

Sistema experto de mejora de la gestión de inventarios soportado en métodos de previsión de demanda: Estudio de caso

Ander Errasti¹, Claudia Chackelson¹, Javier Santos¹

¹Departamento de Organización Industrial. Escuela de Ingenieros. TECNUN. Universidad de Navarra. Paseo de Manuel Lardizabal, N°13 20.018 Donostia - San Sebastián. aerrasti@ceit.es, cchackelson@tecnun.es, jsantos@tecnun.es

Resumen

La previsión de la demanda es un factor clave en sistemas que gestionan sus productos contra almacén para lograr un adecuado nivel de servicio equilibrando el stock. El presente trabajo describe el desarrollo de una herramienta que, basada en una clasificación de referencias ABX/XYZ y pronósticos de series temporales, sugiere diferentes políticas de aprovisionamiento para asistir al planificador. Se ha empleado una metodología de investigación basada en una variante de estudios de caso (Experimentación Activa), realizándose un piloto industrial para verificar la efectividad del sistema. Como resultado se han cuantificado mejoras en el stock y el nivel de servicio.

Palabras claves: Previsión de demanda, gestión de inventarios, contra almacén, estudio de caso.

1. Introducción

La información referente a la demanda y su exactitud son factores críticos para lograr bajos niveles de inventario de producto terminado, y proporcionar un mejor nivel de servicio al cliente (Buffa and Miller, 1979; Hax and Cadea, 1984; Silver et al, 1998). Por lo tanto, estos dos aspectos resultan esenciales para garantizar una reducción de costes en los sistemas de producción de productos gestionados contra almacén.

Es necesario analizar el comportamiento de la demanda para poder separar la componente aleatoria de componentes que siguen cierto patrón temporal, como son la tendencia o estacionalidad. Al conocer estos factores, es posible seleccionar métodos de previsión de demanda que logren un mejor ajuste a la evolución del consumo.

El presente trabajo describe el funcionamiento y la comprobación de un sistema experto que, utilizando series temporales como método cuantitativo de previsión la demanda, selecciona el pronóstico con menor error y propone una estrategia de reabastecimiento en función de esta previsión y una clasificación ABC/XYZ.

El artículo se estructura de la siguiente manera. En la primera sección se realiza un estado del arte de los conceptos empleados como sustento teórico del presente trabajo. La segunda sección presenta el objetivo del estudio, mientras que el tercer apartado detalla la metodología de investigación utilizada. Las secciones 4 y 5 describen el sistema experto y su implementación en una empresa del sector de distribución regional a minorista de bebidas ubicada en el País Vasco. Para finalizar, el capítulo 6 expone las conclusiones del análisis.

2. Estado del arte

2.1. Análisis ABC/XYZ

El análisis ABC/XYZ se utiliza como herramienta de control del inventario y para generar estrategias de aprovisionamiento. Según Rushton (2006), resulta útil desde el punto de vista logístico para mejorar al almacenamiento. Este análisis consiste en una clasificación de los artículos según las características del consumo de los mismos. Las referencias con demanda elevada se consideran artículos-A, mientras que los artículos-C son de bajo consumo. Los artículos cuyas ventas son regulares entran en el grupo X y aquellos que se consumen de manera irregular, son considerados Z (ver Figura 1). Para esta última subclasificación, en la mayoría de los casos se utiliza como criterio único la desviación estándar de los datos.

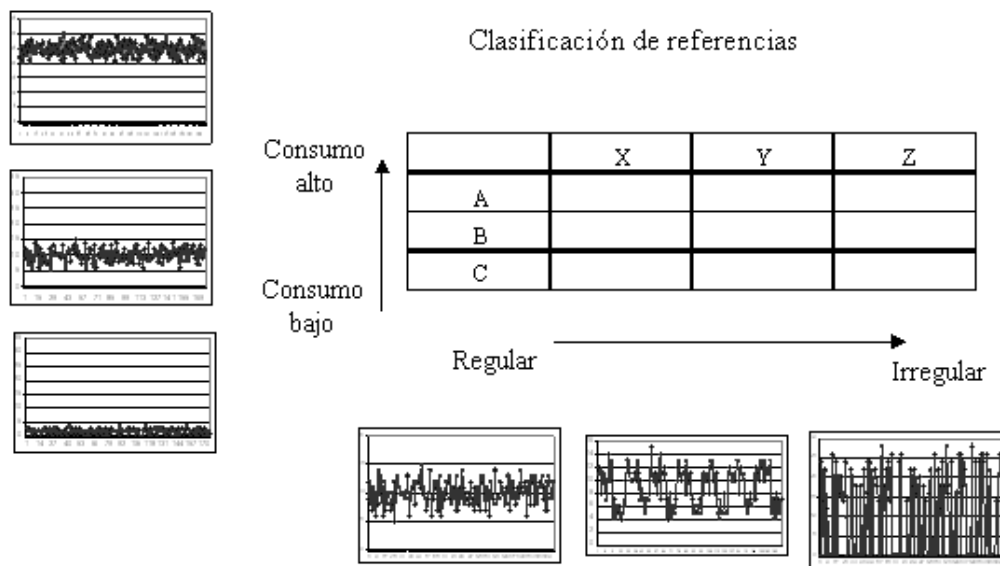


Figura1. Clasificación ABC/XYZ

2.2. Curvas Stock to Service

El nivel de stock y el nivel de servicio se encuentran fuertemente ligados. La curva Stock to Service STS es la que nos relaciona el valor medio de inmovilizado con el nivel de servicio de un artículo en el almacén. El método de Gauss simplificado relaciona el stock de seguridad con Z, la variable normal tipificada en función del nivel de servicio. El stock de seguridad se calcula con la Ecuación 1:

Ecuación 1

$$SS = Z * \text{var} * \sqrt{PE} \tag{1}$$

Donde var representa la desviación estándar de la demanda, PE es el plazo de entrega del proveedor y los valores de Z para cada nivel de servicio objetivo se obtienen de la tabla de distribución normal (probabilidad en la tabla).

Conocer la relación que existe entre el nivel de stock y el nivel de servicio (curva STS) es de gran importancia a la hora de gestionar de manera proactiva la cadena de suministro.

2.3. Previsión de demanda

Existen variados métodos, tanto cuantitativos como cualitativos, que ayudan a pronosticar la demanda (Makridakis, Wheelwright and Hyndman, 1998). Para seleccionar el método más adecuado, algunos autores proponen Árboles de Decisión (Armstrong, 2005) y otros (Blattberg and Hoch, 1990; Armstrong and Collopy, 1998) han demostrado que los métodos cualitativos integrados a los cuantitativos pueden mejorar el resultado del pronóstico.

A pesar de que no sea una práctica muy extendida en las organizaciones, Armstrong (2005) analizó que pronosticar la demanda extrapolando los datos históricos con series temporales es apropiado. Más aún, la demanda es una de las mayores fuentes de incertidumbre, y la selección del mejor método de previsión para cada referencia continúa siendo un problema complejo (Poler, 2009). Esto podría explicar porqué tan sólo un 2% de las 120 compañías entrevistadas en un Estudio Delphi sobre sistemas de previsión de la demanda (Errasti, 2009) utilizan software comercial para realizar sus pronósticos y previsiones de demanda.

Cabe destacar que, si bien existen métodos de previsión más completos, es necesario encontrar un equilibrio entre la complejidad del mismo y su bondad de ajuste. Puede darse que un modelo complejo con muy buenos ajustes produzca errores mayores que un modelo más sencillo y con un peor ajuste (Poler 2009).

Generalmente, las herramientas que proporcionan un decisor automatizado de métodos de previsión utilizan criterios relacionados con el cálculo del error. La medición de los errores cometidos en el pronóstico se realiza con variados objetivos, entre los cuales se destacan la comparación de diferentes modelos de previsión frente a una serie temporal y el seguimiento del ajuste de un método con el paso del tiempo (Poler 2009).

3. Objetivo

Desarrollar un sistema experto en la gestión de inventarios que, a partir de una política de servicio, defina una estrategia de aprovisionamiento basada en una clasificación ABC/XYZ y pronósticos de series temporales. Adicionalmente se pretende verificar su funcionamiento analizando las mejoras en el rendimiento logístico de un sistema de aprovisionamiento contra almacén.

4. Metodología

Con el propósito de desarrollar y seguidamente comprobar en la industria la propuesta de investigación detallada en los Objetivos, se ha seguido una metodología que ha constado de dos etapas:

- Construcción del prototipo del sistema experto.
- Comprobación de la teoría con la implantación en una empresa.

La primera fase puede considerarse como construcción de teoría, en la cual inicialmente se ha realizado una amplia revisión bibliográfica relacionada a la gestión de inventario y métodos de previsión de la demanda, para luego plantear una primera versión del sistema experto.

La segunda fase se sustenta en los principios de la Experimentación Activa (Action Research), donde el investigador no es un simple observador (Westbrook, 1995) (Coughlan, 2002). Puede ser vista como una variación de los casos de estudio en la cual no se espera a que los cambios sucedan sino que son provocados con fines científicos. Según Voss et al. (2002), la experimentación es necesaria para la extensión de la teoría, y señala que los casos de estudio son apropiados como método investigador. Por este motivo, los investigadores llevaron adelante un proyecto de implantación (Hammer et al, 1993) dentro de una empresa de distribución regional a minorista de bebidas, que gestiona cientos de referencias, dentro del País Vasco.

5. Sistema experto para el reaprovisionamiento de referencias gestionadas contra almacén

El sistema experto construido se divide en los cuatro módulos mostrados en la Figura 2:

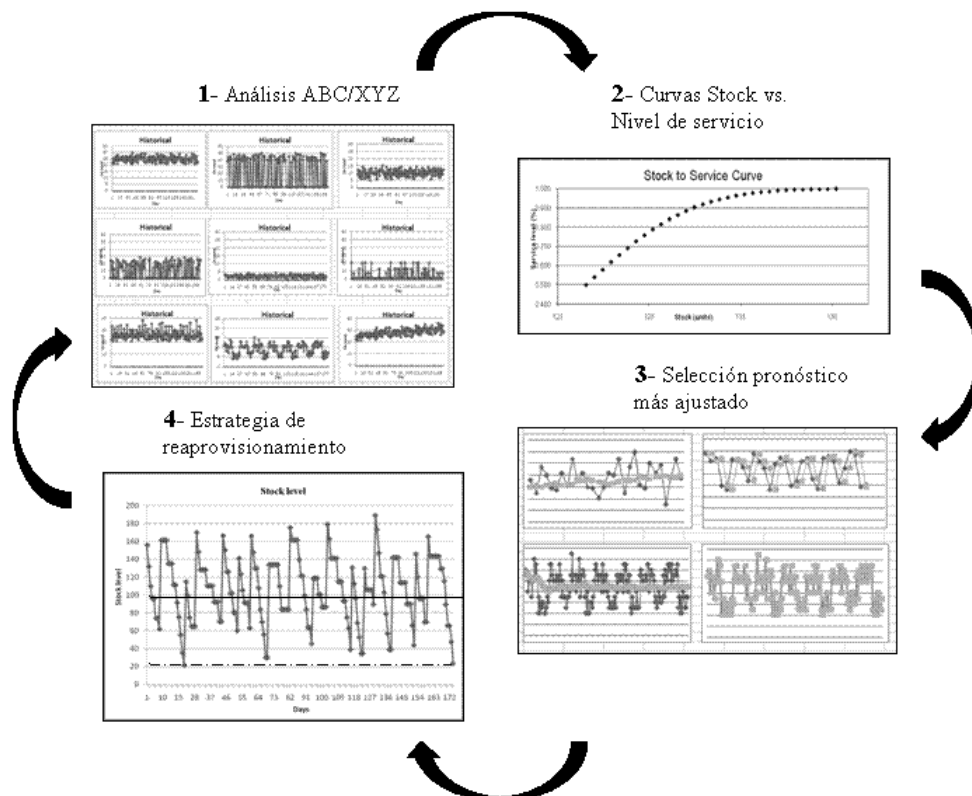


Figura2. Módulos del sistema experto

A continuación se describe cada uno de los módulos:

El primer modulo clasifica las referencias de acuerdo al análisis ABC/XYZ y en función de la información histórica de ventas de las mismas.

Se propone una clasificación sustentada básicamente en dos criterios:

- Contribución al consumo en valor o cantidad. Se realiza un análisis de Pareto por cantidad y se divide las referencias según contribuyan al 80% (A), 15% (B) o 5% (C) de las ventas en volumen.
- Tipo y complejidad de la demanda (XYZ). Si el consumo se realiza de forma regular se considera X, si presenta cierta tendencia o estacionalidad se clasifica como Y, mientras que si la demanda aparece de forma irregular o incluso intermitente se denomina Z. Por lo tanto, esta clasificación no solamente considera la desviación de los datos, sino que también identifica patrones de comportamiento repetitivos en el consumo de los artículos.

En segunda instancia, se calculan y grafican las curvas STS. Las mismas servirán para determinar el nivel de stock necesario para alcanzar el nivel de servicio objetivo.

El tercer módulo selecciona el método de previsión de demanda más ajustado. Dependiendo de las características de la demanda (estacionalidad, tendencia o intermitencia), se selecciona uno de los siguientes pronósticos:

- Suavizado exponencial.
- Suavizado exponencial con tendencia.
- Suavizado exponencial con estacionalidad.
- Suavizado exponencial con tendencia y estacionalidad.
- Media aritmética.
- Media móvil.
- Último valor.

Las series temporales se calculan con dos niveles de agregación de los datos: semanal y diario. El desempeño del sistema experto se compara para ambos casos y el criterio de selección se basa en la obtención del mínimo valor del error absoluto (MAD) calculado. Para ello se utiliza un sistema de horizonte rodante, donde se simula que no se tiene el último dato real, se calcula su pronóstico y finalmente se obtiene el error de la diferencia en valor absoluto de estas dos cifras. Si bien el error puede determinarse de diferentes maneras, se ha seleccionado el uso del MAD debido a su facilidad de comprensión y utilización.

El cuarto y último módulo propone una estrategia de reaprovisionamiento haciendo uso del método de previsión elegido. Las políticas de aprovisionamiento comparadas son:

- SRC con consumos medios: Sistema de revisión continua con actualización de parámetros periódica. Cuando se alcanza el punto de pedido se solicita un lote que se recalcula basado en la previsión del consumo medio. El tiempo entre pedidos por lo tanto es variable en función del nivel de demanda.
- SRC con consumos pico: Sistema de revisión continua con actualización de parámetros periódica. Cuando se alcanza el punto de pedido se solicita un lote que se recalcula basado en la previsión del consumo pico. El tiempo entre pedidos por lo tanto es variable en función del nivel de demanda.
- SRP Sistema de revisión periódica. Se define un periodo fijo de revisión y el pedido se realiza para alcanzar un nivel de stock máximo (lote variable).

Ambos políticas de aprovisionamiento son modificaciones del SRC tradicional, ya que si bien se pide un lote fijo en cuestión de días de consumo, la cantidad diaria varía según lo pronosticado.

Es importante señalar que en el ámbito empresarial no es común el uso de los consumos pico para la definición de las políticas de reaprovisionamiento. Los autores consideran que contemplar estos consumos máximos es de gran utilidad para la gestión de artículos que se consumen de manera irregular, donde la demanda media no refleja el comportamiento real de las salidas.

6. Caso de estudio

La etapa de comprobación de la teoría se llevó adelante en una empresa ubicada en el País Vasco dedicada a la distribución regional de bebidas. La misma ha proporcionado a los investigadores registros históricos de la demanda correspondiente a los años 2008, 2009 de un grupo de referencias, así como también información de los proveedores, como ser plazo, lote mínimo y frecuencia de entrega. Dichos datos fueron utilizados como entradas del sistema experto consiguiendo los siguientes resultados:

Dentro del primer módulo los datos de los consumos han sido clasificados obteniéndose la siguiente estratificación ABC/XYZ:

	X	Y	Z
A	7,7%	11,5%	3,8%
B	7,7%	15,4%	19,2%
C	15,4%	7,7%	11,5%

Figura 3. Clasificación ABC/XYZ en la empresa de distribución.

Luego los posteriores tres módulos fueron ejecutados, calculándose las respectivas curvas STS y simulándose los diferentes métodos de previsión de demanda junto con las distintas políticas de aprovisionamiento (Ver Figura 4).

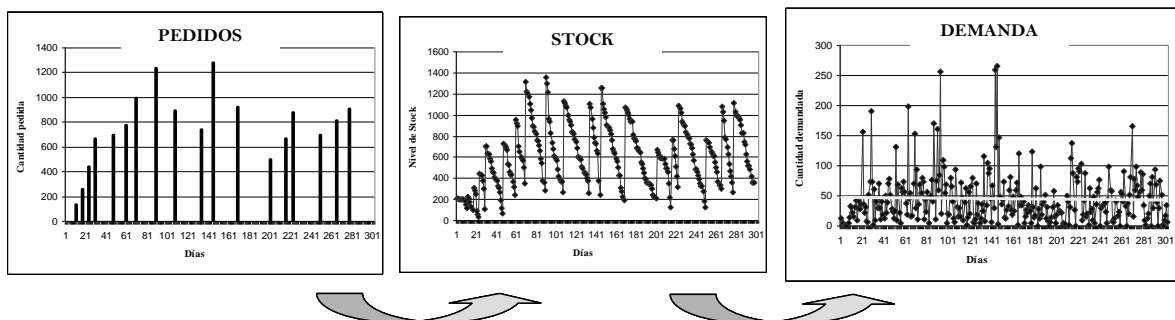


Figura 4. Simulación del comportamiento del sistema al aplicarse una política de aprovisionamiento.

En base a un nivel de servicio objetivo y al método de previsión que genera menor MAD, se ha sugerido para cada cuadrante ABC/XYZ una política de aprovisionamiento. El resumen de dichas políticas y pronósticos se muestra en el siguiente cuadro:

		X: Regular	Y: tendencia (T) o estacionalidad (S)	Z: Irregular
A: Alto	Estrategia de aprovisionamiento	SRC PP = CMD*PE + SS SS según NS (99%) Lote según pronóstico de consumo medio para el siguiente período	SRC PP = CPD(en una semana)*PE Lote según pronóstico de consumo pico para el siguiente período	SRC PP = CPD(en una semana)*PE Lote según pronóstico de consumo pico para el siguiente período
	Método de previsión de la demanda	Suavizado exponencial semanal de consumos medios	Suavizado exponencial semanal de consumos picos considerando tendencia y estacionalidad	Suavizado exponencial semanal de consumos picos
B: Medio	Estrategia de aprovisionamiento	SRC PP = CMD*PE + SS SS según NS (99%) Lote según pronóstico de consumo medio para el siguiente período	SRC PP = CPD(en una semana)*PE Lote según pronóstico de consumo pico para el siguiente período	SRC PP = CPD(en una semana)*PE Lote según pronóstico de consumo pico para el siguiente período
	Método de previsión de la demanda	Suavizado exponencial semanal de consumos medios	Suavizado exponencial semanal de consumos picos considerando tendencia y estacionalidad	Suavizado exponencial semanal de consumos picos
C: Bajo	Estrategia de aprovisionamiento	SRC PP = CMD*PE + SS SS según NS (99%) Lote según pronóstico de consumo medio para el siguiente período	SRC PP = CPD(en una semana)*PE Lote según pronóstico de consumo pico para el siguiente período	SRC PP = CMD*PE + SS SS según NS (99%) Lote según pronóstico de consumo medio para el siguiente período
	Método de previsión de la demanda	Suavizado exponencial semanal de consumos medios	Suavizado exponencial semanal de consumos picos considerando tendencia y estacionalidad	Suavizado exponencial semanal de consumos medios

Figura5. Métodos de previsión de la demanda con meno MAD y Estrategias de aprovisionamiento sugeridas por cuadrante ABC/XYZ.

Para las referencias de consumo regular se sugiere una gestión según el consumo medio (CMD), siendo esto adecuado para alcanzar el nivel de servicio deseado. Para las referencias de consumo más irregular, o bien con tendencia o estacionalidad, una política basada en la demanda media no era suficiente para lograr el nivel de servicio objetivo. Para estos artículos se sugiere la utilización del consumo pico (CPD) para establecer los niveles de stock de seguridad y el punto de pedido.

Por otra parte, se detallan en la Figura 4 los métodos de previsión con menor error. Para todos los casos el suavizado exponencial ha sido el pronóstico elegido, planteándose ciertas modificaciones en función de la clasificación XYZ:

Para referencias X se basa en la previsión del CMD

Para referencias Y se considera la tendencia y/o estacionalidad

Para referencias Z se basa en la previsión del CPD

Cabe destacar que las referencias CZ a pesar de su irregularidad, por tratarse de demandas pequeñas, respondían adecuadamente a las políticas de aprovisionamiento y a los pronósticos basados en consumos medios.

7. Resultados

A partir del cálculo de una serie de indicadores de desempeño, las políticas de aprovisionamiento sugeridas para cada cuadrante han sido evaluadas:

Número de roturas. Calculado como la suma de las roturas en todo el periodo analizado.

Rotación de stock. Determinado como el cociente entre la suma de la demanda y el promedio del nivel de stock durante todo el año.

Recuperación (días). Detalla la cantidad de días que tarda el sistema en volver a dar servicio luego de una rotura de stock. Se determina en el peor de los casos, o se con el máximo tiempo que tardó en reanudarse el servicio.

Nivel de cobertura stock. Es el ratio complementario a la rotación de stock. Se calcula como el cociente entre el promedio del stock y el promedio de la demanda.

Stock medio. Es el promedio del nivel de stock.

Pedido medio. Es la cantidad media pedida al proveedor durante todo el periodo.

NS. Representa el nivel de servicio que corresponde a un determinado SS según la Ecuación 1.

La implantación del sistema han supuesto mejoras significativas en los niveles medios de stock para las referencias X, en el nivel de servicio brindado en artículos Z y en la adecuación del stock de seguridad al momento del año (temporada alta o baja) para referencias Y. El cuadro mostrado a continuación muestra de forma agregada las mejoras alcanzadas:

Clasificación	AX	BX	CX	AY	BY	CY	AZ	BZ	CZ
SS propuesto temporada alta	-33%			30%			78%		
SS propuesto temporada baja				-52%					

Figura 6. Cambios propuestos en el nivel de stock de seguridad para conseguir el nivel de servicio objetivo.

8. Conclusiones

El artículo propone un nuevo sistema experto para la gestión de inventario en empresas de sistemas de aprovisionamiento contra almacén.

Se ha comprobado que el la herramienta propuesta es de utilidad para ingenieros en organización industrial especializados en logística y Cadena de Suministro y para planificadores en general para mejorar la toma de decisiones en la gestión de inventarios.

Se ha demostrado que proporciona un medio sencillo y efectivo para la reducción de niveles de stock y la mejora del nivel de servicio al cliente, siendo, a su vez, capaz de considerar las principales características de la demanda (estacionalidad, tendencia e intermitencia) y de definir, a partir de ellas, diferentes estrategias de reaprovisionamiento.

9. Limitaciones

La experimentación ha sido realizada en la empresa descrita en el artículo. El éxito de la previsión depende de la capacidad de la organización para hacerse con la información relevante y para interpretarla. La compañía seleccionada muestra numerosas características referentes a la gestión de productos terminados en un sistema contra almacén. Sin embargo, la metodología y los conceptos aplicados en este estudio en particular se podrían aplicar a otros eslabones en la cadena de suministro. Para extender

las técnicas y métodos considerados en este estudio a otros agentes de la cadena de suministro, resulta pertinente realizar una investigación futura que lo avale.

Referencias

Armstrong J. Scott, Green Kesten C. (2005) Demand Forecasting: Evidence-based Methods, Strategic Marketing Management: A Business Process Approach edited by Luiz Moutinho and Geoff Southern.

Armstrong, J. S. and Collopy, F. (1998), "Integration of statistical methods and judgment for time series forecasting: Principles from empirical research," in G. Wright and P. Goodwin (Eds.), *Forecasting with Judgment*. Chichester: John Wiley.

Blattberg, R. C. and Hoch, S. J. (1990), "Database models and managerial intuition: 50 percent model + 50 percent manager," *Management Science*, 36, 887-899.

Buffa, E.S. y Miller, J.G. (1979) *Production Inventory Systems: Planning and Control*. Third Edition. Homewood, IL, Irwin.

Coughlan P and Coughlan D (2002), Action Research Action Research for operations management, *International Journal of Operation Management*, Vol.22 No.2, pp 220 – 240.

Errasti, A (2009) Proyecto: Sistemas de previsión de la demanda y su aplicación a la gestión de almacenes, Cluster de Transporte y Logística de Euskadi.

Hammer M, Champy J (1993) *Reengineering the corporation*. London: Nicholas Brealey.

Hax, AC and Candea, D (1984) *Production and Inventory Management*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York.

Makridakis, Wheelright and Hyndman (1998), *Forecasting: methods and applications*, Wiley.

Poler R, Mula J, Peidro D (2009), Determinación de parámetros de modelos de previsión de demanda a través de los errores de acierto en horizonte rodante, *Dirección y Organización* No37.

Rushton, A., Croucher, P., Baker, P. (2006) *The handbook of logistics and distribution management*, Kogan Page Publishers.

Silver, E.A., Pyke, D.F. y Peterson, R. (1998) *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. John Wiley and Sons, Inc, New York.

Voss C, Tsiriktsis N, Frohlich M. (2002) Case research in operations management. *Int J Oper Prod Manage*; 22(2):195–219.

Westbrook R. (1995) Action Research: a new paradigm for research in production and operations management. *Int J Oper Prod Manage*; 15(12):6–20.