

ORIGINAL

Análisis y minimización del riesgo de rotura de stock aplicado a la gestión en farmacia hospitalaria

José María Maestre Torreblanca^{a,*}, Beatriz Isla Tejera^b,
María Isabel Fernández García^b, José Ramón del Prado Llergo^b,
Teodoro Álamo Cantarero^a y Eduardo Fernández Camacho^a

^a Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Escuela Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla, Sevilla, España

^b Unidad de Gestión Clínica de Farmacia, Hospital Universitario Reina Sofía, Córdoba, España

Recibido el 26 de octubre de 2010; aceptado el 18 de febrero de 2011

Disponible en Internet el 29 de septiembre de 2011

PALABRAS CLAVE

Stock de seguridad;
Gestión de stock;
Análisis de la
demanda de
medicamentos;
Rotura de stock

Resumen

Objetivo: Determinar el valor que debería tomar el stock de seguridad de los fármacos dispensados en un hospital de tercer nivel en función del nivel de riesgo y del número de días que se desee resistir sin rotura de stock.

Método: Se ha analizado estadísticamente la demanda registrada durante 120 días consecutivos de infliximab, un fármaco que, por su alto coste y la inmediatez de abastecimiento esperada en la clínica, tiene un adecuado perfil para el estudio. A partir del histórico de datos de adquisición y dispensación existentes en nuestro servicio, se generó una tabla para relacionar el nivel de riesgo asumido con el número de unidades en stock y el número de días que debe durar el stock de seguridad. Adicionalmente, se calcula en el artículo el valor que debería tomar dicho stock conforme a diferentes reglas heurísticas utilizadas por los Servicios de Farmacia.

Resultados: En el periodo analizado, la demanda diaria fue de $11,4 \pm 14,8$ unidades de infliximab. Utilizando la metodología propuesta se debería fijar un stock de seguridad de 79 unidades. Este valor es comparado con las 47 y 119 unidades que ofrecen otras reglas utilizadas en el ámbito hospitalario.

Conclusiones: El método propuesto permite conocer el nivel de riesgo que se asume en la elección del stock de seguridad. Por tanto, permite diseñar una política de stocks de seguridad coherente con el nivel de riesgo adoptado. Bajo ciertas asunciones sería posible reducir la cota del stock de seguridad proporcionada por el método. Finalmente, es destacable la notable diferencia que puede llegar a existir entre los valores de stock de seguridad sugeridos por distintas reglas, tal y como se demuestra en el artículo.

© 2010 SEFH. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: pepemaestre@cartuja.us.es (J.M. Maestre Torreblanca).

KEYWORDS

Safety stock;
Stock management;
Drug demand
analysis;
Stockout

Stockout risk analysis and minimization applied to hospital pharmacy management**Abstract**

Objective: To determine how many dispensary drugs should be in the safety stock in a tertiary hospital in accordance with the risk level and the number of days that the hospital is able to withstand a stockout.

Methods: We statistically analysed the infliximab order recorded over a period of 120 days. This drug is relevant for this study as it is costly and is immediately supplied to the clinic. Using the data records for purchasing and dispensing in our department, we created a table to compare the level of risk assumed with the number of units in stock and the number of days that the safety stock should last. In addition, we calculated how much stock there should be in accordance with different heuristic rules used by pharmacy departments.

Results: In the period being studied, the daily order was 11.4 ± 14.8 units of infliximab. Using the methodology proposed, we discovered that there should be 79 units in the safety stock. Other hospital rules determine values of 47 and 119 units.

Conclusions: The method proposed allows us to discover the risk level that is assumed when selecting the safety stock. Therefore, we are able to design a safety stock policy consistent with the risk level adopted. Under certain assumptions the safety stock quota provided by this method could be reduced. Lastly, there is a notable difference between the safety stock values suggested by different rules, as it has been shown in this article.

© 2010 SEFH. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La adquisición y el almacenamiento de aquellos medicamentos necesarios para cubrir las actividades clínicas incluidas en la cartera de servicios de un hospital son dos de las principales tareas de gestión que realiza un Servicio de Farmacia. Debido a las restricciones de espacio y a la limitación de recursos económicos existentes en la mayoría de centros, hoy en día se considera prioritario que la gestión del stock de estos productos se dirija por estrategias de compra que permitan el almacenaje de la mínima cantidad de cada producto para asegurar, con cierto grado de certeza, que se podrá responder a su demanda en la clínica en un periodo determinado. La implementación de estrategias eficientes de gestión de stock puede conllevar importantes ahorros económicos¹, especialmente si se tiene en cuenta que hasta un 35% de las compras en bienes y servicios en un hospital proceden del Servicio de Farmacia².

Algunos de los sistemas clásicos de gestión de stock utilizados en los Servicios de Farmacia Hospitalaria son las *Técnicas de Punto de Pedido*, la *clasificación ABC* o el *Lote Económico de Compras*^{3,4}. Con independencia del método empleado, la política de gestión ha de dar respuesta a dos preguntas fundamentales para cada producto: cuándo pedir y qué cantidad. Existen diferentes factores que condicionan la toma de decisiones. Por una parte, las fluctuaciones en la demanda y los diferentes plazos de entrega de los medicamentos obligan a establecer unos niveles mínimos de stock que, por motivos de seguridad, deben ser respetados. Por otro lado, el coste unitario del medicamento, los costes de almacenaje y el espacio disponible condicionan la cantidad máxima de medicamento que puede solicitarse en cada pedido. La política de gestión debe satisfacer las necesidades clínicas del hospital respetando las restricciones impuestas por el stock de seguridad y el stock máximo. Asimismo, se debe conseguir un stock medio lo más reducido

posible sin que se dispare el número de pedidos de cada medicamento.

En esta difícil problemática, el conocimiento del comportamiento de la demanda juega un papel esencial. Desafortunadamente, la demanda es desconocida a priori por el Servicio de Farmacia, por lo que se recurre a hipótesis simplificadoras sobre el comportamiento de la misma. En particular, es sencillo encontrar reglas para la elección del stock de seguridad basadas en cálculos con la media y la desviación típica de la demanda⁶ o en datos correspondientes al mes del año anterior con mayor consumo⁷. Sin embargo, pese a que la sencillez de este tipo de reglas facilita su implementación, las decisiones tomadas a partir de ellas pueden conducir a considerar valores de stock de seguridad por debajo del nivel de riesgo que se pretende asumir o a la existencia de puntos de pedido ineficientes.

En contraposición con la simplicidad de la elección de parámetros basada en reglas heurísticas, es posible calcular relaciones matemáticas precisas que relacionan exactamente la cantidad de stock de seguridad necesaria para garantizar un cierto nivel de riesgo de rotura de stock. Por desgracia, estas fórmulas están basadas en una caracterización formal de la demanda como una variable aleatoria de tipo normal, binomial o de *Poisson*⁵, lo que constituye una hipótesis que bien pudiera no verificarse. No obstante, siempre es posible caracterizar experimentalmente el comportamiento de la demanda de un medicamento y determinar así el nivel de stock de seguridad en función del nivel de riesgo que se desea asumir y del número de días que se debe abastecer al hospital. En este artículo se presenta un método sencillo para llevar a cabo la citada caracterización experimental de la demanda. Para ello se utiliza el histórico de datos disponible sobre la misma. Asimismo, se compara esta metodología para la elección del stock de seguridad con otros métodos heurísticos utilizados en la práctica.

Métodos

Análisis de la política de gestión de nuestro hospital

Se seleccionó infliximab, un anticuerpo monoclonal IgG1 humano-murino quimérico, utilizado en el tratamiento de artritis reumatoide, enfermedad de Crohn, colitis ulcerosa, espondilitis anquilosante, artritis psoriásica y psoriasis. Dado su alto coste, su termolabilidad y la inmediatez de su demanda en la clínica con el objetivo de facilitar el programa de acto único a los pacientes, consideramos que reunía el perfil adecuado para nuestro estudio. Se registraron los datos reales de tiempo de entrega por el proveedor, periodicidad de los pedidos y nivel de stock medio en nuestro hospital en los 120 días de estudio. Del mismo modo, se identificaron los valores de stock de seguridad, stock de alerta y stock máximo definidos por la política de gestión de stock existente en el hospital. Para la gestión de compras el Servicio de Farmacia utiliza la clasificación ABC.

Elección del stock de seguridad basada en reglas heurísticas

En primer lugar, calcularemos dos de los parámetros más utilizados por las reglas heurísticas para la elección del stock de seguridad: el valor medio y la desviación típica de la demanda. Dichos valores han de ser calculados con los datos de un periodo significativo de tiempo, que en este artículo ha sido de 120 días. La demanda media (\bar{D}) viene dada por la siguiente fórmula:

$$\bar{D} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T D(i)$$

donde T es el número de días del periodo estudiado y $D(i)$ es la demanda registrada durante el día i -ésimo, expresada en unidades del medicamento. En cuanto a la desviación típica de la muestra (SD), ésta viene dada por:

$$S_D = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (D(i) - \bar{D})^2}$$

Estos parámetros son suficientes para proporcionar una idea muy aproximada del comportamiento de la demanda y constituyen la base de diferentes reglas heurísticas. Concretamente, en este artículo calcularemos el stock de seguridad proporcionado por las reglas dadas por Alós Almiñana⁶ y Moyano Sierra⁷.

Elección del stock de seguridad basada en la caracterización experimental de la demanda

Si se desea determinar con mayor precisión la relación existente entre la probabilidad de rotura de stock, el stock de seguridad y el número de días que debe abastecerse al hospital, es preciso realizar un estudio más pormenorizado de la

demanda. Para ello, definiremos $X(N)$ como el valor máximo de demanda acumulada durante N días consecutivos a lo largo de la serie de datos. Matemáticamente, $X(N)$ puede calcularse de la siguiente forma:

$$X(N) = \max_i \sum_{k=i}^{i+N-1} D(k).$$

Como es lógico, para cada posible valor de N se obtiene el número máximo de unidades $X(N)$ consumidas en N días consecutivos. Si el histórico es lo suficientemente amplio y se asume que el comportamiento estadístico de la demanda no variará significativamente en el futuro cercano, es posible afirmar que $X(N)$ constituye un nivel de seguridad del 100%. En otras palabras, para un stock de $X(N)$ unidades nunca se habría producido una rotura de stock durante la serie de datos.

Ahora bien, no estamos interesados únicamente en calcular un valor de stock que garantice con un 100% de seguridad que no habrá rotura de stock. Sería interesante conocer el porcentaje de casos en los que se abastecería exitosamente al hospital con un valor de stock inferior al indicado por $X(N)$. Para ello, definiremos $X(N, Y)$ como el número mínimo de unidades necesarias para abastecer al hospital durante N días consecutivos en un $Y\%$ de los casos, es decir:

$$\bar{D} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T D(i)$$

donde i es un día cualquiera dentro del periodo de estudio. En otras palabras, tomar el valor $X(N, Y)$ como nivel de stock equivale a que exista un riesgo de rotura de stock de un $(100-Y)\%$ asumiendo que no llegarán nuevos pedidos durante los próximos N días. La computación de la función $X(N, Y)$ requiere sencillamente tomar el percentil Y de la serie de datos correspondiente a los valores de demanda acumulada durante N días consecutivos.

Resultados

Análisis de la política de gestión de nuestro hospital

Dado el alto impacto económico de este fármaco, el Servicio de Farmacia realiza sus pedidos con periodicidad semanal, lo que permite disminuir el nivel de stock medio a una cantidad cercana a las 110 unidades. Asimismo, el tiempo de entrega de un pedido por parte del proveedor es de 48 horas. Cabe indicar también que la política del Servicio de Farmacia está determinada por los siguientes parámetros: stock de seguridad de 30 unidades, stock de alerta de 45 unidades y stock máximo de 190 unidades.

Elección del stock de seguridad basada en reglas heurísticas

Durante el periodo de estudio se registró una demanda media diaria de $11,4 \pm 14,8$ unidades. La aplicación del método propuesto por Alós Almiñana⁶ para este caso exige

Tabla 1 Función $X(N,Y)$ a partir de datos reales de infliximab

N\Y	100%	90%	80%	70%	60%	50%
1	62	32	26	18	11	0
2	79	58	46	32	26	19
3	116	80	58	46	42	31
4	131	91	80	59	52	43
5	142	109	89	79	63	57
6	144	122	107	91	74	63
7	184	131	117	107	89	76
8	200	148	129	117	107	85
9	217	170	148	131	117	106
10	234	188	158	142	121	107
11	238	194	176	149	139	119
12	241	209	191	168	148	127
13	255	224	194	191	161	140
14	284	233	214	194	180	150
15	287	241	225	203	191	169
16	305	252	233	219	201	185
17	334	276	242	231	212	198
18	347	286	249	234	222	203
19	350	300	260	244	234	222
20	350	305	276	254	242	234

una adaptación del mismo al periodo semanal de los pedidos. Para ello se caracterizó la demanda quincenal por su media y desviación típica, que fueron respectivamente de 188 y 50 unidades. Esto nos lleva a concluir que la propuesta de Alós Almiñana⁶ para el stock de seguridad sería de 119 unidades. Si se utiliza la fórmula propuesta por Moyano Sierra⁷, se tiene un stock de seguridad de 47 unidades, calculado a partir del prorrateo para 3 días de los datos de la demanda del mes de mayor consumo del medicamento y añadiendo un 20% adicional en términos de error y expansión.

Elección del stock de seguridad basada en la caracterización experimental de la demanda

En la [tabla 1](#) se muestra la función $X(N,Y)$ construida a partir de los datos de demanda real de Infliximab disponibles, computada con el programa Matlab[®]. Estos resultados se muestran también gráficamente en la [figura 1](#). Para satisfacer la demanda con un 100% de seguridad debe haber un número de unidades en stock igual al consumo máximo registrado durante N días consecutivos. Una seguridad del

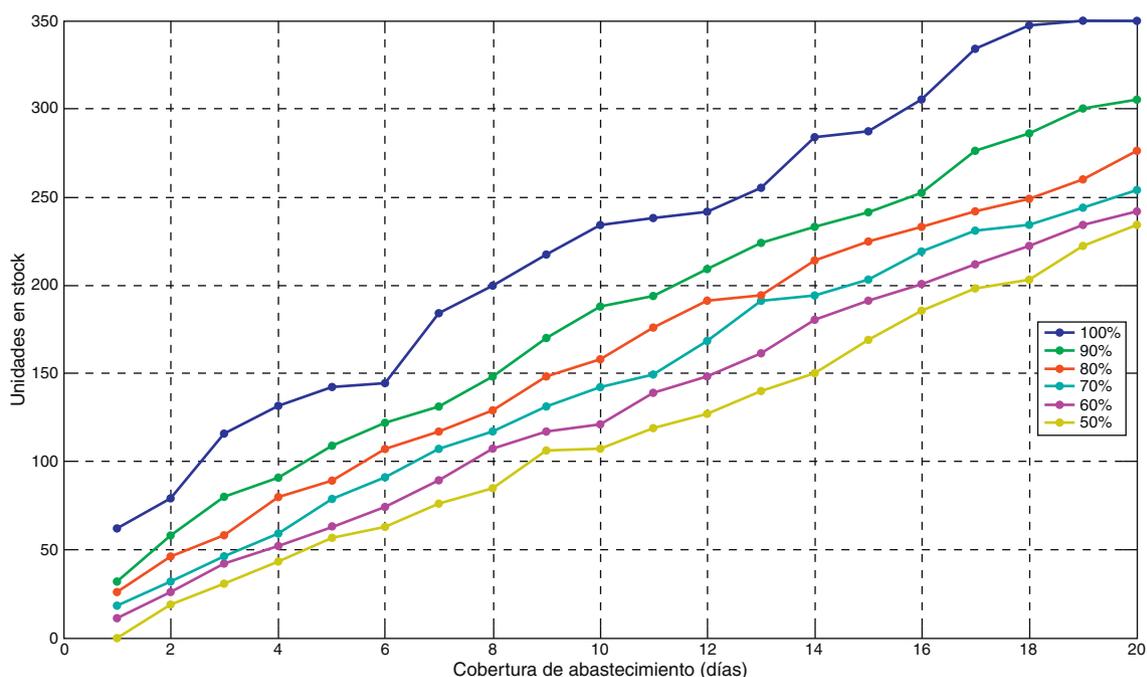


Figura 1 Unidades necesarias para abastecer la demanda de infliximab en función del nivel de seguridad asumido y del número de días de abastecimiento.

50% es aproximadamente equivalente a una planificación del stock de seguridad en base a los consumos diarios medios del medicamento. Esta política no es recomendable por el elevado riesgo de rotura de stock que se asume.

La tabla y la figura nos muestran también que, para un nivel de stock de seguridad dado, es posible calcular el nivel de riesgo que se asume sabiendo el máximo número de días que pueden transcurrir sin que llegue ningún pedido del medicamento en cuestión. Asimismo, conviene destacar también que la función puede ser reforzada con un coeficiente de seguridad que garantice la bondad de la cota del nivel de stock de seguridad y actualizada dinámicamente a medida que se tengan nuevos datos en la serie de la demanda.

Discusión

A la luz de los datos queda claro que el stock de seguridad establecido por el hospital es ligeramente insuficiente, pues aunque abastecería exitosamente con un 90% de probabilidad la demanda del hospital para un día, para dos días este porcentaje ya disminuye hasta el 70% de probabilidad. La cantidad proporcionada por el método propuesto por Alós Almiñana⁶ garantiza con un 100% de seguridad el stock para 3 días, con un 95% aproximadamente para 4 días y con un 90% para 6 días, tal y como puede comprobarse en la gráfica. No cabe duda de que se trataría de un stock de seguridad sólido, aunque la cifra es muy conservadora y exige un nivel considerable de stock inmovilizado. Por su parte, el método de Moyano Sierra⁷ garantiza en un 95% el stock para un día, en un 80% para dos días y un 70% para tres días. Como puede comprobarse, las diferentes cifras propuestas para el valor del stock de seguridad varían notablemente entre sí. Por lo tanto, convendría disponer de una cantidad menos agresiva que la utilizada por nuestro hospital y la fórmula de Moyano Sierra,⁷ y al mismo tiempo más eficiente que la propuesta por Alós Almiñana⁶. Para ello analizaremos las dos posibles causas que motivan la existencia de un stock de seguridad:

1. Retrasos inesperados en la entrega: en este caso se trata de un medicamento con tiempos de entrega bien establecidos y negociados con el proveedor. Pese a ello se supondrá un posible retraso máximo de dos días en la entrega, que es el tiempo normal de entrega de un nuevo pedido. Esto equivale a suponer que se ha dejado de recibir un pedido que se esperaba y se ha tenido que cursar un nuevo pedido. Asumiendo que la demanda ha sido igual a la media durante los días del retraso, se debería contar con un stock de seguridad de al menos 23 unidades (11,4 unidades \times 2 días).
2. Demandas inesperadas: desde este punto de vista, el stock de seguridad debería venir dado por la diferencia entre la demanda máxima esperable durante los días que tarda en llegar un pedido normal y la demanda media. Diariamente cabe esperar una demanda de 11,4 unidades, por lo que se considerará como inesperado cualquier valor de la demanda por encima de este. En dicho caso el máximo número de días considerado es igual a 2. Tal y como se aprecia en la tabla 1, la demanda máxima esperable durante 2 días es de 79 unidades. Por otra parte, el consumo esperado es de 23 unidades durante ese periodo (11,4 unidades \times 2 días). Por lo tanto, el

stock de seguridad recomendado debería ser al menos de 56 unidades.

Si se asume que nunca van a concurrir estas dos circunstancias, es posible tomar como stock de seguridad el nivel más restrictivo de ambas, que para el medicamento estudiado sería de 56 unidades. Este valor se correspondería con un 90% de seguridad para dos días y un 80% para 3 días. Es evidente que esta cifra no garantiza el abastecimiento ante cualquier contingencia con un 100% de seguridad; para ello habría que tomar directamente la cifra correspondiente a la primera columna de la tabla 1 para el número de días deseado. El valor propuesto de 56 unidades rebaja esta cifra asumiendo que nunca se darán simultáneamente una situación de demanda máxima junto con una situación de retraso no esperado en la entrega de un pedido. Es decir, prepara el stock de seguridad para hacer frente a un caso extremo de uno de los dos supuestos que lo fundamentan, pero nunca a una situación en que concurren casos extremos de ambos supuestos a la vez. Este punto de partida permite calcular stocks de seguridad con un adecuado nivel de compromiso entre objetivos contrapuestos como son la minimización del nivel medio de stock y el riesgo de ruptura del mismo.

Finalmente, es destacable la notable diferencia existente en el valor del stock de seguridad en función de la regla utilizada para su cálculo, tal y como se ha demostrado en este artículo. Asimismo, también es reseñable que ninguna de las reglas heurísticas empleadas relaciona el valor propuesto para el stock de seguridad con el nivel de riesgo que se asume. Posiblemente esta sea la mayor ventaja del método propuesto para la elección del stock de seguridad, que permite conocer el nivel de riesgo asumido en su elección. Por tanto, permite diseñar una política de stocks de seguridad coherente con un nivel de riesgo adoptado.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Díaz-Maroto S. Gestión de Stock del Material Sanitario en el Servicio de Farmacia del Hospital General Penitenciario (II): Informatización y Aplicación de la Clasificación ABC al Análisis de Consumo. *Farm Hosp*. 1995;19:165-8.
2. Bermejo T, Cuña B, Napal V, Valverde E, editores. Manual del Residente de Farmacia Hospitalaria. Publicación de la SEFH; 1999 [consultado 30 Ago 2010]. Disponible en: <http://www.sefh.es/sefhpublicaciones/fichalibrolibre.php?id=22>.
3. Wanke P. Tendencias de la gestión de stocks en las organizaciones de salud. *Revista Tecnológica*. 2004;109:74-80.
4. Guía de Gestión de los Servicios de Farmacia Hospitalaria. Ministerio de Sanidad y Consumo; 1997.
5. Parra Guerrero F. Gestión de stocks. 3 ed Madrid: ESIC Editorial; 2005.
6. Alós Almiñana M. Concepción de la gestión económica y su aplicación al desarrollo de la SFH I. IV Congreso AAFH-Mendoza; 2004 [consultado 30 Ago 2010]. Disponible en: http://www.aafhospitolaria.org.ar/capacitacion/4congreso/presentaciones/gestion_economica.pps.
7. Moyano Sierra N. Gestión logística en Servicio de Farmacia [presentación en Internet]. Sociedad Española de Farmacia Hospitalaria [consultado 30 Ago 2010]. Disponible en: www.sefh.es/presentaciones/ges1_gestionlogistica.pps.