A partir da revisão realizada se identifica que as tecnologias aplicadas a gestão de estoques contribuem para a simplificação das operações, redução de custos, melhoria dos fluxos de informação; enquanto que os principais obstáculos a implementação são os altos custos, a cultura organizacional e a inadequada estruturação dos processos. Quanto ao uso das TIC na Colômbia, se identificou um baixo grau de implementação nas pequenas e médias empresas (PMES) e um nível médio nas grandes empresas.

## PALAVRAS CHAVE

Cadeia de suprimento, gestão de estoques, tecnologias de informação e comunicação (TIC).

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la cadena de suministro se ha convertido en un medio para que las empresas aumenten su productividad y competitividad. La gestión de almacenes es un proceso crítico dentro de la cadena de suministro debido a que se encarga de la administración de los inventarios y, en la mayoría de los casos, gestiona las necesidades de los clientes de la empresa.

Las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC), se han convertido en un medio para aumentar la eficacia y eficiencia en el manejo de almacenes, por lo cual se deben considerar como una herramienta indispensable para su gestión.

El presente artículo de revisión bibliográfica busca exponer el estado del arte de las TIC aplicadas en la gestión de almacenes, con el fin de que las personas interesadas en el tema, especialmente empresarios y académicos, tengan una visión general de las posibilidades de uso en el país. La construcción de este documento se basa en la revisión bibliográfica de libros, revistas científicas/comerciales y estudios especializados nacionales e internacionales (Ballou, 2004; Frazelle y Rojo, 2006; Tompkins y Smith, 1998; Urzelai, 2006; entre otros).

El documento se divide en dos partes, en la primera se presenta de forma general los conceptos de cadena de suministro, gestión de almacenes y las TIC aplicadas en su gestión. Cada numeral del presente artículo se construye con la siguiente estructura: definición y características. Además, se presenta para cada TIC una tabla con sus funcionalidades,

hardware, software y proveedores. En la segunda parte se hace una descripción del uso de estas tecnologías en Colombia. Finalmente se incluye una sección de conclusiones.

## I. GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO (SCM) Y GESTIÓN DE ALMACENES

El concepto Gestión de la Cadena de Suministro o en inglés *Supply Chain Management* (SCM), es definido por el Council of Logistic Management (Ayers, 2006; Ballou, 2004; Plenert, 2007) como la coordinación sistemática y estratégica de las funciones de negocio tradicional y las tácticas utilizadas a través de esta, al interior de una empresa y entre los diferentes procesos de una cadena de suministro, con el fin de mejorar el desempeño en el largo plazo tanto de la empresa individualmente como de toda la cadena de suministro en general. Adicionalmente, Ballou (2004) describe que la gestión SCM enfatiza en las interacciones de la logística que tienen lugar entre las funciones de mercadeo, producción, compras, y las interacciones que se llevan a cabo entre empresas independientes dentro del canal del flujo del producto.

A partir de las definiciones presentadas, se puede inferir que la SCM tiene como objetivo garantizar las interacciones adecuadas de los elementos logísticos con el fin que en la cadena de suministro se presente un flujo de productos e información óptimos que permita la reducción de costos y el aumento en la satisfacción de los clientes.

Por otra parte, se puede indicar que en la gestión SCM se identifican tres componentes de la logística integral,

tales como subsistemas de logística de aprovisionamiento, logística interna y logística de distribución.

Dentro de estos tres tipos de logísticas se considera la gestión de almacenes, que es un proceso clave que busca regular los flujos entre la oferta y la demanda, optimizar los costos de distribución y satisfacer los requerimientos de ciertos procesos productivos. Esto se logra por medio de una gestión de la materia prima proporcionada al proceso de producción, el trabajo en proceso o WIP (*work in process*, por sus siglas en inglés) que brinda flexibilidad a las operaciones de producción, y los productos terminados para preparar y garantizar el cumplimiento de los pedidos de los clientes (Mauleón, 2006). Por su parte, Gunasekaran, Lai y Cheng (2008) describen que la gestión de almacenes contribuye a una efectiva gestión de la cadena de suministro debido a que está directamente implicada en el intercambio de información y bienes, entre proveedores y clientes, incluyendo fabricantes, distribuidores y otras empresas que participan en el funcionamiento de la cadena de suministro.

En la SCM y la gestión de almacenes algunos autores han estudiado la incidencia e importancia de las TIC en su planeación, operación y control. Respecto a esta situación, Van der Vorst, Beulens y Van Beek (2003) enfatizan sobre cómo algunas TIC como el VMI (*Vendor Managed Inventory*, Inventario Administrado por el Vendedor en español) y CPFR (*Collaboration Planning Forecasting Replenishment*, Planeación Colaborativa del Pronóstico y Reabastecimiento en español) influyen de forma

proactiva en la planeación y control de la cadena de suministro y la gestión de almacenes. En tanto, una TIC como el RFID (*Radiofrequency Identification*, identificación por radiofrecuencia en español) y código de barras son utilizadas para la identificación, registro de operaciones y trazabilidad.

Por su parte otros autores (Bourlakis y Bourlakis, 2006; Pokharel, 2005; Sassi, 2006) plantean que las TIC en la cadena de suministro y la gestión de almacenes contribuyen a la reducción de la complejidad en sus flujos de información, al mejoramiento de la coordinación de los procesos y actores relacionados, al incremento de la eficiencia operacional y al aumento de la rentabilidad de la empresa y su cadena de suministro. Esto justifica la necesidad que estas TIC sean planeadas, implementadas e integradas a las empresas que consideran la estructura de la organización, capacidad de inversión y sus necesidades operacionales. Orientándose en ese mismo enfoque, Hackman, Frazelle, Griffin, Griffin y Vlasta (2001) describen la importancia de los flujos de información en la gestión de almacenes, los cuales son la base de su planeación, operación y control. Adicionalmente, resaltan el uso de TIC como el WMS (*Warehouse Management System*, Sistema de Administración de Almacenes en español) y el LMS (*Labor Management System*, Sistema de Administración del Personal, en español) que apoyan que la gestión de dichos flujos se realice adecuadamente (estas TIC serán explicadas ampliamente en la sección 3).

De otro lado, Correa y Gómez (2009) realizaron un estudio del estado del

arte y la utilización de las TIC en la cadena de suministro, incluyendo su aplicación en las empresas colombianas, destacando que el uso de estas generalmente conlleva la reducción de costos y mejoramiento del flujo de información entre sus actores y operaciones. En lo relacionado con su aplicación en Colombia, estos autores indican que las pequeñas y medianas empresas no suelen implementarlas por desconocimiento o capacidad de inversión, de allí la importancia de identificar y presentar algunas de estas TIC que son aplicables en la gestión de almacenes, ya que el artículo se enfoca principalmente en la cadena de suministro y las relacionadas con la gestión de almacenes se revisan de manera general. Adicionalmente, Méndez, López, Rodríguez y Francesco (2007) describen que su uso impacta en la eficiencia de la empresa, componente esencial en la gestión de la cadena de suministro.

Dada la importancia de la gestión de almacenes dentro de la gestión de la cadena de suministro, no se han identificado artículos o estudios que revisen de manera integrada su estado académico actual y describan el grado de aplicación de estas TIC en la gestión de almacenes en la industria colombiana. Esto se percibe como una oportunidad para identificar sus tipos, funcionalidades, hardware, software y proveedores.

Finalmente, una vez revisado el concepto de SCM, se puede indicar que este tiene como fin coordinar e integrar los procesos logísticos de la cadena de suministro, dentro de los cuales se considera la gestión de almacenes como componente crítico para su adecuada operación. Adicio-

nalmente, se identifica la importancia de las TIC en la gestión de almacenes como medio para mejorar su planeación, ejecución y control, además se reconocen las oportunidades de realizar estudios de su estado actual de forma sintetizada, incluyendo su aplicabilidad en Colombia.

## **2. GESTIÓN DE ALMACENES**

La gestión de los almacenes es un elemento clave para lograr el uso óptimo de los recursos y capacidades del almacén dependiendo de las características y el volumen de los productos a almacenar (Poirier y Reiter, 1996). A continuación, se presentan los conceptos y elementos necesarios para que su gestión sea adecuada.

### **2.1. Principios y objetivos en la gestión de almacenes**

Entre los principios para la gestión óptima de los almacenes se considera la coordinación con otros procesos logísticos, el equilibrio en el manejo de los niveles de inventario y en servicio al cliente y la flexibilidad para adaptarse a los cambios de un mundo empresarial globalizado.

De esta forma, Mulcahy (1993), Urzelai (2006), Mauleón (2006), y Harnsberger (1997) indican que los objetivos a buscar con la gestión de almacenes son:

#### *Minimizar:*

- El espacio empleado, con el fin de aumentar la rentabilidad.
- Las necesidades de inversión y costos de administración de inventarios.
- Los riesgos, dentro de los cuales se consideran los relacionados con el

personal, con los productos y con la planta física.

- Pérdidas, causadas por robos, averías e inventario extraviado.
- Las manipulaciones, por lo cual los recorridos y movimientos de las personas, equipos de manejo de materiales y productos, deben ser reducidos a través de la simplificación y mejora de procesos.
- Los costos logísticos a través de economías de escala, reducción de faltantes y retrasos en la preparación de despachos.

*Maximizar:*

- La disponibilidad de productos para atender pedidos de clientes.
- La capacidad de almacenamiento y rotación de productos.
- Operatividad del almacén.
- La protección a los productos.

Cabe destacar que los dos primeros objetivos de maximización son parcialmente contrapuestos, por lo cual se debe equilibrar su nivel de implementación, debido a que a mayor capacidad de almacenamiento se tiende a reducir la operatividad en el almacén.

## 2.2. Tipos y funciones de los almacenes

La selección y configuración del tipo de almacén suele ser crítica para que la empresa opere adecuadamente y atienda satisfactoriamente las necesidades de los clientes. Por estos motivos (ver Tabla 1), se presentan los tipos o funciones más comunes de la gestión de almacenes, los cuales se identificaron por medio de una revisión bibliográfica que incluyó autores tales

como Ballou (2004), Urzelai (2006) y Mauleón (2006), seleccionados por su trayectoria y claridad en la ilustración del tema.

De la Tabla 1 se puede inferir que existen diferentes tipos de almacenes, por lo cual, en el momento de su selección, se recomienda analizar la demanda, tipo de productos, ubicación geográfica y características de los clientes para aprovechar al máximo los recursos y satisfacer las necesidades de las partes involucradas.

Finalmente, el tipo de almacén con que cuente una empresa es el principal factor para configurar los procesos que componen la gestión de almacenes. Además, se debe tener en cuenta que sin importar el tipo de almacén, se pueden utilizar TIC como: el WMS, LMS, código de barras y RFID, las cuales poseen funcionalidades transversales. Otras TIC como: VMI, el *picking to light* y *voice* (en español, preparación de pedidos apoyado en luz y voz) suelen utilizarse en almacenes o centros de distribución por el volumen de las operaciones de preparación de pedidos.

## 2.3. Procesos de la gestión de los almacenes

Los procesos de la gestión de almacenes son los que permiten que este cumpla con sus objetivos. Debido a su importancia, se presentan algunas generalidades y características de sus procesos de recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho. Dentro de los autores se consideraron a Rouwenhorst, Reuter, Stockrahm, van Houtum, Mantel y Zijm (2000), Urzelai (2006), Frazelle y Rojo (2006), Van Den Berg (2007) y Jones (2006) (ver Tabla 2).

**Tabla 1.** Tipo de almacenes

<b>1. Operativo o planta de producción</b>
1.1 Almacén de materia prima Buscar garantizar un nivel de inventario para garantizar la disponibilidad de materia prima y así permitir la normal operación del proceso de producción.
1.2 Almacén de producto en proceso Mantener un nivel de inventario para proteger el sistema productivo contra daños de máquinas, interrupciones inesperadas, ineficiencias y falta de coordinación entre operaciones que retrasan el cumplimiento de órdenes de entrega.
1.3 Almacén de producto terminado Desarrollar un conjunto de procesos logísticos y garantizar un nivel adecuado de inventarios en cumplimiento de la demanda de los clientes.
1.4 Almacén auxiliar Mantener un nivel de inventario para garantizar la disponibilidad de material auxiliar. Este material puede ser el embalaje usado, los repuestos de la maquinaria, etc.
<b>2. Logístico</b>
2.1 Almacén de fábrica Se encuentra en las propias instalaciones de la empresa y desde este se despachan los pedidos de los clientes o a centros de distribución de la empresa.
2.2 Almacén regulador ó centro de distribución intermedio Se encarga de administrar el flujo de productos a los diversos canales de distribución, este suele estar cerca de la fábrica, centraliza y soporta altos niveles de inventarios. Envía productos a los distribuidores y clientes.
2.3 Distribuidores Almacenes o distribuidores secundarios que atienden una zona o región geográfica específica. Su uso se ve disminuido con el avance en infraestructura de transporte, mejoramiento de las TIC y servicios ofrecidos por operadores logísticos.
2.4 Plataforma de tránsito ó <i>crossdocking</i> Se almacenan temporalmente los productos y se realizan operaciones de consolidación y desconsolidación de cargas con el fin de maximizar el flujo de productos, la ocupación de camiones (Urzelai, 2006), y minimización de costos de mantenimiento de inventario, manipulaciones, espacios, obsolescencias, etc.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 2 se observa que existen diferentes procesos que configuran la gestión de almacenes, por lo cual, para cada empresa se debe analizar cuáles y cómo utilizarlos con el fin de garantizar un adecuado uso de los recursos y capacidades del almacén.

De los procesos presentados, el almacenamiento suele ser considerado como crítico, dado que se encarga

de proteger y guardar los productos mientras estos son solicitados por el siguiente eslabón de la cadena de suministro. Por ello, para optimizar su mantenimiento y manejo, es necesario definir sistemas de almacenamiento adecuados, los cuales son resultado de la mezcla de equipos y métodos de operación utilizados en un ambiente de almacenaje y recuperación de productos (Urzelai, 2006).

**Tabla 2.** Procesos de la gestión de almacenes

Recepción, control e inspección	Almacenamiento
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descargar el camión y registrar los productos recibidos.</li> <li>• Inspeccionar cuantitativa y cualitativamente, los productos recibidos para determinar si el producto cumple o no con las condiciones negociadas.</li> <li>• Distribuir los productos para su almacenamiento u otros procesos que lo requieran.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicar los productos en las posiciones de almacenamiento.</li> <li>• Dentro de la organización del almacén, se debe considerar la categorización ABC, la cual prioriza las posiciones y productos por nivel de rotación.</li> <li>• Almacenar el producto en el área de reserva o recuperación rápida.</li> <li>• Guardar físicamente los productos hasta que sea demandado por el cliente.</li> </ul>
Preparación de pedidos	Embalaje y despacho
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consiste en la preparación y adecuación de las órdenes de pedidos para atender las necesidades de los clientes.</li> <li>• Recuperación de los productos desde su ubicación de almacenamiento para preparar los pedidos de los clientes.</li> <li>• Establecimiento de políticas acerca de diseño y distribución de la zona de preparación de los pedidos, según las características de órdenes y clientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chequear, empacar y cargar los vehículos en el medio de transporte.</li> <li>• Establecer políticas para ubicar las unidades de carga en camiones en la zona de cargue.</li> <li>• Preparar los documentos de despacho, incluyendo facturas, lista de chequeo, etiqueta con dirección de entrega, entre otros.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

#### 2.4. Sistemas de almacenamiento

Como se describió anteriormente, los sistemas de almacenamiento buscan la combinación de métodos y equipos para optimizar el almacenamiento de productos. Estos suelen ser variables y su uso depende de los recursos disponibles y las características de los productos manejados por la empresa. Por su parte, Urzelai (2006) describe que dentro de los sistemas más comunes de almacenamiento se consideran: a) almacenamiento en bloque o arrume negro, y b) estanterías para cajas, cargas ligeras y pallets. En la Tabla 3 se presenta una breve descripción de uno de los sistemas de almacenaje descritos con anterioridad, los cuales se revisan de Mauleón (2003) y Urzelai (2006).

Como se observa en la Tabla 3, existe una diversidad de sistemas de almacenamiento, lo que implica que, para garantizar su adecuada operación, se recomienda evaluar las características de los productos, la unidad de almacenamiento, los elementos y/o equipos de manipulación, los costos de operación y las TIC disponibles para la identificación y ubicación de los productos en dichos sistemas dentro del proceso de selección.

Existen diferentes TIC que pueden ser utilizadas para mejorar la eficiencia y utilización de los sistemas de almacenaje, tales como WMS, RFID y picking to light y voice. Cabe señalar que estos tipos de TIC son aplicables a los diferentes tipos de almacena-

**Tabla 3.** Sistemas de almacenamiento

<b>Almacenaje en bloque o arrume negro</b>	
En este tipo de almacenamiento las unidades de carga se almacenan una encima de otra y no se utiliza ningún tipo de estructura de almacenamiento, por lo cual, la altura de apilamiento depende de las características de los productos y la utilización del sistema FIFO ( <i>First In First Out</i> ) o PEPS (Primero en entrar, primero en salir) se hace poco viable según Mauleón (2003).	
<b>Almacenamiento en silos</b>	
Son un modo de almacenamiento en granel que puede ser diseñado para un solo producto o para múltiples, se utilizan generalmente para granos, cereales, materiales de construcción y líquidos.	
<b>Almacenamiento en estantería</b>	
La utilización de una estructura para el almacenamiento de las unidades de carga.	
Ligera	Utilizado para productos livianos y poco peso.
Cargas largas	Son utilizadas para el almacenamiento de productos alargados como barras y tubos.
Pallets	Es el sistema más utilizado por las empresas, el peso de las unidades de carga es soportado por la estructura y permite la utilización de FIFO.
Paletización compacta	Es un bloque compacto de profundidades en el cual no existen pasillos, por lo cual se optimiza la utilización del espacio. A su vez esta estantería se divide en el Drive-in y Drive-through, de las cuales la primera solo permite LIFO ( <i>Last In First Out</i> ) y la segunda permite tanto FIFO como LIFO.
Paletización móvil	Es una estantería compacta que tiene la capacidad de abrirse y cerrarse, por lo cual elimina el problema de acceso al stock de la estantería anterior y permite el FIFO.
Paletización dinámica	Es un sistema de almacenamiento compacto el cual tiene un grado de inclinación, por medio del cual, se desliza el pallet por gravedad al otro extremo. Solamente se permite flujo de productos FIFO.
Estanterías especiales	Son aquellas diseñadas para el manejo de productos con características especiales o cuando se requiere que se adapten a un espacio físico, una gestión FIFO o LIFO o adaptarse a medios de manipulación especiales.
<b>Almacenamiento automático</b>	
Son sistemas totalmente automatizados para la gestión de almacenes dentro de los que se considera los carruseles, paternóster, miniload (cargas ligeras) y transelevadores de pallet y pocas piezas.	

**Fuente:** Elaboración propia.

miento descritos, ya que su objetivo es apoyar su planeación, ejecución y control de sus operaciones y recursos, basándose en información y procedimientos para gestionar los productos en inventario de materia prima, producto en proceso y terminado.

## **2.5. Recursos utilizados en la gestión de almacenes**

Los recursos de la gestión de almacenes se pueden agrupar en dos grandes categorías que son utilizadas en sus procesos y actividades.

- Equipos de manipulación de productos: según Urzelai (2006) estos permiten el movimiento de los diferentes productos a través de los procesos del almacén.
- Sistemas de información o TIC: según Ballou (2004), estos sistemas permiten el registro, administración y control de la información generada por los procesos logísticos, incluyendo la gestión de almacenes.

### 3. TIC APLICADAS EN LA GESTIÓN DE ALMACENES

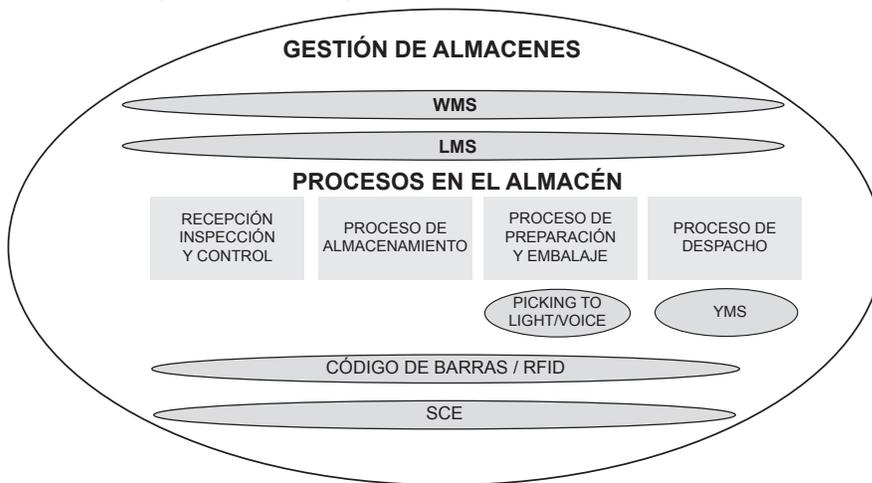
Las TIC se han convertido en un medio para agilizar, flexibilizar y mejorar el intercambio de información y operaciones utilizadas en la gestión de almacenes. En el Gráfico 1 se presenta la aplicación y cubrimiento de las TIC en los procesos identificados. En este gráfico se observa que el WMS es la tecnología fundamental para poder integrar y controlar las demás TIC presentes en los procesos de gestión de almacenes. Igualmente, en la Tabla

4 se describe cada una de las TIC incluidas en el Gráfico 1. Estas TIC han sido planteadas por diferentes autores (Ballou, 2004; Berenguer y Ramos, 2003; Tompkins y Harmelink, 2004; Urzelai, 2006), e instituciones (GS1 Colombia, 2008; SCE-Group, 2008).

En el Gráfico 1 se observa que algunas de las TIC identificadas son transversales a los procesos de la gestión de almacenes desde su proceso de recepción y control hasta el despacho, contribuyendo a funciones de identificación y trazabilidad como el código de barras y el RFID. Por otro lado, existen algunas TIC que son específicas de procesos como el picking to light y voice, el cual se aplica al proceso de preparación de pedido.

En la Tabla 4 se observa que las TIC en la gestión de almacenes cubren diversas aplicaciones, las cuales se utilizan para la identificación y trazabilidad de productos tales como el código de barras y radiofrecuencia, o para el almacenamiento y toma de

**Gráfico 1.** Mapa de TIC en la gestión de almacenes



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.** Mapa de TIC en la gestión de almacenes

<b>GESTIÓN DE ALMACENES</b>
<b>WMS (WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEM)</b>
Sistema de información que ayuda en la administración del flujo del producto e información dentro del proceso de almacenamiento, a través de funciones tales como: a) recepción; b) almacenamiento; c) administración de inventarios; d) procesamiento de órdenes y cobros; y e) preparación de pedidos.
<b>LMS (LABOR MANAGEMENT SYSTEM)</b>
Sistema de control de las actividades de los operadores del almacén, por lo cual se convierte en un complemento para el WMS. Una ventaja generada por su utilización es el aumento casi inmediato de la productividad del almacén casi al 100%, ya que se logra el mejoramiento del desempeño de los trabajadores y el aprovechamiento de los recursos en el almacén, a través del control y seguimiento sobre estos. La principal desventaja para que una empresa lo implemente como práctica para mejorar las operaciones del almacén, son las modificaciones necesarias a la estructura operacional y las altas inversiones que significan su puesta en marcha. Los sistemas LMS en su mayoría traen incluidas buenas prácticas para la realización de tareas en el almacén e indicadores para medir su rendimiento.
<b>CÓDIGO DE BARRAS</b>
Tecnología de codificación que permite capturar información relacionada con los números de identificación de artículos, unidades logísticas y localizaciones de manera automática e inequívoca en cualquier punto de la red de valor. Se alcanza una eficiencia considerable cuando se maneja un solo código del producto, a través de la cadena de suministro.
<b>RFID ( RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION)</b>
Tecnología que usa ondas de radio para identificar productos de forma automática. Involucra el uso de etiquetas o tags que emiten señales de radio a los lectores encargados de recoger las señales. El RFID tiene gran potencial de uso, convirtiéndose en la base del EPC (Electronic Product Code) que es un estándar internacional de codificación, que identifica de manera única un producto a nivel mundial.
<b>PICKING TO VOICE Y PICKING TO LIGHT</b>
Sistemas de señalización sin papeles, que se basan en redes luminosas y sistemas de voz. El Pick to Light se compone de un conjunto de luces que indican al operario las ubicaciones y las cantidades a recoger de los productos y suelen tener conexión con el sistema de inventarios para que se actualice en tiempo real una vez realizada la operación. En el Pick to Voice, el operario del almacén lleva un equipo de comunicación que permite recibir y enviar mensajes acerca de las operaciones de recogida de productos a realizar.
<b>YMS (YARD MANAGEMENT SYSTEM)</b>
Sistema de administración de patios que permite controlar los muelles de recepción y despacho, y rastrear y seguir el movimiento de los trailers a través de tecnología de localización en tiempo real.
<b>SCE (SUPPLY CHAIN EXECUTION)</b>
Es una tecnología que se enfoca a la optimización de movimiento de materiales entre el centro de distribución y los otros agentes de la cadena de suministro. Este sistema es la integración de otras herramientas de ejecución y visibilidad de la cadena de suministro, tales como: TMS (Transportación Management System), LMS y WMS, entre otros.
Los beneficios potenciales al utilizar el SCE son:(a) optimizar los procesos logísticos, (b) cumplimiento de pedidos a tiempo y sin errores, (c) visibilidad del estado del pedido a través de la cadena, (d) uso óptimo del inventario disponible, (e) busca mejorar el uso de los recursos de la empresa, (f) reducción de actividades en el centro de distribución. Mientras que algunas de sus desventajas son: proceso de implementación largo, costoso y complejo, además cuando es mal instalado puede causar estragos operacionales y económicos.

**Fuente:** Elaboración propia.

decisiones tales como las WMS, LMS y YMS.

Las descripciones de las TIC mencionadas en la Tabla 4 se complementan con la información de las Tablas 5, 6, 7, 8, 9 y 10, las cuales contienen las funcionalidades, requerimientos de hardware, software y proveedores nacionales e internacionales de cada una de ellas a excepción del SCE (*Supply Chain Execution*, Ejecución de la Cadena de Suministro en español), debido a que es una integración del WMS, LMS, YMS, RFID y otras tecnologías que se describen más adelante. Como fuente adicional de información de estas TIC se puede consultar el artículo *Tecnologías de Información en la Cadena de Suministro* (Correa y Gómez, 2009). Adicionalmente (ver Tabla 4), se describe la aplicación de dichas TIC en los procesos relacionados con la gestión de almacenes.

### **3.1. WMS (Warehouse Management System – Sistema de administración de almacenes)**

Es una TIC que apoya la planeación, ejecución y control de sus procesos, desde la recepción pasando por su acomodo, almacenamiento y preparación de pedidos hasta su despacho. Adicionalmente, considera la gestión de sus recursos, tales como equipo de manejo de materiales, personal y costos. En la Tabla 5 se revisan algunas funcionalidades, software, hardware y proveedores, tomados de Tompkins y Smith (1998), Ballou (2004), Mentzer (2001), Tompkins y Harmenlink (2004) y Plenert (2007).

En la Tabla 5 se observa que el WMS apoya los procesos de la gestión de almacenes y sus recursos asociados. Adicionalmente, su diseño y configu-

ración depende de la capacidad de inversión y estructura de procesos de la empresa. Además, se identificó que para maximizar sus beneficios, se debe implementar en conjunto con sistemas de códigos de barras o RFID, ya que facilitan, aumentan la velocidad y confiabilidad en la recolección de los datos.

### **3.2. LMS (Labor Management System – Sistema de manejo de personal)**

En la Tabla 6 se revisan algunas funcionalidades, software, hardware y proveedores de LMS, los cuales fueron tomados de autores (e.g. Tompkins y Harmelink, 2004), e instituciones (Mchugh Software International, 2008; PILOT, 2007).

En la Tabla 6 se identificó que el LMS se enfoca en mejorar la productividad del almacén a través de la adecuada programación, seguimiento y control del personal y recursos que participan en sus actividades. Adicionalmente se observó que sus funcionalidades en algunas ocasiones son incluidas en sistemas WMS robustos, como es el caso de Tecsys Latin America en Colombia que ofrece el WMS y LMS dentro del mismo software. Cabe destacar que la mayoría de proveedores identificados de esta tecnología se ubican en los Estados Unidos.

### **3.3. Código de barras**

Es una tecnología que permite capturar datos e identificar productos y unidades de cargas, los cuales son manipulados a través de los diferentes procesos de la gestión de almacenes. En la Tabla 7 se revisan algunas de sus funcionalidades, software, hardware y proveedores,

**Tabla 5. WMS**

<b>FUNCIONES/ APLICACIONES</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programación de tareas en el almacén, asignación del personal, equipo de manejo de materiales, reglas de ejecución de procesos, gestión de movimiento del personal (colocación y extracción de cargas).</li> <li>• Planeación y trazabilidad de actividades en la gestión de almacenes como: registro de utilización del personal y equipos por hora, medición de la ocupación del almacén y la eficiencia de las operaciones.</li> <li>• Procesamiento de órdenes según la capacidad, necesidad de servicio y requerimientos de recogida de productos, junto con la sincronización y aplicación de diferentes técnicas como: olas, lotes, preparación por zonas.</li> <li>• Generación de Advanced Shipment Notification (ASN), los cuales sirven para avisar la recepción de pedidos.</li> <li>• Slotting o gestión de ubicaciones óptimas para los productos.</li> <li>• Conexiones con aplicativos web o sistemas de información a través del cual los usuarios tienen acceso a información del almacén, inventarios, ubicación de los productos y otros aspectos de la gestión de almacenes.</li> <li>• Administración de patios, inventarios de trailers ubicados fuera del depósito, puertos a asignar a camiones, y programación, registro y control de operaciones de crossdocking en la entrada y salida de trailers.</li> <li>• Generación de órdenes de trabajo que adicionan valor al servicio, como: clasificación por precio, empaque y asignación de inventarios, incluyendo reglas para gestionar su rotación.</li> <li>• Recomendación acerca de cajas a utilizar según la cantidad, ciclo de vida, tipo de productos y volumen de los pedidos.</li> <li>• Planeación y control de rutas de procesos de la gestión de almacenes.</li> </ul>		
<b>SOFTWARE</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integración con sistemas automáticos de identificación y recolección de información (RFID, código de barras, sistemas picking to light).</li> <li>• Integración con sistemas automáticos de manejo de materiales (carruseles, sistemas AVG's, transelevadores, etc.).</li> <li>• Capacidad de integrarse e intercambiar datos con el sistema ERP u otros sistemas de información.</li> <li>• Sistemas abiertos (UNIX/LINUX, Windows, web).</li> <li>• Arquitectura cliente/servidor o web.</li> <li>• Interfaz gráfica y bases de datos.</li> </ul>		
<b>HARDWARE</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etiquetas, lector y antenas para radiofrecuencia.</li> <li>• Lector y etiquetas para código de barras.</li> <li>• Servidor WMS y PLC para automatizar operaciones y recursos del almacén.</li> </ul>		
<b>PLATAFORMA/PROVEEDORES</b>	<b>CIUDAD</b>	<b>Disponible en:</b>
INFOR WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEMS WMS 9.0	Bogotá	<a href="http://www.infor.com">http://www.infor.com</a>
Taylor ED	Medellín	<a href="http://www.logistica.net.co/espanol/software.html">http://www.logistica.net.co/espanol/software.html</a>
SISLOG WMS	Bogotá	<a href="http://www.es.atosorigin.com">http://www.es.atosorigin.com</a>
WMS 9.0	Bogotá	<a href="http://www.mind.com.co">http://www.mind.com.co</a>
Suite-SysTech LAB WMS	Bogotá	<a href="http://www.systech.com.co/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=44&amp;Itemid=55">http://www.systech.com.co/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=44&amp;Itemid=55</a>
Tecsys Latin America	Bogotá	<a href="http://www.tecsyslatinamerica.com">http://www.tecsyslatinamerica.com</a>

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla 6. LMS**

<b>FUNCIONES/ APLICACIONES</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mide el desempeño de los trabajadores respecto a unos métodos deseados para completar una tarea y reporta los resultados tanto al trabajador como al administrador, identificando las ineficiencias en los procedimientos utilizados.</li> <li>• Incrementa el ROI (Return Over Investment) pero implica una alta inversión en licencias e integración con los sistemas de información, lo cual hace que el LMS no esté al alcance de operaciones de empresas pequeñas.</li> <li>• Mejora la gestión de los costos de operación y entrega el correcto nivel de personal para el servicio necesario y en el tiempo en que se necesite.</li> <li>• Su funcionalidad se ve valorada inversamente proporcional al grado de automatización de las operaciones.</li> <li>• Permite pequeños incrementos en la productividad de la mano de obra de un almacén, lo que aumenta significativamente el ROI de la empresa debido a que la mayoría de los costos de un almacén se asocian con la mano de obra.</li> <li>• Busca alcanzar el 100% de la productividad total para trabajos estandarizados y se ayuda evaluando la necesidad de mano de obra contra los recursos humanos disponibles.</li> <li>• Ofrece funcionalidades relacionadas con el soporte a estándares, planeación y reportes de trabajo, incluyendo cálculo dinámico de metas y habilidad en determinar el costo de servicio para clientes específicos.</li> <li>• Permite que los costos de mano de obra se asocien directamente con pedidos de clientes, utilizando un enfoque de costeo basado en actividades.</li> <li>• Genera reportes de trabajo para la implementación de programas justos para pago de incentivos.</li> </ul>		
<b>SOFTWARE</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo previo de métodos óptimos para realizar cada tarea y estandarizarlas (métodos y tiempos).</li> <li>• La interfase y adaptación del propio LMS.</li> <li>• Sistema de información que tengan una estructura de datos similar a las de un WMS.</li> </ul>		
<b>HARDWARE</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etiquetas, lector y antenas para radiofrecuencia.</li> <li>• Lector y etiquetas para código de barras.</li> <li>• Servidor que soporta el LMS.</li> </ul>		
<b>PLATAFORMA/PROVEEDORES</b>	<b>Ciudad</b>	<b>Disponible en:</b>
Tompkins associates	EE.UU.	<a href="http://www.tompkinsinc.com/systems/labor_management.asp">http://www.tompkinsinc.com/systems/labor_management.asp</a>
Watson, R.M.™ Labor Management System	EE.UU.	<a href="http://www.unifocus.com/products/labor_finance/forecasting_scheduling.jsp">http://www.unifocus.com/products/labor_finance/forecasting_scheduling.jsp</a>
LaborView™ Labor Management Software	EE.UU.	<a href="http://www.acumendatasystems.com/LaborVIEW.asp">http://www.acumendatasystems.com/LaborVIEW.asp</a>
Manhattan Associates	EE.UU.	<a href="http://www.manh.com/distribution_management/labor_management.html">http://www.manh.com/distribution_management/labor_management.html</a>
HighJump™ Labor Advantage	EE.UU.	<a href="http://www.highjumpsoftware.com/warehouse/Labor/">http://www.highjumpsoftware.com/warehouse/Labor/</a>
CatalystCommand Labor Management	EE.UU.	<a href="http://www.catalystinternational.com/content/Solution_Center/execution/resource/labor.asp">http://www.catalystinternational.com/content/Solution_Center/execution/resource/labor.asp</a>

**Fuente: Elaboración propia.**

los cuales, fueron tomados de Monsoi (1994), Tompkins y Smith (1998), Berenguer y Ramos (2003), Frazelle y Rojo (2006), Gourdin (2006), Mauleón

(2006), Jones y Cheng (2007) y GS1 Colombia (2008).

En la Tabla 7 se observó que el código de barras es un sistema de identi-

**Tabla 7.** Código de barras

<b>FUNCIONES/ APLICACIONES</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es aplicable al producto que entra al almacén, a las unidades de manipulación o cargas unitarias de almacenaje, estibas, a las estanterías donde se almacena el producto, los muelles de carga y descarga. Esto para poder identificar y localizar el producto en cada zona del almacén.</li> <li>• Incrementa la velocidad de ingreso de datos al sistema, inclusive lo puede automatizar.</li> <li>• Agiliza la lectura de datos para la carga o descarga de inventarios (Kardex), y ayuda a la ubicación de la mercancía en el almacén cuanto se tienen codificados los espacios de almacenamiento.</li> <li>• Permite la identificación de unidades individuales (producto) y almacenamiento como: cajas y palets, lo cual agiliza su registro y trazabilidad.</li> <li>• Generalmente el costo de impresión de los códigos de barras es bajo, la tinta se puede aplicar directamente en el embalaje del producto o en una etiqueta.</li> <li>• Existen varios tipos de códigos de barras con sus respectivas características (caracteres numéricos o alfanuméricos, la longitud de los caracteres, el espacio que debe ocupar el código, la seguridad), donde las simbologías (primera y segunda dimensión) están diseñadas para resolver problemas específicos de acuerdo al tipo de necesidad de identificación interna del almacén y de las necesidades externas como la comercialización y distribución.</li> <li>• Suele ser utilizado para alimentar diferentes TIC logísticas en la gestión de almacenes como: WMS, YMS, LMS, entre otros.</li> </ul>		
<b>SOFTWARE</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base de datos que soporta la captura de datos e identificación de productos.</li> <li>• Prefijo de compañía.</li> <li>• Codificador y decodificador para la carga y descarga de datos en el sistema.</li> <li>• Integración y sincronización de datos leídos con el código de barras con otras TIC logísticas (ERP, WMS, LMS, entre otros).</li> </ul>		
<b>HARDWARE</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adhesivos en el caso en que el código pertenece a un elemento del almacén al cual no se puede imprimir directamente el código.</li> <li>• Lectores de códigos estacionarios (fijo), portátiles (vía radio frecuencia) o automáticos según la necesidad en los procesos del almacén.</li> <li>• Interfaz de código de barra (decodificador electrónico).</li> <li>• Terminal manual, PC o sistema central para recibir y utilizar los datos decodificados.</li> <li>• Impresora de códigos de barras. Puede ser impresión sobre el producto o sobre adhesivos.</li> </ul>		
<b>PLATAFORMA/PROVEEDORES</b>	<b>Ciudad</b>	<b>Disponible en:</b>
Servibarras	Medellín	<a href="http://www.servibarras.com">http://www.servibarras.com</a>
Línea Data Scan	Medellín	<a href="http://www.linea.com.co">http://www.linea.com.co</a>
Equipos y Soluciones	Bogotá	<a href="http://www.equiposysoluciones.com">http://www.equiposysoluciones.com</a>
Embopack	Bogotá	<a href="http://www.embopack.com">http://www.embopack.com</a>
Avery Dennison	Medellín	<a href="http://www.averydennison.com">http://www.averydennison.com</a>

**Fuente:** Elaboración propia.

ficación de productos y captura de datos que facilita y apoya la gestión de almacenes, en especial el control de inventarios y la trazabilidad de los productos. Adicionalmente, se identificó que su fácil utilización y bajo costo de implementación han permitido su popularización en Colombia.

### **3.4. Sistema de identificación por radiofrecuencia**

En la Tabla 8 se revisan algunas funcionalidades, software, hardware y proveedores de RFID, los cuales, fueron tomados de Chow, Choy, Lee y Lau (2006), Glover y Bhatt (2006), Berenguer y Ramos (2003), Tompkins y Harmenlink (2004), Tompkins y Smith (1998), Cole y Ranasinghe (2007), Lee, Cheng y Leung (2009) y (Correa, Álvarez y Gómez, 2010).

En la Tabla 8 se observó que esta TIC busca mejorar el flujo de productos e información en el almacén a través del seguimiento y control de los productos en los muelles de entrada y despacho. Se identificó que esta tecnología utiliza el RFID o el código de barras como sistema de captura de información y en ocasiones sus funcionalidades son integradas a sistemas WMS. Finalmente, se observaron algunos proveedores en Estados Unidos y Canadá, mientras en Colombia Tecsys Latin America fue el único proveedor identificado.

### **3.5. Picking to light y voice – Recogida por voz y luz**

Son TIC que apoyan la ejecución del proceso de preparación de pedidos eliminando el uso de papeles y sincronización con otras tecnologías como el WMS, LMS o YMS, para mejorar la eficiencia y eficacia en la gestión

de almacenes. En la Tabla 9 se revisan algunas de sus funcionalidades, software, hardware y proveedores, los cuales, fueron tomados de Tompkins y Harmenlink (2004), Frazelle y Rojo (2006), Novak (2006), Urzelai (2006) y Working Machines (2008).

En la Tabla 9 se identificó que estas tecnologías permiten mejorar las operaciones de recogida y el control del inventario debido a su capacidad de manejo de información en tiempo real y la utilización de sistemas de identificación como la RFID y código de barras. En cuanto a proveedores, durante la revisión bibliográfica se identificaron varios en los Estados Unidos y Europa, mientras en Colombia no se encontró ninguno.

### **3.6. YMS (Yard Management System – Sistema de manejo de patios)**

En la Tabla 10 se presenta información de las principales aplicaciones, sistemas de hardware, software y proveedores de esta tecnología a nivel internacional (debido que en Colombia este sistema no ha alcanzado alto grado de utilización), tomada de Gattorna, Ogulin y Reynolds (2003), Tompkins y Harmenlink (2004), Ross (2004), e instituciones como Tompkins Associates (2008).

En la Tabla 10 se observó que esta TIC busca mejorar el flujo de productos e información en el almacén a través del seguimiento y control de los productos en los muelles de entrada y despacho. Finalmente, se observaron algunos proveedores en Estados Unidos y Canadá, mientras en Colombia Tecsys Latin America fue el único proveedor identificado.

**Tabla 8.** Sistema de identificación por radio frecuencia

<b>FUNCIONES/ APLICACIONES</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es utilizada en la manufactura, distribución física de bienes, shipping o cargamento y administración de inventarios.</li> <li>• Dentro de la gestión de almacenes se utiliza para la Identificación y control de productos y manipulación de materiales en el centro de distribución.</li> <li>• Con la ayuda del RFID, empresas han reportado 35% y 88% de mejoramiento en la productividad de actividades y disminución de errores de papeleo.</li> <li>• Identificación de productos en tiempo real que facilita la planeación de rutas de preparación de pedidos y el apoyo a la toma de decisiones acerca de la utilización de equipos al mínimo costo.</li> <li>• Facilita las operaciones de crossdocking debido que por medio de este se identifican las cargas a recibir y se agiliza el proceso de despacho.</li> <li>• El RFID es estandarizado a través del EPC (Electronic Product Code) el cual es un estándar a nivel mundial para aplicaciones en la cadena de suministro.</li> <li>• Permite capturar información para alimentar el WMS.</li> <li>• Operaciones de prerrecepción de cargas, debido a que el proveedor identifica los pallets antes de despacharlos y cuando los recibe el cliente elimina el proceso de identificación de cargas.</li> <li>• Procter &amp; Gamble, por ejemplo, incrementó la velocidad de carga en un 40% y disminuyó los errores y costos, debido a la reducción de operaciones en el almacén.</li> </ul>		
<b>SOFTWARE</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la parte informática se considera los elementos del EPC, los cuales son el estándar del RFID.</li> <li>• EPC (Electronic Product Code), el cual es un número único con el que se identifican los productos, es un elemento intangible.</li> <li>• Software Middleware: software que actuará como sistema nervioso de la red, encargado de la administración y movimiento de los flujos de datos EPC.</li> <li>• ONS (Object name service) servicio de red automático que permite que un computador pueda acceder a un sitio en la WWW, de tal manera que se pueda obtener información de los productos.</li> <li>• Servidor PML -Physical Markup Language: servidor para almacenar información adicional de los productos mediante un lenguaje estándar que facilita intercambio de información.</li> </ul>		
<b>HARDWARE</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectores: pequeñas antenas que recogen las señales emitidas por los tags y las retransmiten a una computadora que procesa la información. La distancia entre el lector y el tag depende de la potencia del lector y de la frecuencia de onda.</li> <li>• Un PC dentro del almacén que comanda las operaciones y se comunica a través de terminales que conectan con los operarios para dar las órdenes.</li> <li>• Un computador central o servidor, el cual soporta el software.</li> <li>• Las antenas son de diferentes tamaños y formas, pueden ser móviles o estacionarias.</li> <li>• Tag: se colocan sobre los productos y están compuestas por un microchip con una antena adosada.</li> </ul>		
<b>PLATAFORMA/PROVEEDORES</b>	<b>Ciudad</b>	<b>Disponible en:</b>
Infotrack	Medellín	<a href="http://infotrack.com.co/site/index.php?option=com_frontpage&amp;Itemid=1">http://infotrack.com.co/site/index.php?option=com_frontpage&amp;Itemid=1</a>
Tyco Fire & Security / Sensormatic	Bogotá	<a href="http://www.adt.com.co/">http://www.adt.com.co/</a>
Tan Colombia	Medellín	<a href="http://www.tann.com.co/">http://www.tann.com.co/</a>
Cibergenius	Bogotá	<a href="http://www.cibergenius.com/">http://www.cibergenius.com/</a>
Paxar	Bogotá	<a href="http://www.n2global.com/sedes_virtuales/?id=1096">http://www.n2global.com/sedes_virtuales/?id=1096</a>
Servibarras	Medellín	<a href="http://www.servibarras.com/">http://www.servibarras.com/</a>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 9.** Picking to light y voice – Recogida por voz y luz

PICKING TO VOICE	PICKING TO LIGHT
<b>FUNCIONES/ APLICACIONES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El operario del almacén puede recibir y enviar mensajes cortos acerca de la operación de preparación de pedidos que está realizando.</li> <li>• La mercancía se va tomando al mismo tiempo en que se introducen los datos al sistema.</li> <li>• Se elimina el uso de papel, de tarjetas y marcaciones por parte del operario que recolecta el pedido. Las manos y ojos del operario están libres en un 100%, permitiéndose así combinación de tareas, reducción de tiempos de procesos.</li> <li>• El sistema utiliza un código o PIN para ubicar la mercancía en el almacén, y se lo comunica en forma auditiva al operario.</li> <li>• El sistema guía en tiempo real al operario sobre el lugar donde debe recolectar el producto y las cantidades. El operario retroalimenta al sistema con su voz para que se hagan las respectivas descargas de inventario.</li> <li>• Permite importar y exportar datos del sistema de información de la empresa, garantiza el desarrollo completo del proceso de recogida y devuelve las existencias de producto en tiempo real.</li> <li>• Es útil en almacenes que manejan condiciones extremas de temperatura como en el almacenamiento de productos congelados, donde la digitación de datos y manipulación de elementos informáticos manuales dificultan la operación y flujo de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta tecnología permite aumentar la velocidad, disminuir errores, movimientos y tiempo en las operaciones de recogida de productos.</li> <li>• Permite a través de display o pantallas observar la localización y cantidad de productos que se van a recoger.</li> <li>• Sistemas avanzados que poseen displays multidígitos, que permiten a los operadores realizar recogidas sin mucho entrenamiento.</li> <li>• Este sistema permite las operaciones de preparación de pedidos con las manos libres, lo cual permite mejorar su confiabilidad.</li> <li>• Es compatible con los sistemas de identificación y captura de información de radiofrecuencia o código de barras.</li> </ul>
<b>SOFTWARE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación y codificación de las ubicaciones del almacén.</li> <li>• WMS a través de los cuales se programan las operaciones de preparación de pedidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WMS a través de los cuales se programan las operaciones de preparación de pedidos.</li> </ul>
<b>HARDWARE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terminales portátiles para el operario que consiste en una diadema con micrófono y una terminal portátil receptora de señales.</li> <li>• Recargadores de baterías de transmisores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Display con botón de confirmación.</li> <li>• Accesorios adicionales (como signal lights, Intelligent signal towers, básculas, interfaces variados de scanners, impresoras, etc.).</li> <li>• Tags y antenas de RFID o lectores de códigos de barras, los cuales se conectan con el software y activan los displays.</li> </ul>

Continúa

Viene de la página anterior

Plataforma/ proveedores	Ciudad	Disponible en:	Plataforma/ proveedores	Ciudad	Disponible en:
Voice-Directed Distribution®	EE.UU.	<a href="http://www.vocollect.com/">http://www.vocollect.com/</a>	Ipti	EE.UU.	<a href="http://www.ipti.net/">http://www.ipti.net/</a>
Savoye Logistics	U.K.	<a href="http://www.savoyelogistics.com">http://www.savoyelogistics.com</a>	Pick to light system	España	<a href="http://www.picktolight.es">http://www.picktolight.es</a>
Dematic	EE.UU- BRA-MEX	<a href="http://www.dematic.com">http://www.dematic.com</a>	FKIlogistex	EE.UU.	<a href="http://www.intelligrated.com/software/order_fulfillment_software">http://www.intelligrated.com/software/order_fulfillment_software</a>
Exacta® Synchronize	EE.UU.	<a href="http://www.asapauto.com">http://www.asapauto.com</a>	Dematic pick to light.	EE.UU.	<a href="http://www.dematic.us">http://www.dematic.us</a>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10.** YMS (Yard Management System – Sistema de manejo de patios)

FUNCIONES/ APLICACIONES		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite controlar el flujo de tráfico y las actividades asociadas con las plataformas de recepción y despacho (muelles) y el patio de operaciones.</li> <li>• El YMS ayuda a controlar, rastrear el inventario y el estado de camiones y contenedores que se tienen en los patios del almacén, para poder así maximizar el flujo de inventario.</li> <li>• Informa el tiempo en el cual los camiones o contenedores han estado en el patio del almacén, e igual informa si estos se encuentran cargados o sin cargar.</li> <li>• Ayuda a establecer prioridades a los camiones y contenedores que llevarán ítems de urgencia, recibiendo de primero.</li> <li>• Tags de RFID se aplican a los trailers una vez entran en el patio y se remueven cuando el trailer lo abandone. El YMS localiza de inmediato la posición del trailer en el patio utilizando un arreglo de antenas.</li> <li>• Contribuye al rastreo y seguimiento del movimiento de los trailers a través de tecnología de localización en tiempo real.</li> <li>• Suele ser un módulo funcional del WMS (Ross, 2004).</li> </ul>		
SOFTWARE		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• WMS, software para procesamiento de información proveniente de RFID o código de barras</li> </ul>		
HARDWARE		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de código de barras (ver Tabla 7)</li> <li>• Sistema de Radio Frecuencia (ver Tabla 8)</li> </ul>		
PLATAFORMA/PROVEEDORES	Ciudad	Disponible en:
Tompkins associates	EE.UU.	<a href="http://www.tompkinsinc.com/systems/labor_management.asp">http://www.tompkinsinc.com/systems/labor_management.asp</a>
Yard Smart	Canadá	<a href="http://www.c3solutions.com">http://www.c3solutions.com</a>
Retalix Yard Management	EE. U U. - Israel	<a href="http://www.retalix.com/index.cfm?pageid=550">http://www.retalix.com/index.cfm?pageid=550</a>
Tecsys Latin America	Colombia	<a href="http://www.tecsyslatinamerica.com">http://www.tecsyslatinamerica.com</a>

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se puede indicar que a nivel general la TIC presenta funcionalidades diferentes y complementarias que contribuyen a la reducción de costos, mejoramiento de procesos y simplificaciones de sus operaciones, lo cual puede conllevar al aumento de la eficiencia y productividad en la empresa y la cadena de suministro, basándose en flujos adecuados de información. Por otra parte, se identificó que el WMS se considera la tecnología más importante de la gestión de almacenes, debido a que presenta funcionalidades de planeación, ejecución, control e integración de sus operaciones, y es la base de ejecución de otras tecnologías descritas, tales como LMS, código de barras, radiofrecuencia, YMS, y picking to light y voice. Inclusive, estas últimas TIC apenas están comenzando a ser utilizadas en Colombia debido a que se identificaron pocos o ningún proveedor a nivel nacional. Por último, se recomienda que antes de seleccionar alguna de las TIC para su implementación, se debe realizar un análisis de necesidades y beneficios operacionales y económicos para que una empresa la adopte, debido que este tipo de tecnologías suelen requerir altas inversiones, cambios a la cultura organizacional y reestructuración de procesos.

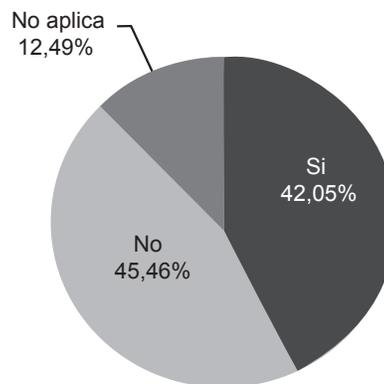
#### 4. APLICACIÓN DE TIC PARA GESTIÓN DE ALMACENES EN COLOMBIA

A continuación se presenta el resultado de la revisión bibliográfica que tiene como objetivo identificar el uso de algunas TIC en la gestión de almacenes en empresas colombianas. Adicionalmente, se debe indicar que algunas de las fuentes consultadas

para realizar dicha revisión fueron Puentes (2006), GS1 Colombia (2006) y Tecsys Latin American (2008), entre otros, debido a su diagnóstico y divulgación de información respecto a la situación a analizar.

En el año 2006, el SENA realizó un estudio denominado *Caracterización de la logística en Colombia* (Puentes, 2006), el cual se basó en la recolección de información primaria, tomando una muestra de 88 empresas de diferentes sectores empresariales y tamaños (multinacionales y grandes 30, medianas 34 y pequeñas 24). De dicho estudio (ver Gráfico 2), se identificó que un 45,45% de las empresas encuestadas no utiliza TIC en la gestión de almacenes, lo cual puede representar una oportunidad para promover su utilización e implementación, dados los beneficios operacionales y económicos que ofrece.

**Gráfico 2.** Utilización de software especializado en la gestión de almacenes

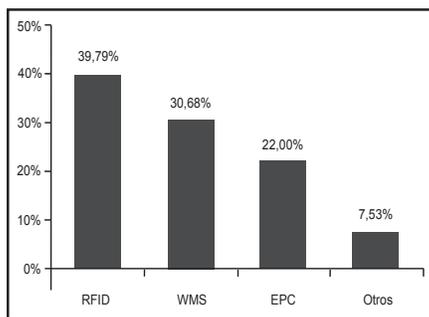


Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, en ese mismo estudio (ver Gráfico 3), se describe que la tendencia de implementación de TIC para la gestión de almacenes

en el país incluye tecnologías tales como radiofrecuencia, WMS y el EPC (*Electronic Product Code*, Código Electrónico de Productos, ver Tabla 8), debido a que pueden ofrecer beneficios en productividad y reducción de costos, basándose en sistemas de identificación de tiempo real y trazabilidad (radiofrecuencia y EPC) y tecnologías para mejorar la planeación, ejecución y control de las operaciones de la gestión de almacenes (WMS).

**Gráfico 3.** Tendencia de utilización de TIC en Colombia



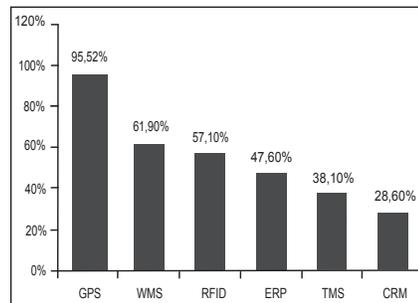
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en el estudio realizado por el SENA se indican otros aspectos relevantes, relacionados con la gestión de almacenes, tales como que un 44,32% de las empresas tercerizan operaciones de bodega y/o almacenamiento, un 47,73% poseen necesidades de capacitación de alto y mediano impacto en técnicas de almacenamiento, otro 51,13% en el tema de manipulación de productos y un 27,27% en el manejo de equipos de almacenamiento. Dichos datos muestran el conjunto de necesidades y oportunidades de mejora para una adecuada gestión de almacenes, incluyendo la importancia que ha adquirido en los últimos tiempos.

En otro estudio (GS1 Colombia, 2006), los investigadores aplicaron una encuesta basada en una muestra de 21 operadores logísticos del país. De ese estudio se observó (ver Gráfico 4) que las TIC que más se utilizaban para la gestión de almacenes fueron el WMS con un 61,90% y la RFID con 57,10%. Por otra parte, la implementación de sistemas ERP se encuentra por debajo del WMS debido a que los operadores logísticos tienden a ser empresas especializadas en la gestión de almacenes y las funciones de este tipo de TIC suelen ser genéricas e incluir pocas herramientas de planeación y análisis logístico.

En ese mismo estudio indican que el almacenamiento es la segunda operación que las compañías han dejado en manos de un operador logístico, con un 79,00% de respuesta afirmativa dentro de las empresas encuestadas. Además, los autores concluyen que este tipo de operación de tercerización es clave para las compañías, debido a que permite el aumento de la productividad al incluir prácticas de clase mundial y empleo de TIC en la gestión de almacenes (GS1 Colombia, 2006).

**Gráfico 4.** Tecnologías utilizadas por los operadores logísticos



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la divulgación y promoción para implementación de TIC, tales como, WMS, LMS, YMS y SCE, ha sido liderada por Tecsys Latin American (2008), uno de los proveedores más importantes de Suramérica y Colombia, incluyendo el desarrollo de proyectos en empresas tales como Almagora, Alpopular, Colcerámica, El Éxito, Procter & Gamble, Colgate, Nestlé y Unilever. Dentro de los casos más recientes de aplicación de estas tecnologías por parte de Tecsys Latin American se encuentra Almacenes Éxito, que implementó un WMS y YMS que le ha permitido gestionar y administrar sus bodegas, mejorando la programación de recursos según órdenes de trabajo, disponibilidad del personal y equipos, y permitiendo la planificación óptima de actividades con capacidad de actualización en tiempo real. Adicionalmente, esta compañía implementó el picking to light y voice y la tecnología RFID y EPC como parte del mejoramiento de la gestión de sus almacenes (GS1 Colombia, 2006).

Por otro lado, en el informe Software Logístico y sus herramientas de gestión virtual de la SCM (Escobar, 2006), el autor recomienda a las empresas tener por lo menos una base de datos centralizada y fiable, que soporte el registro de las actividades del almacén y tenga la capacidad de alinearse con un WMS u otras TIC realizadas con la gestión de almacenes.

Por su parte, el Centro de Tecnología de Antioquia (CTA) identificó que las mipymes tienen una necesidad común en cuanto a herramientas de software logístico, especialmente para la gestión de almacenes, inventarios y gestión de pedidos, lo cual

se convierte en una oportunidad de generar propuestas para el medio empresarial y académico como medio de contribuir a su uso productivo (SQDM, 2005).

Se debe resaltar que las pymes no suelen manejar almacenes o bodegas grandes, por lo cual las soluciones presentadas a través del artículo pueden significar altos costos y funciones que no generan valor a sus operaciones. Esta situación se hace importante especialmente para las pymes, ya que estas podrían pensar en el desarrollo de su propio software sin descuidar las prácticas de clase mundial y parámetros que rigen estos software, con el fin de mejorar sus operaciones y apropiarse de TIC logísticas, en especial en la gestión de almacenes (Escobar, 2006).

Finalmente, LOGyCA (2008b) filial de GS1 Colombia, organización especializada en logística, cuenta con un centro de distribución que funciona como laboratorio, donde se realiza el análisis de los procesos de la gestión de almacenes como: recepción, alistamiento, empaque y despacho, y se hace simulación de aplicaciones de últimas tecnologías de identificación como RFID y EPC. Este centro de distribución es el séptimo laboratorio RFID y EPC acreditado en el mundo, y está en capacidad de realizar pruebas en muelles de embarque y banda transportadora.

## 5. CONCLUSIONES

- A partir de la revisión bibliográfica se identificó la importancia de la gestión de almacenes en la gestión de la cadena de suministro dado que ayuda al control, almacenamiento y distribución

de los productos e información, para satisfacer las necesidades al menor costo y un nivel adecuado de servicio.

- Del artículo se puede inferir que existen diferentes procesos y sistemas en la gestión de almacenes como recepción, almacenamiento, preparación de pedidos, embalaje y despacho, por lo cual, antes de su configuración, se recomienda el análisis del tipo de producto a almacenar, capacidad y operatividad del almacén, TIC disponibles, demanda y ubicación de los clientes y características de los pedidos a entregar con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes al mínimo costo.
- De la revisión de la aplicación de TIC en la gestión de almacenes en Colombia, se observó que las tecnologías con mayor potencial de implementación son el WMS y la radiofrecuencia, debido a que los empresarios perciben que estas pueden contribuir al mejoramiento de los procesos y la reducción de costos, a través de prácticas de identificación, trazabilidad (radiofrecuencia) y planeación y control de las operaciones de la gestión de almacenes (WMS). Por otra parte, se observó que en Colombia hay entidades como GS1 Colombia, LOGyCA y Tecsys Latin America, que han liderado y promocionado la implementación de TIC en la gestión de almacenes (LMS, YMS, WMS y radiofrecuencia/EPC), como medio para aumentar la productividad y la eficiencia.
- Existe un conjunto de TIC tales como WMS, LMS, RFID, código de barras, picking to light y voice y YMS, que según como sean implementadas pueden llegar a mejorar la productividad en la gestión de almacenes; por lo cual, antes de seleccionar alguna de ellas, se debe hacer un análisis de sus características, beneficios operacionales y económicos a obtener, costos y adaptabilidad a sus procesos, etc. La razón es que su apropiación suele conllevar altas inversiones y reestructuración de procesos que pueden afectar el desempeño positivo o negativo de la empresa.
- La aplicación de las tecnologías de picking to light y voice, al parecer no se encuentra muy difundida e implementada en Colombia, solamente se identificaron algunos casos como el de almacenes Éxito y otras empresas que lo adquieren junto al software WMS. Esto significa un gran potencial para realizar investigaciones que permitan apropiarlo e implementarlo en la gestión de almacenes de Colombia.
- Se recomienda a las empresas que gestionen algún almacén y no puedan acceder a alguna de las TIC, que intenten implementar o imitar la operatividad y funcionamiento de este tipo de herramientas, utilizando recursos propios o al alcance de la empresa, tales como desarrollo de software logístico propio a partir de software libre o con funcionalidades básicas.
- Se identifica la oportunidad de desarrollo de investigaciones futuras relacionadas con estudios nacionales y sectoriales que diagnostiquen el uso actual de TIC en la gestión de almacenes, y oportunidades

de implementación en empresas, según su cantidad y tipos de almacenes (materia prima, producto en proceso y terminado), capacidad de inversión, desarrollo del sistema logístico, cadena de suministro y tecnológico. Adicionalmente, se debe indicar que en la actualidad existen estudios alrededor de TIC logísticas, pero incluye la gestión de almacenes como un proceso general, y no particulariza en los impactos que genera en la productividad y eficiencia de la empresa y su sistema logístico.

- Se hace una invitación a los profesionales e investigadores relacionados con el área de la logística, a seguir estudiando, innovando y adaptando las TIC, enfocándose especialmente en las pequeñas y medianas empresas, las cuales hoy en día requieren el uso de estas tecnologías a una escala y funcionalidad acordes con el volumen de sus negocios.
- Finalmente se puede indicar que el presente artículo muestra limitaciones respecto a las fuentes de información utilizadas, ya que se emplearon los resultados de estudios empresariales, artículos científicos y libros relacionados con el tema, pero no se recolectó información primaria de empresas de diferentes tamaños y sectores económicos, que permitan revisar y analizar el tipo y grado de implementación de las TIC de la gestión de almacenes en el país y la región.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilera, A. y Riascos, S. (2009). Direccionamiento estratégico apoyado en las TIC. *Estudios Ge-*

*renciales*, 25(111), 127-143. Disponible en: [https://bibliotecadigital.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/item/2090/1/6adriana\\_aguilera\\_apoyado\\_TIC.pdf](https://bibliotecadigital.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/item/2090/1/6adriana_aguilera_apoyado_TIC.pdf)

2. Ayers, B. (2006). *Handbook of supply chain management* (2nd ed.). Houston, TX: CRC Press.
3. Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro* (5th ed.). Ciudad de México: Prentice Hall.
4. Berenguer, J. y Ramos, J. (2003). *Negocios digitales: competir utilizando Tecnologías de Información*. Navarra, España: Universidad de Navarra (EDUNSA).
5. Bourlakis, M. y Bourlakis, C. (2006). Integrating logistic and information technology strategies for sustainable competitive advantage. *Journal of Enterprise Information Management*, 19(4), 389-402.
6. Chow, H., Choy, K., Lee, W. y Lau, K. (2006). Design of a RFID case-based resource management system for warehouse operations. *Expert Systems with Applications*, 30(4), 561-576.
7. Cole, P. y Ranasinghe, D. (2007). *Networked RFID Systems and Lightweight Cryptography: Raising Barriers to Product Counterfeiting*. Adelaide, Australia: Springer.
8. Correa, A., Álvarez, C. y Gómez, R. (2010). Sistemas de identificación por radiofrecuencia, código de barras y su relación con la gestión de la cadena de suministro. *Estudios Gerenciales*, 26(116), 115-141. Disponible en: [http://bibliotecadigital.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/item/4577/1/06Sistemas-identificacion.pdf](http://bibliotecadigital.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/item/4577/1/06Sistemas-identificacion.pdf)

9. Correa, A. y Gómez, R. (2009). Tecnologías de información aplicadas a la cadena de suministro. *Revista DYNA*, 76(157), 37-48.
10. Escobar, J. (2006). Software Logístico y sus herramientas de gestión virtual de la SCM. *Zona Logística*, 19, 38.
11. Frazelle, E. y Rojo, R. (2006). *Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial*. Bogotá: Norma.
12. Gattorna, J., Ogulin, R. y Reynolds, M. (2003). *Gower handbook of supply chain management* (5<sup>th</sup> ed.). United Kingdom: Gower Publishing.
13. Glover, B. y Bhatt, H. (2006). *RFID Essentials*. Sebastopol, CA: O'Reilly.
14. Gourdin, K. (2006). *Global logistics management: a competitive advantage for the 21st century* (2<sup>nd</sup> ed.). Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
15. GS1 COLOMBIA. (2006). *EPC: Transformando la logística colombiana*. Recuperado el 25 de diciembre de 2008, de <http://www.gs1co.org>
16. GS1 COLOMBIA. (2008). *Código de Barras*. Recuperado el 23 de enero de 2008, de [http://www.gs1co.org/Respuestas/verContenido3.aspx?contenido=codigo\\_barras](http://www.gs1co.org/Respuestas/verContenido3.aspx?contenido=codigo_barras)
17. Gunasekaran, A., Lai, K. y Cheng, E. (2008). Responsive supply chain: A competitive strategy in a networked economy. *Omega*, 36(4), 549-564.
18. Hackman, S.T., Frazelle, E.H., Griffin, P.M., Griffin, S.O. y Vlasta, D.A. (2001). Benchmarking Warehousing and Distribution Operations: An Input-Output Approach. *Journal of Productivity Analysis*, 16(1), 79-100.
19. Harnsberger, J. (1997). *Production and inventory control handbook* (3<sup>rd</sup> ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
20. Hugos, M. (2003). *Essentials of supply chain management*. Hoboken, NJ: Wiley & Sons.
21. Jones, E. y Cheng, C. (2007). *RFID in Logistic: A Practical Introduction* (1<sup>st</sup> ed.). Houston, TX: CRC Press.
22. Jones, J. (2006). *Integrated Logistic Support Handbook* (5<sup>th</sup> ed.). The United States: McGraw-Hill.
23. Lee, Y., Cheng, F. y Leung, Y. (2009). A quantitative view on how RFID can improve inventory Management in a supply chain. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 12(1), 23-43.
24. LOGyCA. (2008a). *Tercerización en Colombia*. Recuperado el 15 de febrero de 2008, de <http://www.logyca.org/>.
25. LOGyCA. (2008b). *Servicios*. Recuperado el 22 de marzo de 2008, de <http://www.logyca.org/>
26. Mauleón, M. (2003). *Sistema de Almacenaje y Picking*. Madrid: Díaz de Santos.
27. Mauleón, M. (2006). *Logística y Costos*. Madrid: Díaz de Santos.
28. Mchugh Software International. (2008). *The Top 10 Facilities of Logistics Labor Management*. Recuperado el 30 de septiembre de 2008, de <http://www.idii.com/wp/top10lms.pdf>
29. Méndez, J., López, J.I, Rodríguez, A. y Francesco, S. (2007). El impacto del uso efectivo de las TIC sobre la eficiencia técnica de las empresas españolas. *Estudios Gerenciales*, 23(103), 65-84. Disponible en:

- [http://bibliotecadigital.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/item/1157/1/Impacto\\_uso\\_efectivo\\_TIC\\_eficiencia\\_tecnica\\_empresas\\_espanolas.pdf](http://bibliotecadigital.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/item/1157/1/Impacto_uso_efectivo_TIC_eficiencia_tecnica_empresas_espanolas.pdf)
30. Mentzer, J.T. (2001). *Supply Chain Management*. Thousand Oaks, CA: Sage.
  31. Monsoi, J. (1994). *Sistemas de identificación y control automáticos*. Barcelona: Marcombo.
  32. Mulcahy, D. (1993). *Warehouse distribution and operations handbook*. New York, NY: McGraw-Hill.
  33. Novak, S. (2006). *The small manufacturer's toolkit: a guide to selecting the techniques and systems to help you win*. Broken Sound Parkway, NW: CRC Press.
  34. PILOT. (2007). *Claves de la Supply Chain*. Recuperado el 5 de diciembre de 2008, de <http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/páginas/D0407C086A64D097C125705B00322388?OpenDocument>
  35. Plenert, G. (2007). *Reinventing lean: introducing lean management into the supply chain*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.
  36. Poirier, C. y Reiter, S. (1996). *Supply Chain Optimization: Building the strongest total business*. San Francisco, CA: Berrett-Koheler.
  37. Pokharel, S. (2005). Perception on information and communication technology perspectives in logistic: A study of transportation and warehouses sectors in Singapore. *The Journal of Enterprise Information Management*, 18(2), 136-149.
  38. Puentes, H. (2006). *Estudio de caracterización de la logística en Colombia*. Bogotá: SENA.
  39. Ross, F. (2004). *Distribution Planning and control: managing in the era of supply chain management* (2nd ed.). New York, NY: Springer.
  40. Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., van Houtum, G., Mantel, R. y Zijm, W. (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, 122(3), 515-533.
  41. Sassi, S.B. (2006). The Role of ICT in solving Logistic Complexity: An Economic Point of View. En T. Blecker, T. y W. Kersten (Eds.), *Complexity Management in Supply Chains: Concepts, Tools and Methods* (pp. 247 – 257). Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co.
  42. SCE-Group. (2008). *Supply Chain Execution*. Recuperado el 18 de abril de 2008, de <http://www.supplychainexecution.org>
  43. SQDM S.A. (2005). *Cultura del mejoramiento y la innovación en las mipymes*. Medellín, Colombia: CTA.
  44. Tecsys Latin America. (2008). *Almacenes Éxito S.A.: Visibilidad, gestión de eventos y soporte a toma de decisiones para cadenas de retail*. Recuperado el 15 de enero de 2009, de <http://www.tecsyslatinamerica.com>
  45. Tompkins Associates. (2008). *YMS*. Recuperado el 8 de octubre de 2008, de [http://www.tompkinsinc.com/systems/yard\\_dock\\_management.asp](http://www.tompkinsinc.com/systems/yard_dock_management.asp)
  46. Tompkins, J. y Harmelink, D. (2004). *The Supply Chain Management Handbook*. Perry: Tompkins Press.
  47. Tompkins, J. y Smith, J. (1998). *The Warehouse Management*

- Handbook* (2nd ed.). Perry: Tompkins Press.
48. Urzelai, A. (2006). *Manual Básico de Logística Integral*. Madrid: Díaz de Santos.
  49. Van den Berg, J. (2007). *Integral Warehouse Management: The Next Generation in Transparency, Collaboration and Warehouse Management* (1st ed.). Utrecht, Holanda: Management Outlook.
  50. Van der Vorst, J., Beulens, A. y Van Beek, P. (2003). Innovations in logistic and ICT in food supply chain networks. En W.M.F. Jongen y M.T.G. Meulenberg (Eds.), *Innovation in agri-food systems. Product quality and consumer acceptance* (pp. 245-292). Wageningen, Holanda: Wageningen Academic Publishers.
  51. Working Machines. (2008). *Pick to light system*. Recuperado el 22 de octubre de 2008, de <http://www.workingmachines.com/>
  52. Zona Logística. (2006). Voz y Software manos Libres. *Zona Logística*, 6, 64. 🌐