



Revista Facultad de Ingeniería Universidad de
Antioquia
ISSN: 0120-6230
revista.ingenieria@udea.edu.co
Universidad de Antioquia
Colombia

Gutiérrez, Valentina; Fernanda Rodríguez, Luisa
Diagnóstico regional de gestión de inventarios en la industria de producción y distribución de bienes
Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, núm. 45, septiembre, 2008, pp. 157-171
Universidad de Antioquia
Medellín, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43004515>

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

Diagnóstico regional de gestión de inventarios en la industria de producción y distribución de bienes

Regional diagnostic of inventory management in the production-distribution industry

Valentina Gutiérrez, Luisa Fernanda Rodríguez*

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Calle 67 No. 53-108. Medellín, Colombia.

(Recibido el 29 de octubre de 2007. Aceptado el 29 de enero de 2008)

Resumen

La brecha creciente entre la investigación y la práctica de la gestión de inventarios genera la necesidad de crear mecanismos de acercamiento, de modo que desde la investigación se ofrezcan alternativas de mejoramiento para gestionar la complejidad de los inventarios en cadenas de suministro. Este artículo presenta un diagnóstico de la gestión de inventarios de producto terminado, producto en proceso y materias primas, realizado con las medianas empresas del Valle de Aburrá, Colombia, en los sectores de alimentos, fármacos, plásticos y textiles. Los resultados evidencian las oportunidades de mejoramiento y confirman la necesidad de llevar las metodologías teóricas propias de la ingeniería a una aplicación más real que permita involucrar la dinámica de las cadenas de suministro regionales.

----- *Palabras clave:* Gestión de inventarios, políticas de control, sistemas de producción-distribución.

Abstract

The growing gap between inventory-control research and practice evidences the need to create approaching mechanisms, so alternatives for improvement could be offered from research, in order to manage the complexity of inventories in supply chains. This paper presents a diagnostic of the inventory management of final products, work in process and raw materials, developed

* Autor de correspondencia: teléfono: + 57 + 4 + 219 55 75, fax: + 57 + 4 + 263 82 82, correo electrónico: evlaila@udea.edu.co (V. Gutiérrez)

with the medium companies of the Valle of Aburrá, Colombia, in the foods, pharmaceutical, plastic and apparel sectors. Results evidence opportunities of improvement and confirm the need of taking the engineering methodologies to a more realistic implementation, that allows to involve the dynamics of the regional supply chains.

----- *Keywords:* Inventory management, control policies, production-distribution systems.

Introducción

La complejidad del diseño de políticas de control para los diferentes tipos de inventario en un sistema de producción-distribución, ha hecho que tanto investigadores como empresarios hayan trabajado por años en la solución del problema. Desde la práctica, el problema se ha abordado mediante la implementación de software y de sistemas de información [1]. Desde la investigación, la toma de decisiones se ha apoyado en técnicas de las matemáticas y la estadística [2] y de la investigación de operaciones [3], [4].

Sin embargo, existe una creciente brecha entre la realidad de las empresas y los avances logrados en la investigación. Mientras que el ambiente en el cual los empresarios deben tomar decisiones es complejo [5], los desarrollos investigativos parten de supuestos reduccionistas en búsqueda de soluciones plausibles al problema. Esta brecha ha sido recientemente reseñada en [6] en donde, con evidencia macroeconómica, se demuestra que el avance en la investigación no ha sido la principal fuente de mejoras en la gestión real de inventarios. Del mismo modo, en [7] se indica que a pesar del desarrollo teórico, los modelos desarrollados son poco prácticos y no existe un panorama claro de cuáles son realmente las metodologías que deben utilizarse.

En este contexto, es necesario identificar cómo la industria gestiona su inventario (es decir el ciclo de diseño, ejecución, control y evaluación del sistema) y cuáles son las necesidades y oportunidades de mejoramiento, de modo que se pueda disminuir la brecha existente. El objetivo de este trabajo es construir un diagnóstico de gestión para evidenciar las metodologías utilizadas por la mediana industria regional para la toma de decisiones al respecto de: (1) la planeación de la demanda de producto terminado, (2) la gestión del inventario de producto terminado, (3) el control de inventario de producto en proceso, (4) la gestión de inventario de materias primas y (5) la implementación de plataformas de software para el apoyo a las decisiones.

En la sección dos se presenta la metodología mediante la cual se construyó el diagnóstico de

gestión. La sección tres ilustra el análisis y la discusión de los resultados obtenidos. En la sección cuatro se presentan las conclusiones del estudio.

Metodología

Identificación de la industria regional

Para determinar la población de la mediana industria regional se analizó el registro de las empresas inscritas en la Cámara de Comercio de Medellín y en la Cámara de Comercio de Aburrá – Sur. De acuerdo con la Ley 905 de 2004, son medianas empresas aquellas que emplean entre 51 y 200 trabajadores o cuyos activos totales se encuentran en el rango de 5.001 a 30.000 salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV).

Dado que se buscó indagar por los métodos para gestionar inventarios de productos terminados, producto en proceso y materias primas, fue necesario seleccionar de la población las empresas cuya actividad económica involucrara la producción y distribución de bienes. Del mismo modo, se seleccionaron las empresas de los siguientes sectores: (1) alimentos para el ser humano, (2) fármacos, (3) plásticos, (4) textiles.

Se obtuvieron de este modo poblaciones de 108 y 103 empresas de las cámaras de comercio de Medellín y de Aburrá Sur, respectivamente, para un total de 211 registros. Se contactó a totalidad de la población en un ciclo de llamadas telefónicas y envío de información durante el periodo mayo-septiembre de 2007. En las empresas fue necesario contactar al personal encargado de los inventarios de materias primas, producto en proceso y producto terminado. El ciclo de contacto, desde la invitación inicial hasta la definición de la cita duró, en promedio, dos meses con cada empresa.

Recolección de la información

Para construir el diagnóstico se diseñó una encuesta estándar que permitiera identificar las metodologías utilizadas para la toma de decisiones al respecto de los tres tipos de inventario. Uno

de los principales objetivos de la encuesta fue el de validar la hipótesis del desbalanceo de inventarios debido a los factores que inducen variabilidad al sistema. De este modo, en el diseño de la encuesta se consideraron los aspectos conceptuales de la gestión de inventarios y se hizo una lluvia de ideas con base en la revisión bibliográfica realizada [8, 9, 10, 11]. En el diseño de la encuesta se tuvieron en cuenta estudios anteriores relativos a la gestión logística de centros de distribución [12] y el diseño de rutas en el sistema de transporte [13].

En la encuesta se incluyeron preguntas que indagaran por la generalidad de la empresa y del sistema de inventarios; se consultaron los síntomas identificados por los empresarios en el problema de gestión y los aspectos metodológicos mediante los cuales se toman las decisiones de cada tipo de inventario. Se identificaron los aspectos que inducen variabilidad al sistema y los registros que se llevan de ellos. Se indagó también por las posibles mejoras, por la medición del impacto financiero de los inventarios y por el perfil del personal que toma las decisiones. La identificación de factores clave en la implementación de herramientas informáticas para apoyar el proceso de toma de decisiones, y su utilidad, también fue incluida en la encuesta.

De este modo, la encuesta se dividió en las siguientes secciones: (1) Caracterización de la empresa, (2) Gestión de la demanda, (3) Gestión de inventarios de producto terminado, (4) Control de inventarios de producto en proceso, (5) Gestión de inventarios de materias primas, (6) Plataforma de software.

Para aplicar la encuesta, se visitaron las instalaciones de las empresas que accedieron participar en el estudio y se realizaron las entrevistas necesarias con el personal responsable de los tres tipos de inventario.

Análisis y discusión de los resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en la construcción del diagnóstico. Pri-

mero se hace una caracterización de las empresas que participaron, indicando el análisis de las preguntas que se hicieron en común en las siete secciones de la encuesta, y en los tres tipos de inventario. Estas preguntas incluyen: (1) niveles de inventario, (2) registros del sistema, (3) metodología para la toma de decisiones, (4) estimación del impacto financiero, (5) perfil del equipo de trabajo y (6) oportunidades de mejoramiento. Seguidamente se discuten los resultados particulares obtenidos en cada sección de la encuesta.

Caracterización de las empresas que participaron en el estudio

De las 211 empresas contactadas para la realización del diagnóstico participaron 44, distribuidas como se ilustra en la siguiente tabla:

Tabla 1 Distribución de la población y de la muestra de empresas del estudio

Sector	Población: empresas registradas	Muestra: empresas que participaron
Alimentos	44	9
Fármacos	10	4
Plásticos	24	6
Textiles	133	25
Totales	211	44

En total, se obtuvo una participación del 21% de la población, siendo el sector de fármacos el de la población más pequeña y el de mayor proporción de participación. El 57% de la muestra corresponde al sector de textiles, teniendo en cuenta que este sector corresponde al 63% de la población de las medianas empresas registradas en las cámaras de comercio regionales.

La edad promedio de las empresas es de 24 años constituyendo un grupo industrial joven, cuya estructura de la cadena de suministro está constituida para toda la muestra, con excepción de dos empresas de alimentos y una de textiles, por una

planta productiva propia, localizada en el Valle de Aburrá. El 92% de la muestra de textiles cuenta con una planta de manufactura y dos bodegas, una de materia prima y otra de producto terminado. Al igual que las empresas de textiles, las del sector de fármacos manejan una alta proporción de su producción por maquila.

En cuanto a la distribución de producto terminado, las empresas del sector de alimentos atienden el mercado nacional mediante puntos de venta en todo el país, mientras que las de fármacos distribuyen a través de almacenes de cadena, al igual que las de plásticos, con excepción de una de ellas que tiene venta en Estados Unidos. Los canales de distribución del sector de textiles son diversos; algunas empresas cuentan con sus propios puntos de venta; otras venden a través de almacenes de cadena y el 52% de la muestra exporta sus productos, siendo los destinos internacionales más frecuentes Estados Unidos, Venezuela, Ecuador, Costa Rica, México y Puerto Rico.

Al respecto de la estructura de suministro de materias primas y componentes, se evidenció la complejidad de la gestión de dicho tipo de inventario, pues se encontraron empresas que manejan alrededor de 2.000 referencias de materias primas, y un promedio de 120 proveedores en Colombia y en el exterior. Siete empresas del sector de alimentos manifestaron que la mayoría de sus proveedores se encuentran en Bogotá, Cali y Medellín, mientras que una de ellas indicó que el 70% de sus 120 proveedores son extranjeros. Los sectores de fármacos, plásticos y textiles adquieren, en promedio, el 30% de sus materias primas con proveedores internacionales, comentando que los tiempos de suministro son estables, lo que facilita la planeación de las compras y la producción.

Inicialmente, diecisiete empresas de diferentes sectores manifestaron que en sus sistemas de inventarios se presentan excesos y/o faltantes. Algunas empresas del sector textil argumentaron manejar sistemas de producción bajo pedido, minimizando así el manejo de inventario de producto terminado. Sin embargo, para dar respuesta a la

demandas de los pedidos, es necesario contar con inventario de materias primas y componentes, y es allí donde usualmente se presenta el desbalanceo de inventarios. Empresas de los sectores de alimentos y de fármacos comentaron que debido a la estacionalidad que presenta la demanda de varias de sus líneas de productos, se incurre en faltantes de producto terminado, no pudiendo satisfacer la demanda. La hipótesis del problema del desbalanceo de inventarios se corroboró más adelante en la encuesta, cuantificando las proporciones de excesos y faltantes de inventario, y el registro y seguimiento de ventas perdidas.

Niveles de inventario

Al indagar por los niveles de inventario de producto terminado, todos los sectores afirmaron tener insuficiencias para atender la demanda. Para responder este cuestionamiento, las empresas podían seleccionar más de una alternativa, por lo que por ejemplo, el 89% de las empresas de alimentos manifestó tener niveles de inventario de producto terminado suficiente para algunas referencias, pero al mismo tiempo, el 67% de las empresas de dicho sector tiene niveles de inventario insuficiente para otras referencias. La figura 1 ilustra los resultados obtenidos.

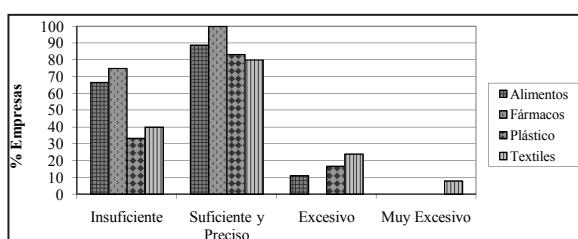


Figura 1 Niveles de inventario de producto terminado por sector

La hipótesis de desbalanceo de inventarios también se comprobó en la gestión de producto en proceso y de materias primas. En producto en proceso, el 33%, 50%, 33% y 28% de los sectores de alimentos, fármacos, plástico y textiles, respectivamente, manifestaron tener niveles de inventarios insuficientes, mientras que sólo el

16% de las empresas del sector textil indicó tener niveles excesivos. En materias primas, el 5% de la muestra, correspondiente a empresas de textiles, comentó tener niveles de inventario muy insuficientes y/o muy excesivos; además, el 67% de las empresas de alimentos y 25% del sector de fármacos, consideran que el nivel de este tipo de inventario es insuficiente, y el 44% del sector textil considera que es excesivo. La figura 2 ilustra estos resultados.

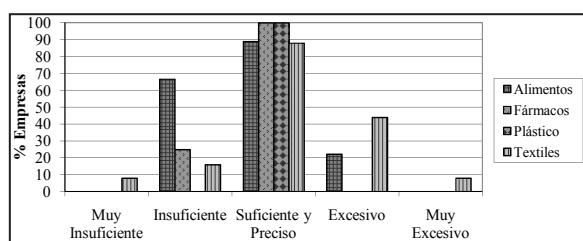


Figura 2 Niveles de inventario de materias primas por sector

Los resultados permiten corroborar que a medida que se avanza desde los clientes finales hacia los proveedores de materias primas, la complejidad de gestionar los inventarios se incrementa; esto se debe al conocido efecto *Bullwhip*, el cual explica que sin importar qué tan estable sea la demanda de productos terminados, la demanda de materias primas y componentes será errática, incrementando los índices de variabilidad de los requerimientos de materias primas.

Registros del sistema de inventarios

La gestión de cualquier sistema de inventarios requiere del registro ordenado de los factores clave en la toma de decisiones, dado que dichos datos son los parámetros de entrada para el análisis del sistema y la definición de políticas de control. En el estudio se indagó por el registro de parámetros en la gestión de la demanda, de los productos terminados, del producto en proceso y de las materias primas. En cada sector se evaluó si el registro se lleva, la frecuencia con que se hace y el formato del registro. La tabla 2

ilustra los resultados obtenidos por tipo de inventario y por sector.

La carencia en registros más preocupante es la de ventas perdidas. Este hecho es delicado pues esta métrica deja de asociarse con el nivel de servicio que ofrecen las empresas, y por tanto no se tiene en cuenta la demanda no servida para planear la demanda y los niveles de inventario de producto terminado y materia prima que deben mantenerse. Adicionalmente, esta carencia hace que se genere un ruido en los excesos y faltantes de inventario, pues no se tienen registros para evidenciar que en realidad no hubo, por ejemplo, déficit de inventario en un periodo de tiempo.

Metodologías para la toma de decisiones

Al respecto de las metodologías utilizadas se evidenció que la mayor proporción de las empresas basa sus decisiones en la experiencia y en modelos de gestión ayudados por técnicas cualitativas. Para definir las cantidades y las frecuencias de revisión y de ordenamiento de producto terminado, sólo un 17% de las empresas del sector de plásticos y un 8% del sector textil afirmaron utilizar métodos cuantitativos. De manera proporcional, el sector de plásticos es el que más se apoya en software para tomar dichas decisiones con un 33%, mientras que del sector de fármacos el 75% de la muestra afirmó utilizar modelos de gestión. La figura 3 ilustra estos resultados.

Para el control de inventario de producto en proceso las empresas se basan en la experiencia, en modelos de gestión y en software. Lo que se encontró es que el control de este tipo de inventario obedece más a un conteo de existencias y a un seguimiento de los ítems a lo largo del sistema productivo. En la definición de las políticas de inventario de materias primas, se encontró que un 84% de las empresas asocia las políticas de producto terminado con las de control de materias primas. La distribución del uso de metodologías para este tipo de inventarios es muy similar a las utilizadas para producto terminado y producto en proceso, con una mayor proporción del uso de la experiencia.

Tabla 2 Registros por sector de los parámetros en el sistema de inventarios^[a]

		<i>Demanda</i>		<i>Producto terminado^[d]</i>		<i>Producto en proceso</i>		<i>Materias primas</i>	
<i>Sector y registro</i>		<i>Ventas</i>	<i>Ventas Perdidas</i>	<i>Nivel inventario</i>	<i>Lead Time</i>	<i>Nivel inventario</i>	<i>Lead Time</i>	<i>Nivel inventario</i>	<i>Lead Time</i>
Alimentos	Si lleva	96	48	84	52	67	55	100	52
	Frecuencia ^[b]	D	58	0	58	77	33	100	64
		S	4	17	5	8	17	-	8
		M	38	83	38	15	50	-	38
	Formato ^[c]	F	16	16	29	8	50	60	8
		E	67	67	52	77	50	40	84
		A	17	17	19	15	-	-	12
	Si lleva	100	75	100	50	25	75	100	50
	Frecuencia	D	75	67	50	50	-	67	50
Fármacos		S	0	0	25	50	-	33	0
		M	25	33	25	0	100	-	25
	Formato	F	0	0	25	0	-	33	0
		E	75	67	50	100	100	33	50
		A	25	33	25	0	-	33	0
	Si lleva	100	83	100	50	83	83	100	83
	Frecuencia	D	83	0	50	67	80	60	50
		S	0	20	33	0	-	40	0
		M	17	80	17	33	20	-	50
Plásticos	Formato	F	33	20	67	33	60	40	50
		E	67	80	33	67	40	60	50
		A	0	0	0	0	-	-	0
	Si lleva	100	44	89	33	96	52	89	56
	Frecuencia	D	67	25	38	67	42	100	50
		S	0	0	0	0	12	-	20
		M	33	75	62	33	46	-	60
	Formato	F	11	0	25	0	33	46	37.5
		E	78	75	63	67	63	54	37.5
		A	11	25	12	33	4	-	20

[a] Todos los datos corresponden al porcentaje de empresas relativo a su sector

[b] Nomenclatura de la frecuencia del registro: D = diario, S = semanal, M = mensual

[c] Nomenclatura del formato del registro: F = físico, E = electrónico, A = automatizado

[d] *Lead Time* se refiere al tiempo de suministro.

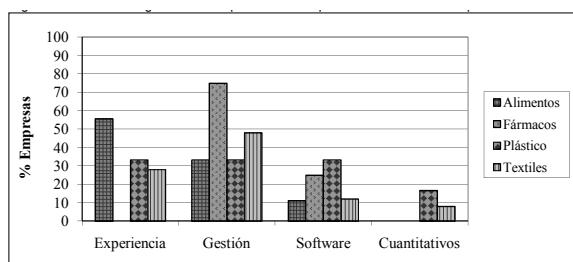


Figura 3 Metodologías utilizadas por la industria para tomar decisiones de producto terminado

Para definir las políticas de control de producto terminado, se encontró que el 61% de las empresas incorpora la variabilidad de la demanda y de los tiempos de suministro. Para esto, las empresas se basan en una mayor proporción, en sus registros históricos, y en la experiencia de los pedidos de los clientes, mientras que el 36% de la muestra utiliza métodos estadísticos de pronósticos para la estimación. En el control de las materias primas, el 70% de las empresas incorpora la variabilidad de la demanda de los productos terminados, el 61% tiene en cuenta la variabilidad de los requerimientos de las materias primas, y un 66% incorpora la variabilidad de los tiempos de suministro de los proveedores.

Estimación del impacto financiero de los inventarios

Otro aspecto que se evaluó de manera general para todos los tipos de inventario, fue la estimación del impacto financiero que genera el sistema sobre los costos operativos totales de las empresas. Para esto, se pidió a las empresas que indicaran el rango porcentual en el cual se encuentra el impacto de cada tipo de inventario sobre los costos totales. La figura 4 ilustra de manera integral los cuatro factores evaluados de manera simultánea, es decir, la proporción de empresas de cada sector que define el rango proporcional del costo, de cada tipo de inventario.

Como ilustra la figura, por ejemplo, el 60% de las empresas de alimentos, considera que las materias

primas constituyen del 0% al 20% de los costos totales de la empresa. A excepción del impacto financiero de las materias primas en el sector de fármacos, entre el 30% y el 80% de las empresas de los cuatro sectores, manifestaron que el costo de sus tres tipos de inventarios se encuentra en el rango del 0% al 20% de los costos totales de la empresa. Resulta además interesante que el 50% de las empresas del sector de fármacos considera que el impacto financiero de las materias primas está entre el 81% y el 100% de los costos totales, y que para el inventario del producto en proceso, el 33% de las empresas de este sector considera que el impacto está dentro del rango más alto de costos.

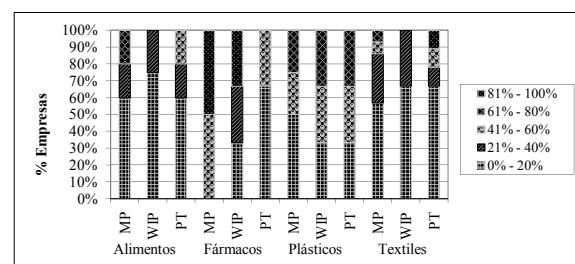


Figura 4 Estimación del impacto financiero de los inventarios sobre los costos totales

En el impacto financiero del producto en proceso, el 75% del sector de alimentos indicó un impacto está entre el 0% y el 20% de los costos totales, mientras que en el sector de plásticos se encontró una distribución homogénea de del impacto, con rangos del impacto de 0%-20%, 41%-60% y 61%-80%.

La estimación del impacto financiero del inventario del producto terminado indica que el sector de plásticos es el que, proporcionalmente, tiene un costo más alto al respecto de los costos totales de la empresa. Sigue el sector de fármacos, en el cual el 33% de las empresas manifestó que el impacto de este tipo de inventario está entre el 41%-60%. El sector con el menor impacto financiero de producto terminado es el de alimentos en el cual el 60% de las empresas indicó que el impacto está entre el 0% y el 20% de los costos totales de la empresa.

Perfil del equipo de trabajo de la gestión de inventarios

Un 24% de las empresas cuenta con personal formado en ingeniería para planear y estimar la demanda; en la gestión de producto terminado un 14% de la muestra comentó tener personal con este perfil para la toma de decisiones, mientras que en producto en proceso y materias primas, la formación de ingeniería se encuentra en el perfil del 11% y 18% de las empresas, respectivamente. Alrededor del 52% de la muestra indicó tener

personal con formación universitaria para tomar decisiones en el sistema; la mayor proporción de personal con esta formación toma decisiones al respecto de la demanda de producto terminado, mientras que el módulo con menor número de universitarios es el de la gestión de producto en proceso, con un 34% y en el cual el 25% de las empresas cuenta con personal bachiller. La tabla 3 ilustra las proporciones relativas a cada sector, del número de empresas que cuentan con personal con un perfil determinado, para tomar decisiones al respecto de cada tipo de inventario.

Tabla 3 Caracterización por sector del perfil educativo de los equipos de trabajo para la toma de decisiones del sistema de inventarios^[a]

Perfil	Módulo de Gestión y Sector ^[b]															
	Demanda				Pdcto. Terminado				Pdcto. en Proceso				Materias Primas			
	A	F	P	T	A	F	P	T	A	F	P	T	A	F	P	T
Primaria	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	4
Bachiller	-	-	75	14	-	-	50	48	50	-	50	24	38	25	67	48
Técnico	40	25	50	24	17	33	67	29	-	-	50	40	25	25	67	52
Pregrado	100	100	50	81	100	100	33	57	50	100	17	40	63	75	17	56

[a] Todos los datos corresponden al porcentaje de empresas relativo a su sector

[b] Nomenclatura del sector: A = alimentos, F = fármacos, P = plásticos y T = textiles.

Oportunidades de mejoramiento

Las empresas encuestadas reconocieron que existen oportunidades de mejoramiento en cada módulo de gestión de los inventarios. El 80% de las empresas indicó que la gestión de la demanda de productos terminados puede mejorarse mediante la implementación de pronósticos, el uso o desarrollo de software y servicios de consultoría. Por su parte, el 68% de las empresas manifestó que el control de productos terminados puede mejorarse mediante la implementación de políticas de gestión y el uso o desarrollo de software para sistematizar dichas políticas. Varias empresas indicaron además, que mejoras integradas en los departamentos de ventas, producción, almacenamiento y compras, así como una mejor integración de la cadena de suministro para compartir

información, pueden ser estrategias efectivas para lograr mejores desempeños del sistema.

En cuanto al control de producto en proceso el 89% de la muestra indicó que existen oportunidades de mejoramiento en los modelos de gestión y mediante la implementación de políticas de control. El 93% de las empresas manifestó que el control de las materias primas puede mejorarse; algunas empresas sugirieron que las explosiones de materiales sean automatizadas, y que se trabaje de manera conjunta con los proveedores para que los tiempos de suministro sean más estables y las calidades de los ítems se mantengan homogéneas. Finalmente, el 90% de las empresas considera que la gestión de inventarios en las cadenas de suministro puede mejorarse; un 45% de las empresas indicó que el mejoramiento pue-

de ser mediante una implementación de políticas de control y un 36% piensa que se puede lograr mediante el desarrollo o implementación de software.

A continuación se hace una descripción de los resultados específicos obtenidos para cada módulo de gestión de inventarios.

Gestión de la demanda

Para predecir en el largo plazo el nivel de la demanda de productos terminados, se encontró que un 75% de la muestra considera algunas variables macroeconómicas como el Producto Interno Bruto (PIB), las cifras de crecimiento del sector respectivo, y el comportamiento de la tasa de cambio frente al dólar. La naturaleza del sistema productivo es también un factor que el 82% de la muestra tiene en cuenta para dicha predicción. El 16% de las empresas afirmó tener un sistema de producción contra inventario; un 64% produce contra pedido, y un 14% combina estos dos sistemas de producción. Dos empresas del sector de textiles y una de fármacos, afirmaron producir de manera combinada con sistemas de ensamble bajo pedido.

Para la estimación de la demanda, se encontró que el criterio más común es basarse en la experiencia, combinando ésta ocasionalmente con el uso de pronósticos estadísticos. Los métodos de pronósticos más comunes son de tipo cualitativo y el análisis de series de tiempo; se encontró además que el 56% de las empresas considera que el nivel de inversión en los sistemas de estimación es mediano, relativo al costo del sistema de inventarios. El 81% de la muestra realiza pronósticos diferenciados por tipo de producto, y el 75% considera que los resultados del sistema de pronósticos son confiables.

Un 17% del sector de plásticos, y un 12% del sector textil, afirmó utilizar el plan agregado de producción para estimar la demanda. Por otro lado, el 11% de la muestra, constituido por empresas de los sectores de fármacos, plásticos y textiles, afirmó utilizar software para estas estimaciones,

siendo los paquetes más comunes *Ofimática ATLAS* y *Sistemas UNO*.

Las empresas que han implementado software se han basado en las recomendaciones de empresas del sector, y en la comparación de los paquetes informáticos disponibles en el medio para la selección del sistema. Sin embargo, ninguna de las empresas que utiliza estos sistemas tiene conocimiento de los métodos estadísticos que prueba internamente el software para estimar la demanda; se desconocen además los criterios de optimidad para seleccionar los métodos, así como del uso de señales de rastreo para hacer seguimiento a la precisión de los pronósticos. La figura 5 ilustra la proporción de empresas, por sector, que utilizan las diferentes metodologías de estimación.

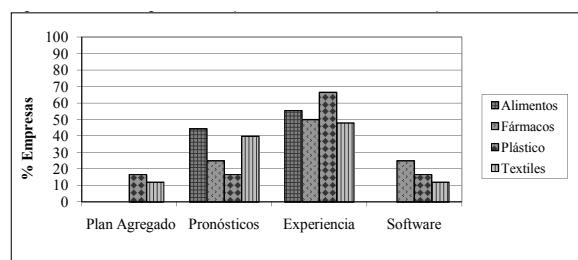


Figura 5 Metodologías utilizadas para la estimación de demanda de producto terminado

Gestión de inventarios de producto terminado

El objetivo de mantener inventario de producto terminado difiere de acuerdo al sistema productivo de la empresa y al sector. El 73% de la muestra, en su mayoría empresas del sector de textiles, mantiene este tipo de inventario para conservar el nivel de servicio al cliente; el 16% de la muestra lo hace debido a la brecha entre la demanda y la capacidad instalada, mientras que un 14% mantiene inventario debido a las fluctuaciones de la demanda.

El 15% de las empresas que realizan la revisión de inventario de producto terminado, lo hacen de forma continua, mientras que un 85% lo hace de

manera periódica. Para estas decisiones, un 75% de todas las empresas hace una clasificación funcional de los inventarios, siendo las categorías más frecuentes el inventario de seguridad, y el inventario a la mano. Sólo un 18% de las empresas considera el nivel de inventario efectivo, y un 33% tiene en cuenta el inventario en tránsito, y el inventario neto.

En el estudio se indagó también por el uso de nuevas tendencias de gestión de productos terminados, incluyendo VMI (*vendor managed inventory*), CPFR (*collaborative planning, forecasting and replenishment*), CIM (*collaborative inventory management*), APF (*advance planning and forecasting*), DRP (*distribution requirements planning*) y JIT (*just in time*). Un 32% de la muestra, conoce y aplica alguna de estas metodologías, lo cual evidencia la oportunidad de implementar técnicas de gestión que desde la investigación apoyen el proceso de toma de decisiones.

Control de inventarios de producto en proceso

En esta sección se indagó por la relación entre la gestión de los inventarios de producto terminado y materias primas, con el control del producto en proceso. Habiendo definido los modelos de producción que emplean las empresas, un 73% de ellas tiene en cuenta dicho modelo para controlar el inventario de producto en proceso, lo cual evidencia una oportunidad de mejoramiento para controlar de manera más integrada este tipo de inventario.

De las 36 empresas que diferencian el inventario de producto en proceso de otros tipos de inventario, 15 lo hacen de manera manual, y 21 de modo electrónico. El 93% de las empresas hace una revisión de los niveles de este tipo de inventario, pues dos empresas de alimentos y una de plástico no consideran necesario este tipo de control. Para revisar dichos niveles el 11% lo hace de manera continua, mientras que el 82% lo hace periódicamente. En la revisión periódica, la frecuencia más común es la mensual, seguido por la frecuencia semanal.

El 82% de la muestra hace una identificación física del producto en proceso; de esta proporción,

el 58% hace la identificación manual y el 42% lo hace de manera electrónica. Del mismo modo, se indagó por la metodología de asignación del costo asociado a este tipo de inventario a las diferentes unidades de negocio; el 59% de la muestra indicó realizar esta asignación, siendo la mayor proporción de empresas del sector de textiles, seguido por los sectores de plásticos y alimentos. La metodología más común para asignar el costo es hacer descargas del sistema de información contable, dependiendo de la localización física y de la etapa en el proceso productivo en el cual se encuentre el inventario.

Otro aspecto importante en el seguimiento al producto en proceso, es la diferenciación de los inventarios de acuerdo con los pedidos de los clientes. El 83% de las empresas del sector de plástico hace esta diferenciación, mientras que en los sectores de textiles, fármacos y alimentos, lo hace un 64%, 50% y 44% respectivamente.

Gestión de inventarios de materias primas

El 75% de las empresas mantiene inventario de materias primas para responder a las necesidades del sistema productivo y un 20% lo hace para lograr economías de escala. Cuatro empresas del sector de textiles, las cuales fabrican contra pedido, afirmaron que es necesario mantener materias primas para darle un buen nivel de servicio al cliente. Por otro lado, una empresa del sector de alimentos y una empresa de fármacos, comentaron que es necesario mantener este material, debido a que éste se importa de otros países y los tiempos de suministro pueden ser de más de tres semanas, periodo en el cual puede desabastecerse el sistema y parar la producción.

Para definir las políticas de control de materias primas, el 52% de la muestra utiliza modelos de gestión basados en la experiencia, lo que evidencia la oportunidad de incorporar metodologías cuantitativas para mejorar la eficiencia del sistema. Se encontró además que un 60% de las empresas asocia las políticas de control de producto terminado con las de materias primas mediante el

uso de metodologías como BOM (*Bill of Materials*), MRP (*Material Requirements Planning*), Pronósticos, EOQ (*Economic Order Quantity*), TOC (*Theory of Constraints*), métodos heurísticos, o el uso de software especializado.

Adicionalmente, el 70%, 61% y 66% de la muestra, incorpora la variabilidad de la demanda de productos terminados, de los requerimientos de materias primas y de los tiempos de suministro de los proveedores, respectivamente. Sin embargo, al indagar por el método de dicha inclusión, la totalidad de las empresas comenta hacerlo basado en métodos cualitativos, de los cuales la experiencia es el más común.

Se indagó también si las empresas cuentan con un sistema de gestión de proveedores que permita identificarlos, seleccionarlos y evaluarlos. Respectivamente, el 70%, 66% y 73% de la muestra cuentan con un sistema que permita realizar cada una de las funciones indicadas. Finalmente, se consultó si para la gestión de materias primas las empresas utilizan alguna de las nuevas tendencias identificadas anteriormente. Sólo tres empresas del sector de textiles comentaron utilizar CIM y una del mismo sector usa APF; dos empresas de alimentos, dos de fármacos, una de plásticos y dos textiles han implementado un sistema JIT.

Plataforma de software

El uso de software es una estrategia común para gestionar la complejidad de la dinámica del sistema de inventarios. La principal motivación de las empresas para implementar una herramienta de software es la búsqueda en un mejoramiento de la gestión, con un 57% de la muestra; un 48% lo hace por la necesidad de sistematizar las operaciones, un 32% lo hace por la complejidad del sistema y un 30% para reducir costos. Entre otras motivaciones, las empresas manifiestan la necesidad de tener registros integrados del estado de los inventarios, con el objetivo de tener información más confiable, especialmente para efectos contables.

La tabla 4 ilustra las proporciones de empresas que utilizan software en los diferentes módulos de gestión. Los paquetes más comunes para la gestión de la demanda son *Sistemas Uno*, *Atlas-Pro*, *FactoriNet*, *DecisionPro*, *PyG Sag* y módulos de *SAP*. Para producto terminado se usa *Ilimitada*, *PSL*, *Aplinsa*, *Encobol*, *AS2000*, *Ofimática*, *Mecosoft* y *Bussinet*, del mismo modo que *Sistemas Uno* y *AtlasPro*. Para el control de producto en proceso y materias primas, los paquetes más comunes son *Ilimitada*, *PSL*, *Macola*, *Aplinsa*, *Encobol* y módulos de *SAP*.

Tabla 4 Uso de software, por sector, para la gestión de inventarios ^[a]

Software en el módulo de gestión y Sector ^[b]															
Demanda				Producto Terminado				Producto en Proceso				Materias Primas			
A	F	P	T	A	F	P	T	A	F	P	T	A	F	P	T
44	50	33	28	100	100	67	88	67	75	67	84	89	75	67	92

[a] Todos los datos corresponden al porcentaje de empresas relativo a su sector

[b] Nomenclatura del sector: A = alimentos, F = fármacos, P = plásticos y T = textiles.

Pocas de las empresas que utilizan software han cuantificado o tienen evidencia del mejoramiento logrado gracias a la implementación de los paquetes. A pesar de que diez empresas comentaron haber logrado una reducción de los costos totales de los inventarios en la cadena de suministro, sólo

tres de ellas manifestaron haber reducido sus costos fijos de ordenamiento de producto terminado entre un 20% y un 40%. El costo de mantener producto terminado lo han reducido cinco empresas en un rango del 15% al 40% y tres empresas manifestaron haber reducido el costo de ventas

perdidas en un 15%, en promedio. El costo de mantener producto en proceso y materias primas ha sido reducido por las mismas tres empresas en un 10%, así como el costo de faltantes de materias primas, cuya reducción ha sido cuantificada en un 40%. Otros beneficios de la implementación de software identificados por las empresas, incluyen la disponibilidad de información más confiable en tiempo real, la elaboración más rápida de informes y la respuesta inmediata al cliente, en términos de información.

Las empresas comentaron que los factores clave para una implementación exitosa de software, al respecto del proveedor, incluyen un buen soporte y un conocimiento de las necesidades de la organización. Por parte de las empresas debe contarse con un compromiso desde la alta gerencia, realizarse la capacitación del personal, e ingresar información lo más confiable posible al sistema. Alrededor de un 10% de la muestra no se encuentra conforme con los resultados de la implementación, debido especialmente a que las operaciones de las empresas tuvieron que ser adaptadas al software y en pocas ocasiones el software se adaptó a dichas operaciones. Además, se ha identificado que problemas en la implementación como la resistencia organizacional al cambio, el bajo nivel educativo de los usuarios, y la dificultad para la recopilación y análisis de la información, han hecho que los resultados esperados del software no se hayan cumplido totalmente. Las figuras 6 y 7 ilustran el periodo de tiempo que le ha tomado a las empresas el proceso de implementación y los costos de dicho proceso.

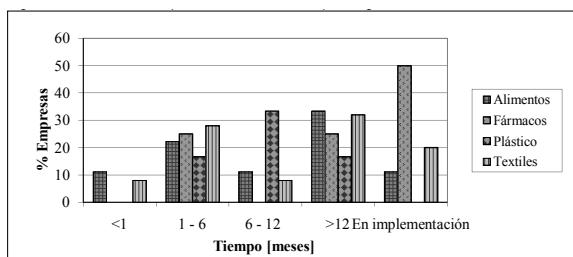


Figura 6 Período de implementación de software para la gestión de inventarios

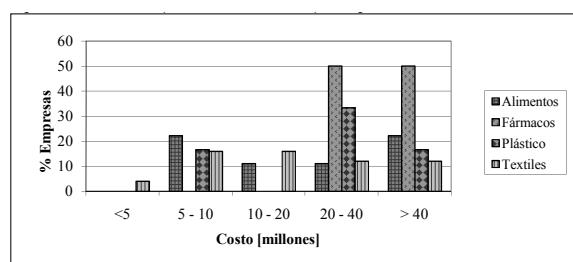


Figura 7 Costo de implementación de software para la gestión de inventarios

Finalmente, de las empresas que no utilizan software, un 8% comentó no hacerlo porque es muy costoso; un 5% no lo hace porque los paquetes disponibles actualmente no son útiles para la empresa, y un 5% porque desconoce la oferta. De estas empresas sólo un 13% están seguras de implementar software, para lo cual estarían dispuestas a pagar hasta diez millones de pesos.

Conclusiones

Para disminuir la brecha existente entre la investigación y la práctica de la gestión de inventarios, es necesario identificar cómo la industria regional toma las decisiones relativas al sistema de inventarios de producto terminado, producto en proceso y materias primas. En este artículo se ha presentado un diagnóstico en el cual se identifican las metodologías utilizadas por la mediana industria regional para tomar decisiones en el sistema en cuestión. Específicamente se puede concluir que:

- La mediana industria regional de los sectores de alimentos, fármacos, plásticos y textiles, tiene en promedio una antigüedad de 25 años, y su estructura está usualmente definida por una planta productiva y dos bodegas. Estos aspectos hacen que la gestión de los inventarios esté todavía en etapa de maduración, y que existan oportunidades de mejoramiento mediante la implementación de técnicas propias de la ingeniería industrial.
- Se evidenció que existe un desbalanceo en los inventarios de producto en proceso, pro-

- ducto terminado y materias primas. La insuficiencia de inventario se observa principalmente en producto terminado y en materias primas, en los sectores de alimentos y plásticos.
- Una alta proporción de la industria regional lleva los registros relativos al sistema de inventarios. Se evidenció sin embargo, una carencia en los registros de ventas perdidas, y en promedio un 50% de la muestra lleva los registros de los tiempos de suministro entre los nodos de la cadena de abastecimiento.
 - Al respecto de las metodologías utilizadas se evidenció que la mayor proporción de las empresas basa sus decisiones en la experiencia y en modelos de gestión ayudados por técnicas cualitativas. Pocas empresas hacen uso de metodologías propias de la ingeniería, y las empresas que apoyan sus decisiones en el uso de software desconocen los procedimientos de las herramientas informáticas.
 - La estimación del impacto financiero indica que la mayor proporción de las empresas considera que los inventarios representan de un 0% a un 20% de los costos totales. En el sector de alimentos el mayor costo se atribuye a las materias primas al igual que en el sector de fármacos; en los sectores de plásticos y textiles el inventario de producto terminado es el más costoso.
 - El perfil del personal que toma decisiones del sistema de inventarios es en su mayoría universitario, y un 24% de las empresas cuenta con personal formado en ingeniería para tal tarea. La mayor proporción de personal con formación de primaria y bachillerato se encuentra en el control de materias primas y producto en proceso.
 - Para planear la demanda de productos terminados, las empresas basan sus decisiones en la experiencia, y en contados casos, se hace uso de pronósticos mediante métodos cualitativos.
 - De igual modo, para gestionar el inventario de producto terminado, los modelos de gestión basados en la experiencia son los métodos más comunes en el diseño de políticas de control.
 - Para el control de materias primas se evidencia la oportunidad de integrar las decisiones de producto terminado y la naturaleza del sistema productivo, de modo que se logre minimizar el comprobado efecto *Bullwhip*.
 - El uso de software ha sido una estrategia común para gestionar la complejidad de la dinámica del sistema de inventarios. Sin embargo, pocas empresas han cuantificado o tienen una evidencia del mejoramiento logrado gracias a dichas implementaciones.

Agradecimientos

Las autoras desean expresar sus agradecimientos a cada una de las empresas que participaron en el estudio y colaboraron activamente en la formulación de la encuesta, su aplicación y validación. Este trabajo se ha realizado gracias al co-financiamiento de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Antioquia, y del Departamento de Ingeniería Industrial de dicha universidad.

Referencias

1. X. Yajiong, H. Liang, W. R. Boulton, C. A. Snyder. "ERP Implementation failures in China: Case studies with implication for ERP vendors". *International Journal of Production Economics*. Vol. 97. 2005. pp. 279-295.
2. H. Girlich, A. Chikan. "The Origins of Dynamic Inventory Modeling under Uncertainty: The men, their work and the connection with the Stanford Studies". *International Journal of Production Economics*. Vol. 71. 2001. pp. 351-363.
3. S. C. Graves, A. H. G. Rinnooy Kan, P. H. Zipkin. "Handbooks in Operations Research and Management Science". *Logistics of Production and Inventory*. Elsevier Science Publishers. North Holland. The Netherlands. Vol. 4. 1993. pp. 3-50.
4. A. E. Silver, D. F. Pyke, R. Peterson. *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. 3^a ed. John Wiley & Sons. New York. 1998. pp. 74-130

5. S. Axsäter. *Inventory Control*. Kluwer Academic Publishers. Boston. 2000. pp. 2-5.
6. V. Tiwari, S. Gavirneni. "ASP, The Art and Science of Practice: Recoupling Inventory Control Research and Practice: Guidelines for Achieving Synergy". *Interfaces*. Vol. 37. 2007. pp. 176-186.
7. H. M. Wagner. "And then there were none". *Operations Research*. Vol. 50. 2002. pp. 217-226.
8. C. J. Vidal, J. C. Londoño. F. Contreras. "Aplicación de los Modelos de Inventarios en una Cadena de Abastecimiento de Productos de Consumo Masivo con una Bodega y N Puntos de Venta". *Ingeniería y Competitividad*. Vol. 6. 2004. pp.35-52.
9. J. Song, D. D. Yao. "Performance Analysis and Optimization of Assemble-To-Order Systems with Random Lead Times". *Operations Research*. Vol. 50. 2002. pp. 889-903.
10. A. M. Sarmiento, R. Nagi. "A review of integrated analysis of production-distribution systems". *IIE Transactions*. Vol. 31. 1999. pp. 1061-1074.
11. R. Kapuscinski, R. Q. Zhang, P. Carboneau, R. Moore, B. Reeves. "Inventory Decisions in Dell's Supply Chain". *Interfaces*. Vol. 34. 2004. pp. 191-205
12. V. Gutiérrez. "Panorama General de Operaciones en Centros de Distribución Regionales". *Revista Heurística*. Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística. Universidad del Valle. Vol. 12. 2005. pp. 18-31.
13. A. F. Correa, H. M. Gómez, J. F. Loaiza, D. C. Lopera, J. G. Villegas. "Diseño de rutas de distribución de alimentos en el Valle de Aburrá". *Reporte de Investigación*. Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia. 2007. <http://industrial.udea.edu.co/jgvillegas/LinksPresentacion/estudio%20del%20medio%20reporte%20final%2020070730.pdf>. Consultada el 25 de octubre de 2007.