

Parametrización y evaluación de Política de Inventario (s,Q) en Hospitales: Un caso de estudio en la ciudad de Barranquilla

Parametrization and evaluation of Inventory Policy (s,Q) in Hospitals: A case of study in Barranquilla

Silebis Aguirre Lasprilla¹, Weimar Ardila Rueda², Lindsay Figueroa³, Daniel H. Romero Rodríguez⁴

^{1,3,4}Magister en Ingeniería Industrial, Profesor Tiempo Completo-Universidad Autónoma del Caribe, Grupo OPTIMA, Barranquilla, Colombia.

²Ingeniero Industrial, Coordinador de Proyectos de Planeación-Universidad Autónoma del Caribe, Grupo OPTIMA, Barranquilla, Colombia.
E-mail: aguirre@uac.edu.co

Recibido 30/05/14, Aceptado 15/11/2014

Cite this article as: S. Aguirre, W. Ardila, L.Figueroa, D. Romero, "Parametrization and evaluation of Inventory Policy (s,Q) in Hospitals: A case of study in Barranquilla", Prospect, Vol 13, N° 1, 99-105, 2015.

RESUMEN

Este artículo busca brindar solución a los problemas derivados con el control de inventarios de un hospital de la ciudad de Barranquilla, Colombia. Las herramientas sugeridas están contextualizadas en las necesidades de los hospitales y en los recursos disponibles para la gestión de inventarios en la organización. En el análisis se parametriza y evalúa una política tradicional de inventario (s,Q) para minimizar el nivel de agotados y días de inventario, permitiendo la disminución de los costos asociados al exceso de inventario y manejo ineficiente de los mismos.

Palabras clave: Gestión de Inventarios, Políticas de revisión continua, Políticas de Inventarios, Cantidad Optima de Pedido, punto de reorden.

ABSTRACT

The following paper studies the problem associated with the inventory management, in a hospital located in Barranquilla, Colombia. The strategy proposed is based on the performance of an inventory policy (s, Q), and it is accompanied of a methodology that consists of the review of theoretical inventory models, the selection of a key products, the demand analysis for patterns identification and the formulation of a policy inventory. The evaluation of the inventory policies shows that the proposed parameters satisfy the service levels defined by the hospital.

Key words: Inventory management, Continuous review policy, inventory policies, economic order quantity, reorder point.

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de inventarios en hospitales representa un desafío mayor a las aplicaciones en otras industrias debido a la importancia de evitar faltantes en el inventario que puede afectar la salud de los pacientes al no contar los recursos requeridos para un apropiado tratamiento y/o intervención, lo que hace necesario el desarrollo de herramientas que faciliten un manejo efectivo de las existencias para este tipo de instituciones.

Es por ello que en este artículo se condensan los resultados obtenidos tras la ejecución de un proyecto enfocado a la construcción de estrategias que garanticen un control de inventario adecuado para contexto de las instituciones hospitalarias, a partir de un caso del caso de estudio de un hospital en la ciudad de Barranquilla (Colombia).

El hospital trabaja con tres proveedores diferentes encargados del suministro de los productos requeridos para atender las necesidades de sus pacientes. Estos proveedores

reciben órdenes de compras mensuales, en donde se especifica las cantidades estimadas por el hospital de los ítems requeridos durante el mes. La evaluación preliminar de este proceso reveló, que este no se encuentra parametrizado de forma adecuada, de manera que no se tienen estandarizadas las respuestas que exigen una política de inventarios efectiva, como lo son las cantidades ideales a pedir de cada producto, los momentos en los que se debe realizar una orden de pedido, y la frecuencia con la se hace la revisión de los niveles de inventario.

La problemática encontrada merece especial atención, aún más en el sector farmacéutico donde muchos de los productos necesitan condiciones especiales de almacenamiento para garantizar su conservación, pues el suministro de un medicamento vencido o dañado pone en riesgo la salud y la vida de los pacientes del hospital o de todos aquellos que los consuman, siendo estas repercusiones aún más severas que cualquier pérdida económica pueda implicar para el hospital.

Por lo descrito anteriormente se planteó una metodología que a partir de la revisión y estudio de modelos teórico propuestos por la literatura (cantidad económica de pedido, modelos de optimización matemática, modelos de gestión inventario con demanda probabilística, etc.), permitiera la formulación de una política de inventarios tradicional para la mayor parte de los artículos, y en algunos casos especiales se discute la conveniencia de aplicar políticas de inventario multi-eslabón.

2. ESTADO DEL ARTE

La eficacia de los sistemas de control de inventarios depende de factores como la medición adecuada de los tiempos de reabastecimiento, el diseño de indicadores de eficiencia globales capaces de considerar todas las variables implícitas para el control de inventarios, y en especial de la implementación de métodos de pronóstico de demanda, que permitan una estimación precisa de la tendencia y variabilidad de la demanda de cada uno de los productos que se mantengan en inventario, y minimizando el error propio en la naturaleza de estos métodos, al tener en cuenta datos realistas sobre la demanda, la exclusión de datos atípicos y la selección adecuada del período base para el cálculo de pronósticos [1].

Conocer con precisión la dinámica en la que la demanda se comporta es un factor determinante dentro de todo proceso de planeación, por lo que una política de inventario al ser un sistema de control que implica un proceso de planeación de los requerimientos presentes y futuros de existencias de ciertos productos, hace que conocer dicha dinámica sea clave para su implementación. Es por eso

que en la literatura se han desarrollado diversos sistemas de control de inventarios, a partir de distintos enfoques en los que la demanda puede ser estudiada.

En casos que consideran la demanda de un artículo con comportamiento constante y certeza total sobre ella, se sugiere el cálculo del EOQ (Cantidad Económica de Pedido), el cual considera los costos de aprovisionamiento de material, el valor del producto y la demanda promedio, para estimar la cantidad de pedido ideal para satisfacer los requerimientos de producto y las restricciones económicas.

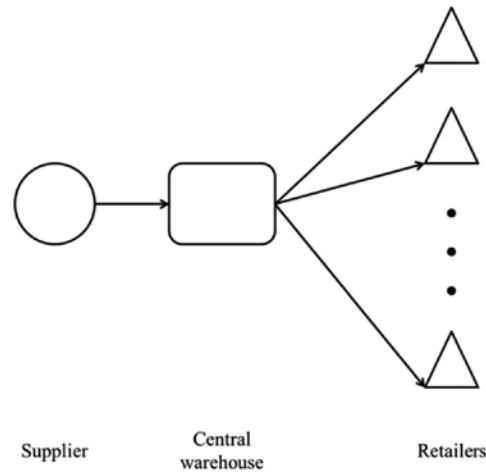
En cuanto a modelos tradicionales con demanda probabilística son diversos los estudios y los autores que han abordado la temática del control de inventarios bajo condiciones de incertidumbre, buscando un balance entre los niveles y cantidades de inventarios a mantener (todos los costos que ellos implica), y la satisfacción del cliente y calidad de los servicios. Son diversas las políticas para el control de inventario bajo condiciones de demanda desconocida, pero las comunes son las políticas (s,Q), (s,S), (R,S), (R,s,S) [2, 3].

Frente a la problemática de los inventarios se manifiesta que el manejo de la cadena de suministros requiere incluir cada vez más eslabones del sistema en sus procesos de planeación, por esta razón, planear los niveles de inventario en conjunto puede llevar a disminuir el nivel de existencias en el sistema [3].

La planeación de inventarios multi-eslabón (Figura 1), y en términos generales la de inventarios en la cadena de suministros, ha sido un problema particularmente difícil de resolver, se brinda una primera aproximación a lo que sería el planteamiento de políticas inventario desde una óptica global de la cadena de suministros [4]. Se propone una política de inventario para tres eslabones (R,Q) con compartición de la información [5], que parte del modelo inicial propuesto en [4]. Con un objetivo similar, pero con una metodología distinta, se propone la aplicación de un algoritmo adaptativo basado en lógica difusa con el fin de regular los niveles de inventario en la cadena de suministros [6].

A partir de la relajación lagrangiana se diseña una heurística para el control de los inventarios en una cadena de suministros de dos eslabones [7]. Adicionalmente la aplicación de algoritmos genéticos para una estimación más precisa de la cantidad económica de pedido resultó brindar mejores resultados en comparación con modelos tradicionales [8]. A continuación se presentan algunos trabajos con grandes contribuciones para la gestión de inventarios multi-eslabón (véase tabla 1):

Figura 1. Estructura interna multi-eslabón
Figure 1. Multi-echelon internal structure



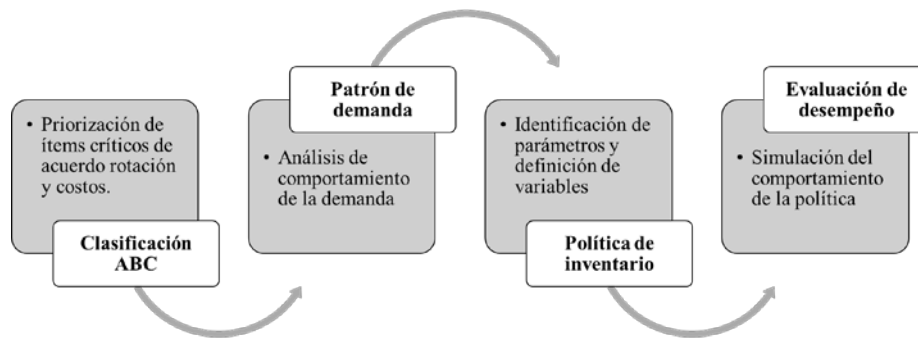
Fuente Elaboración propia

Tabla 1. Revisión Literaria: Políticas de inventarios multi-eslabón
Table 1. Literature Review: Multi-echelon inventory policies

| Cita | Autores | Año | Método | Objetivo |
|------|--|------|--|---|
| [4] | A. J. Clark H. Scarf | 1986 | Heurístico | Establecer políticas óptimas para el problema de inventarios multi-eslabón. |
| [5] | Y. Kristianto P. Helo J. Jiao M. Sandhu | 2012 | Lógica difusa | Control y mitigación del impacto del efecto látigo en la Cadena de Suministros |
| [6] | H. Keshteli S. Mostafa R. Haji | 2011 | Sistema de control de inventario con demanda pirobalística | Formulación de una política de inventario para tres eslabones (R,Q) con compartición de la información |
| [7] | J.-H. Kang K. Yeong-Dae | 2011 | Heurístico basada en relajación lagrangiana | Diseño de un sistema de control de inventario en una cadena de suministro de dos eslabones |
| [8] | W. Geng Q. Minmin Z. Xiaobo | 2010 | Programación Dinámica | Evaluación de políticas centralizadas y descentralizadas en múltiples escenarios a través programación dinámica. |
| [9] | F. You I. Grossmann | 2011 | Modelo MIMLP (Modelo de programación entera no lineal mixto) | Diseño óptimo de una cadena de suministro multi-eslabón y sistemas de inventario asociados a la presencia de incertidumbre en la demanda de los clientes. |
| [10] | R. Levi S. Cong | 2012 | Modelación estocástica | Estimación de la cantidad de pedido |
| [11] | P. Berling J. Marklund | 2013 | Modelación estocástica | Modelo de inventarios multi-eslabón con parámetros estocásticos para compras conjuntas en hospitales |
| [12] | W.-Q. Zhou L. Chen H.-M. Ge | 2014 | Modelo estocástico y heurística | Modelo para políticas de inventarios continuas con demanda estocástica, para dos eslabones. |
| [13] | W. Guerrero T. G. Yeung C. Guéret | 2013 | Algoritmo genético | Modelo de reaprovisionamiento conjunta en un esquema multi-eslabón a través de un algoritmo genético. |

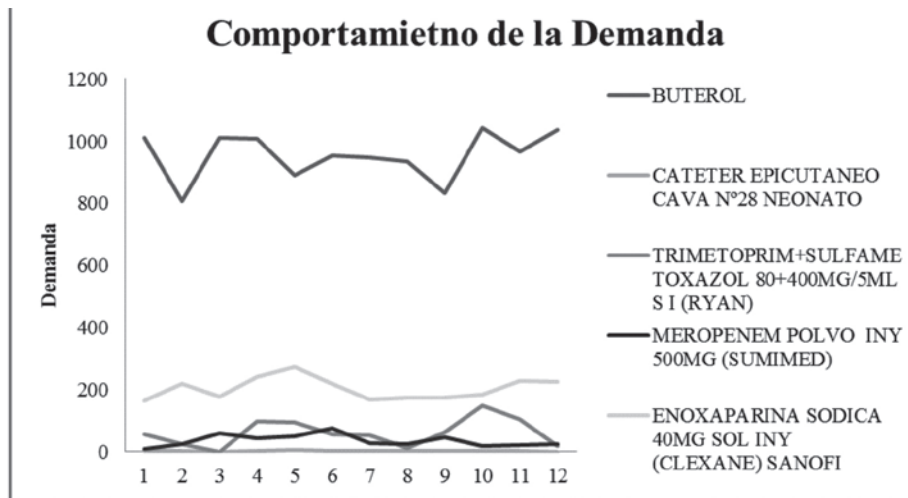
Fuente Elaboración propia

Figura 2. Metodología de solución
Figure 2. Solution methodology



Fuente Elaboración propia

Figura 3. Análisis serie de tiempo de la demanda
Figure 3. Demand time series analysis



Fuente Elaboración propia

3. METODOLOGÍA

Como se muestra en la Figura 1 para dar solución al problema propuesto, se formula una metodología que consta de cuatro etapas para su ejecución. En una primera fase se identifican los ítems críticos a través de una clasificación ABC, que considera factores como costos y rotación de inventario, de manera que se seleccionaron los ítems que necesitan de una política de inventario. En una segunda fase, se realiza el análisis del comportamiento de la demanda de los ítems para identificar la existencia de patrones. En la tercera etapa se parametriza la política de inventario

de acuerdo a los resultados de las fases previas. Por último, se evalúa el desempeño de las políticas propuestas mediante simulación en hoja de cálculo de los productos seleccionados.

3.1. Fase I: Clasificación de ítems críticos

Con la aplicación de esta herramienta se identificó aquellos ítems que necesitan ser controlados de manera estricta, debido a los costos que implica su mantenimiento, consecución, y frecuencia de rotación.

La Tabla 2 muestra los ítems en inventarios, priorizados en términos de costos y el volumen de la demanda durante el año.

Tabla 2. Identificación de productos críticos
Table 2. Identification of key products

| Número | Código | Producto | Unidades | Costo | Unds, x Costo |
|--------|--------|-----------------------|----------|------------|------------------|
| 1 | DM0114 | Buterol | 10212 | \$ 1.716 | \$ 17.523.792 |
| 2 | M0106 | Enoxaparina sódica | 223 | \$ 10.340 | \$ 2.305.856 |
| 3 | DM0868 | Catéter epicutáneo | 8 | \$ 268.000 | \$ 2.144.000 |
| 4 | M0198 | Meropenem polvo | 74 | \$ 20.290 | \$ 1.501.424 |
| 5 | M0314 | Trimeto- prim | 93 | \$ 16.000 | \$ 1.488.000 |

Fuente Elaboración propia

3.2. Fase II: Análisis del comportamiento de la demanda

Una vez identificados aquellos ítems críticos para una adecuada gestión de los inventarios del hospital, se procedió a realizar un análisis de los datos históricos sobre la demanda de cada uno de estos productos. Esto con el fin de determinar el método de pronóstico más apropiado para cada caso y poder estimar el comportamiento a futuro de la demanda de estos ítems. Las proyecciones a su vez, permitirán formular de las políticas de inventario.

3.3. Fase III: Parametrización de Política de Inventario

Debido a su practicidad y la minimización de costos que implica su aplicación, se propone la implementación de una política de revisión continua (s, Q). Esta es una política de revisión continua, en donde cada vez que la posición de inventario llegue a un punto inferior de al de reorden s, se genera un pedido de tamaño fijo Q. Debido a su naturaleza, esta política es también conocida como "Two-bin system", ya que se puede entender como un sistema conformado por dos cajones, en donde la demanda se satisface desde un primer cajón, hasta que se agote las provisiones en este, tan pronto sea necesario abrir el segundo cajón, el cual contiene tanta unidades de producto equivalentes al punto de reorden, se emite una orden de pedido por la cantidad fija establecida.

En la Tabla 3 se pueden observar los valores estimados del punto de reorden (s) y la cantidad de pedido (Q), para cada uno de los ítems mostrados en la Tabla 2. Para el cálculo del tamaño de pedido se utilizó la Ecuación 1, es decir, la ecuación de la cantidad económica de pedido o EOQ. Mientras que el cálculo del punto de reorden requerido de la Ecuación 2, considerando un nivel de servicio del 99%.

Ecuación 1. Cantidad económica de pedido (EOQ)
Equation 1. Economic order quantity

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot D}{v \cdot r}}$$

Ecuación 2. Punto de reorden (ROP)
Equation 2. Reorder point

$$ROP = s = \bar{x}L + k\sigma\sqrt{L}$$

Tabla 3. Parámetros Políticas de Inventario
Table 3. Inventory Policies Parameters

| Producto | Punto de reorden, s | Cantidad de pedido, Q |
|--------------------|---------------------|-----------------------|
| Buterol | 2821 | 469 |
| Enoxaparina sódica | 6 | 12 |
| Catéter epicutáneo | 613 | 125 |
| Meropenem polvo | 269 | 50 |
| Trimetoprim | 593 | 33 |

Fuente Elaboración propia

Para aquellos productos cuya rotación es menor se establecieron esquemas de gestión de inventarios diferentes. Para productos con rotación media o baja se sugirieron políticas de revisión periódica, y para aquellos que no registraron movimientos en el último año se propuso comprarlos bajo pedido, lo anterior para simplificar la operación y focalizar los recursos del hospital en los ítems relevantes para su operación.

3.4. Fase IV: Evaluación políticas de inventario

La evaluación de la efectividad de las políticas de inventario (s, Q) formulada para dar solución al problema planteado se hizo mediante la simulación del comportamiento de los niveles de inventario del buterol considerando los parámetros expuestos en la Tabla 3. La selección de este ítem se hizo considerando que era el más crítico dentro

del inventario del hospital, de acuerdo a la clasificación realizada en la Tabla 2.

La Figura 3 muestra como resultado de la simulación los niveles de inventario on hand o físico y de la posición de inventario (la cual se define como el inventario físico disponible y el inventario en tránsito) considerando las proyecciones hechas a un año. Uno de los elementos más importantes a resaltar, es la disponibilidad de inventario a lo largo del año, garantizando la calidad del servicio suministrado a los pacientes de la institución.

La fase de evaluación permite confirmar que con la política sugerida se cumple con el nivel de servicio deseado por el hospital. Un factor importante para el funcionamiento de las políticas de inventario es la actualización de los parámetros, para esta organización se sugiere una actualización anual de los parámetros debido al comportamiento estacionario de las demandas.

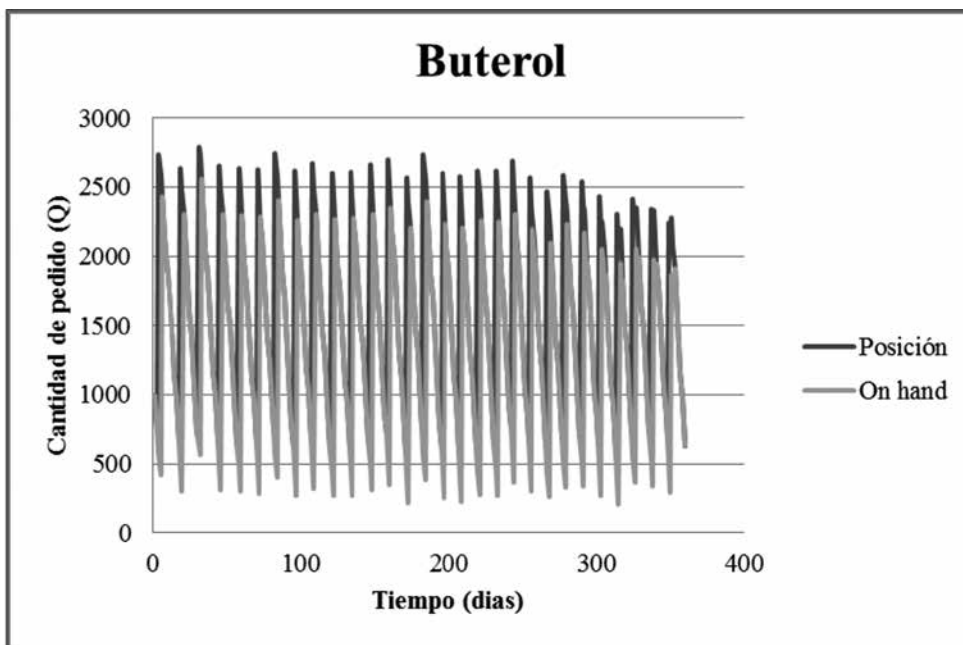
4. CONCLUSIONES

- Las fluctuaciones en el comportamiento de la demanda y la variabilidad en los tiempos de reaprovisionamiento, son las principales razones para el mantenimiento de los inventarios en cualquier organización, creando la necesidad de diseñar e implementar siste-

mas para la gestión óptima de inventarios, como las políticas de inventarios. En el caso de estudio es posible observar como la formulación de una adecuada política de inventario es capaz de garantizar disponibilidad de un producto bajo condiciones de incertidumbre, lo que se convierte en factor clave para el éxito en este tipo de organizaciones.

- El principal objetivo para un hospital en cuanto a la gestión de inventarios debe ser el nivel de servicio o disponibilidad de inventarios, sin embargo es necesario lograr un balance con los costos asociados a los niveles de inventario, por esta razón se ha identificado una estructura interna recurrente en los hospitales que permitirá minimizar los niveles de inventario de las organizaciones sin afectar el nivel de servicio.
- Se recomienda para trabajos futuros un esquema de inventarios multi-eslabón para ciertos productos críticos que se encuentran descentralizados en las diferentes salas del hospital, generando que a menor cantidad de inventario se puede garantizar igual o mayor nivel de servicio para la organización. La identificación de la posibilidad de aplicar políticas multi-eslabón constituye un resultado importante para los hospitales debido a que se pueden generalizar y replicar los resultados.

Figura 4. Evaluación de desempeño de la política de inventario
Figure 4. Performance evaluation of inventory policies



Fuente Elaboración propia

REFERENCIAS

- [1] R. Ballou, "Logística: Administración de la Cadena de Suministros," in *Logística: Administración de la Cadena de Suministros*, México, Pearson, 2004, pp. 424-468.
- [2] C. J. Vidal, "Fundamentos de Gestión de Inventarios," in *Fundamentos de Gestión de Inventarios*, Cali, Universidad del Valle – Facultad de Ingeniería, 2005, pp. 95-168.
- [3] E. Silver, D. F. Pyke and R. Peterson, *Inventory Management and Production, Planning and Scheduling.*, New York: John Wiley & Sons, 1998.
- [4] A. J. Clark and H. Scarf, "Optimal policies for a multi-echelon inventory problem," *Management science*, pp. 475-490, 1960.
- [5] Y. Kristianto, P. Helo, J. Jiao and M. Sandhu, "Adaptive fuzzy vendor managed inventory control for mitigating the Bullwhip," *European Journal of Operational Research*, no. 216, p. 346–355, 2011.
- [6] S. Hajiaghayi-Keshteli, M. S. Mostafa and R. Haji., "Determination of the economical policy of a three-echelon inventory system with (R, Q) ordering policy and information sharing," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 55, no. 5-8, pp. 831-841, 2011.
- [7] J.-H. Kang and K. Yeong-Dae, "Inventory control in a two-level supply chain with risk pooling effect," *International Journal of Production Economics*, vol. 135, no. 1, pp. 116-124, 2012.
- [8] W. Geng, Q. Minmin and Z. Xiaobo, "An inventory system with single distributor and multiple retailers: Operating scenarios and performance comparison," *International Journal of Production Economics*, vol. 128, no. 1, pp. 434-444, 2010.
- [9] F. You and I. E. Grossmann, "Integrated multi-echelon supply chain design with inventories under uncertainty: MINLP models, computational strategies." *AIChE Journal*, vol. 56, no. 2, pp. 419-440, 2010.
- [10] R. Levi and S. Cong, "Approximation algorithms for the stochastic lot-sizing problem with order lead times," *Operations Research*, vol. 61, no. 3, pp. 593-602, 2013.
- [11] P. Berling and J. Marklund, "Multi-echelon inventory control: an adjusted normal demand model for implementation in practice," *International Journal of Production Research*, vol. 52, no. 11, pp. 3331-3347, 2014.
- [12] W.-Q. Zhou, L. Chen and H.-M. Ge, "A multi-product multi-echelon inventory control model with joint replenishment strategy," *Applied Mathematical Modelling*, vol. 37, no. 4, pp. 2039-2050, 2013.
- [13] W. J. Guerrero, T. G. Yeung and C. Guéret., "Joint-optimization of inventory policies on a multi-product multi-echelon pharmaceutical system with batching and ordering constraints.," *European Journal of Operational Research*, vol. 231, no. 1, pp. 98-108, 2013.