

## **Modelo exacto para el dimensionamiento del tamaño de pedidos con deterioro de los insumos**

Mieras, Margarita Miguelina; Tobares, Tania Daiana; Sánchez Varretti, Fabricio Orlando\*; Palma, Ricardo Raúl; Forradellas, Raymundo

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael. Grupo SiCo. Gral. Urquiza 314, 5600, San Rafael, Mendoza, Argentina.  
fabriciosanchezv@yahoo.com.ar*

### **RESUMEN**

La necesidad de las empresas de reducir costos, incrementar sus ganancias y ser sustentables ha llevado a concentrarse en las actividades logísticas para lograr estos objetivos. La gestión de inventarios es una alternativa para reducir los costos de las organizaciones a través de una mejor gestión de las materias primas y su distribución. Es interesante investigar el comportamiento de los tamaños de los grupos de pedidos para satisfacer las necesidades del sistema de producción.

En este trabajo presentamos un modelo teórico de aprovisionamiento que contempla el deterioro temporal de los insumos a la vez que determina el tamaño óptimo del lote de pedido. Con esta solución analítica exacta es posible interpretar y estudiar el proceso productivo en profundidad.

**Palabras Claves:** planificación, tamaño de lote, deterioro.

### **ABSTRACT**

The need for companies to reduce costs, increase their profits and be sustainable has led them to focus on logistics activities to achieve these objectives. Inventory management is an alternative to reduce the costs of organizations through better management of raw materials and their distribution. It is interesting to investigate the behavior of the sizes of the groups of orders to satisfy the needs of the production system.

In this work we present a theoretical supply model that considers the temporary deterioration of inputs while determining the optimal size of the order lot. With this exact analytical solution, it is possible to interpret and study the production process in depth.

**Keywords:** planning, lot size, deterioration.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las organizaciones se encuentran en constante búsqueda para reducir los costos en sus operaciones diarias e incrementar beneficios lo que ha generado que centren la atención en las actividades logísticas [1]. Uno de los objetivos para alcanzar el éxito empresarial es tener un buen control de los inventarios y de la cadena de abastecimiento. Mantener cantidades innecesarias de materias primas o insumos implica un alto costo y este representa una cantidad de dinero detenido, lo cual genera un costo de oportunidad además de las pérdidas que se pueden generar por el deterioro de los productos. Entre las metas que debe proponerse una compañía se encuentra presentar un buen nivel de servicio contando con los inventarios estrictamente necesarios. Para ello debe recurrir a diversas herramientas avanzadas y metodologías que le permitan presentar un nivel adecuado de existencias en almacén sufriendo la oferta y demanda fluctuante.

En este contexto, se ha demostrado que la política óptima de dimensionamiento de lotes en la cadena de suministro (SC) tiene un papel industrial importante. Los tamaños de lotes definidos correctamente permiten a las empresas reducir costos y ofrecer un valor adicional a los clientes [2].

El problema del tamaño del lote es uno de los más importantes en la producción y el control de inventario [3]. Tomar las decisiones correctas respecto a cuándo y cuánta cantidad de materia prima y/o insumos adquirir afectará directamente el rendimiento del sistema y su productividad, lo que influirá sobre el nivel de competitividad de la empresa en el mercado.

Esta investigación desarrolla avances teóricos para la creación de una herramienta aplicable en pequeñas y medianas empresas que les permitirá conocer, a los tomadores de decisiones, la estrategia óptima para el abastecimiento de las necesidades reales de sus organizaciones. Además, si por algún motivo esta alternativa no fuese viable desde el punto de vista práctico, también ofrecerá información sobre cuáles son las estrategias que siguen en orden creciente de costos para que puedan hallar aquella que resulte más adecuada en su contexto organizacional. Esto resulta factible gracias a que se analizan todas las opciones de pedido que tiene el sistema.

En principio se identifican y describen las variables que caracterizan al sistema. La atención se centra en decisiones de dimensionamiento de lotes de un solo nivel, Single-item Capacitated Lot Sizing problem (CLSP) del tipo NP-Hard [4]. Además, se considera el deterioro u obsolescencia de los artículos y como esto repercute en las variables a estudiar. No se utiliza el supuesto de que los artículos pueden utilizarse indefinidamente. En la práctica, se deterioran (o degradan) con el tiempo y alcanzan el 100 % del deterioro en su fecha de caducidad [5].

El presente trabajo hace foco en el análisis del comportamiento del sistema cuando los requerimientos varían de un periodo a otro dentro de un horizonte de planificación determinado. La investigación se realiza en el marco del conteo exhaustivo de opciones de pedido, tópico en el que los autores venimos trabajando desde hace años. En este caso se estudia la relación que existe entre las necesidades de cada periodo, el tamaño del lote de pedido y el costo de cada política de aprovisionamiento.

## 2. METODOLOGÍA

En la planificación de requerimientos de materiales (MRP) interesa saber cuál es la forma óptima de realizar la adquisición de insumos en función de un costo mínimo para optimizar el sistema y tender a la sustentabilidad.

Definir el tamaño del lote de pedido es un problema frecuente y también uno de los más complejos en lo que respecta a la planificación de la producción, su complejidad depende de diversos elementos para tener en cuenta para su análisis.

En principio, se puede asignar a cada uno de los periodos  $i$  una cantidad a pedir  $\alpha_i \geq 0$ , Tabla 1. Interesa saber cuál es la forma óptima de realizar la adquisición de insumos logrando un costo mínimo para alcanzar la optimización del sistema.

Tabla 1 Requerimientos  $\alpha$  para cada período  $i$  en un sistema de tamaño  $N=5$ .

Periodos ( $i$ )	1	2	3	4	5
Requerimientos ( $\alpha$ )	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$
Tamaño de agrupamiento ( $a_{jk}$ )	3			2	
Cantidad de pedidos ( $N_{p_j}$ )	2				

Se puede apreciar en la Tabla 1 un ejemplo para un tamaño de sistema  $N=5$  en el cual se realizan dos pedidos ( $N_{p_j}=2$ ), el primer pedido de tamaño de agrupamiento tres ( $a_{j1}=3$ ) indica que se abastecen los periodos  $i=1,2,3$  y el segundo pedido de tamaño de agrupamiento dos ( $a_{j2}=2$ ) establece que se abastecen los periodos  $i=4,5$ . Se han desarrollado distintas técnicas que indican la cantidad de periodos a agrupar de modo de realizar una adquisición de recursos para cubrir las necesidades de ese grupo de periodos.

Se propone analizar todas las combinaciones, que tamaño de agrupamiento es más preponderante. Los resultados se obtendrán de la ejecución de un programa computacional de desarrollo propio especialmente diseñado para generar todas las combinaciones posibles de formas

de pedir los insumos necesarios para  $N$  periodos a través de  $2^{(N-1)}$ . Luego calcular los costos asociados a cada una de esas alternativas posibles [6,7]

Interesa saber con qué frecuencia aparecen los distintos tamaños de agrupamientos que arrojan las soluciones óptimas en relación con la cantidad promedio de requerimientos en un tamaño  $N$  de sistema. Además, analizaremos diferentes situaciones referidas a los requerimientos de materiales. El caso más sencillo es cuando estas cantidades son constantes en cada uno de los periodos, sistema homogéneo. Por otro lado, también estudiaremos cuando los requerimientos son variables considerando un porcentaje de variación en cada periodo, sistema heterogéneo. De esta manera podremos proponer una política óptima de abastecimiento de materiales en cada uno de estos sistemas.

## 2. RESULTADOS.

Resulta interesante investigar cuales son los tamaños de agrupamiento ( $a_{jk}$ ) que predominan en cada solución óptima en relación con el promedio total de cantidades de requerimientos en un sistema  $N$ . También es importante ver cómo se comportan estos tamaños en función de la relación de costos  $C_p/C_m$ . Identificando estos agrupamientos podemos reducir el tiempo de búsqueda de la solución óptima dentro de todas las formas posibles de realizar el aprovisionamiento. Desarrollaremos una serie de experimentos numéricos donde simularemos distintas cantidades requeridas en un tamaño de sistema  $N$ . Para ello establecemos las necesidades totales para un sistema de tamaño  $N=6$  en forma aleatoria. Asignamos distintas cantidades a la variable  $\alpha_i$ . Se tendrá en cuenta el análisis de un sistema homogéneo y heterogéneo sabiendo que este último recibe una variación  $\pm 10\%$ . Establecemos costo de pedir  $C_p=100$ ; costo de mantener  $C_m=1$ . Este procedimiento se repetirá para distintas cantidades a pedir en cada intervalo.

Los ensayos se llevarán a cabo para distintas cantidades de requerimientos  $1 \leq \alpha_i \leq 120$  y  $N=6$ . Comenzaremos con un sistema homogéneo donde las cantidades en cada periodo se mantienen constante para una relación de costos  $C_p/C_m=100$ .

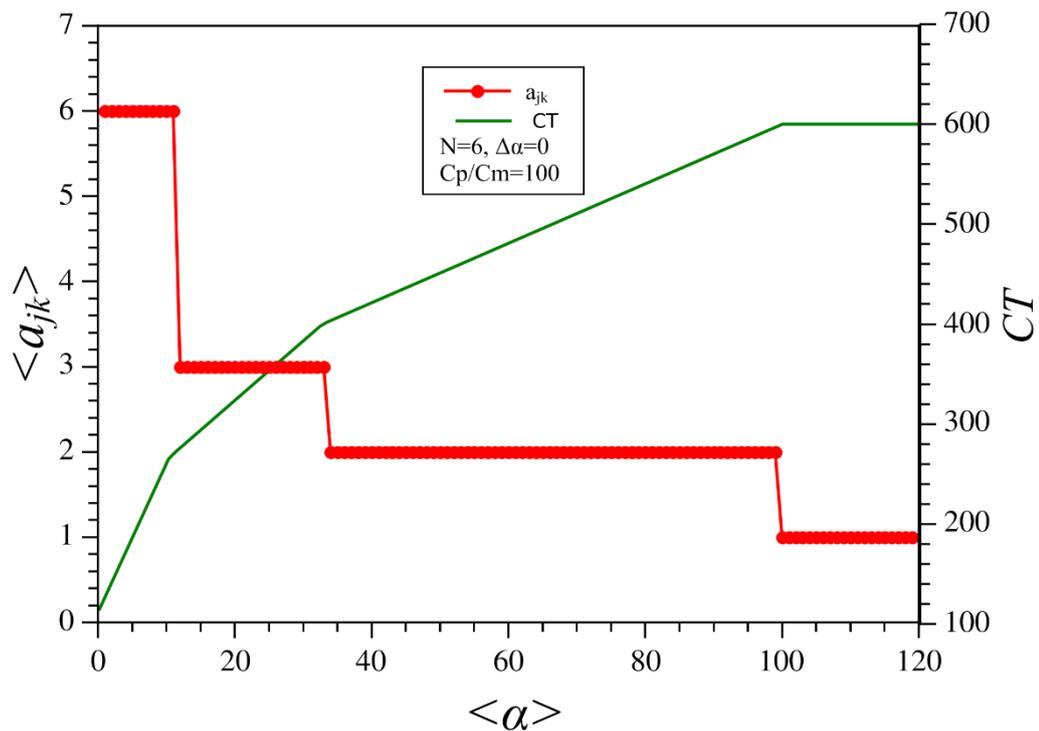


Figura 1 Tamaño promedio del pedido ( $a_{jk}$ ) y Costo Total (CT) en función de las cantidades promedio requeridas ( $\Delta\alpha=0$ ) en cada periodo ( $i$ ).

Podemos observar en la Figura 1, para un determinado intervalo de cantidades  $\alpha$  a pedir el tamaño promedio de los agrupamientos óptimos de pedido se mantiene constante. Cuando estos valores de  $\alpha$  alcanzan cierto umbral el tamaño promedio de ellos se reduce lo que podemos visualizar en los diferentes escalones que aparecen en la figura. Esto se debe a que al aumentar las cantidades pedidas se incrementa el costo de mantener en relación con el costo de pedir, siendo preferible realizar más pedidos y mantener menos cantidades en inventario.

Luego analizamos un sistema heterogéneo donde las cantidades en cada periodo varían en un porcentaje de  $\pm 10\%$  para una relación de costos  $C_p/C_m=100$ , Figura 2.

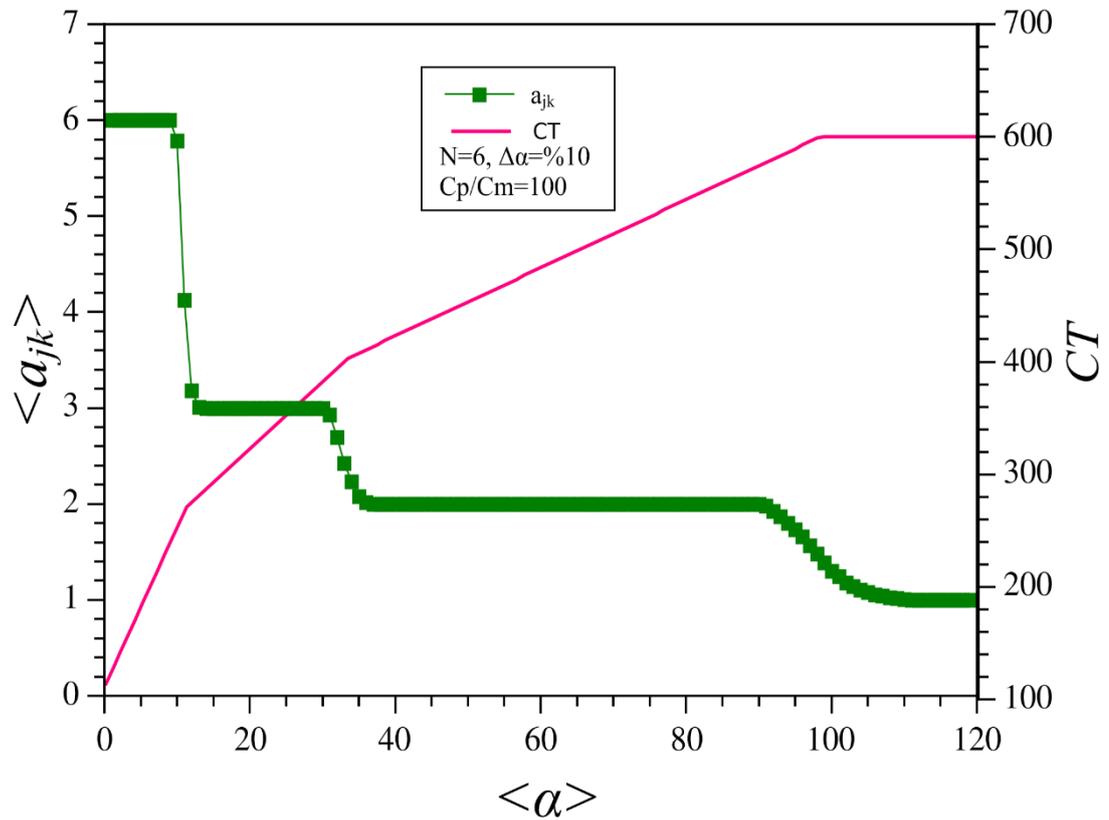


Figura 2 Tamaño promedio del pedido ( $a_{jk}$ ) y Costo Total (CT) en función de las cantidades promedio requeridas ( $\Delta\alpha=\pm 10$ ) en cada periodo ( $i$ ).

Podemos observar que a medida que aumentan las cantidades promedio requeridas del sistema los saltos al pasar de un tamaño de agrupamiento a otro no son tan abruptos por lo que no se perciben soluciones óptimas concentradas en un determinado valor  $a_{jk}$ .

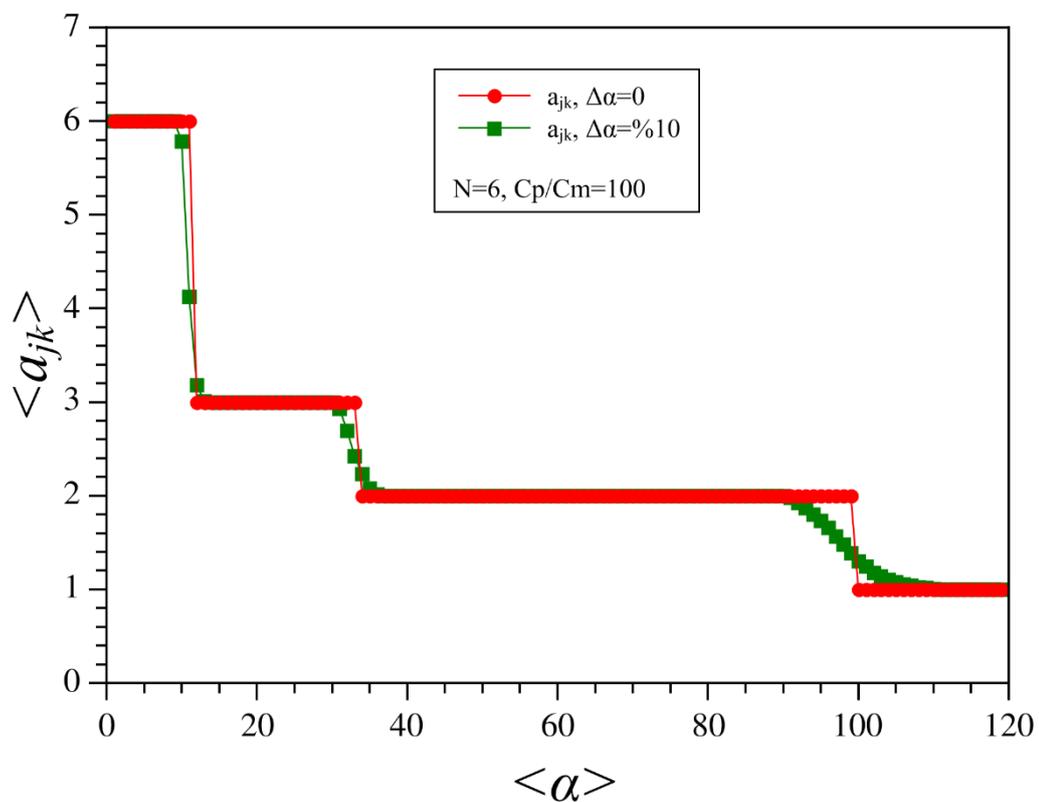


Figura 3 Tamaño promedio del pedido ( $a_{jk}$ ) en función de las cantidades promedio requeridas para  $\Delta\alpha=0$  y  $\Delta\alpha=\pm 10$  en cada periodo ( $i$ ).

En la figura 3 se comparan los resultados de los dos casos anteriores para los tamaños de pedido en función de las cantidades requeridas. Se observa que al permitir la variación de las necesidades de cada periodo los cambios en la política de aprovisionamiento no son abruptos. Esto implica que se presentan distintos tamaños de pedido que tienen un costo mínimo.

También podemos observar que dada una relación entre el costo de pedir y el costo de almacenar, para cantidades pequeñas de requerimientos las soluciones óptimas determinan que el tamaño del lote de pedido es aquel que cubre las necesidades de todos los periodos del sistema, por lo que  $a_{jk}=N$ . Para mayores cantidades de requerimientos las soluciones óptimas determinan que el tamaño del lote de pedido es aquel que cubre las necesidades de un solo periodo, por lo que  $a_{jk}=1$ .

En ambos casos cuando se alcanza un valor determinado de  $\alpha$  existe una única solución óptima que indica que el tamaño del lote de pedido es aquel que cubre las necesidades de un solo periodo, por lo que  $a_{jk}=1$ . Lo que resulta lógico ya que establece que las cantidades a almacenar son tantas que conviene realizar un pedido en cada periodo obteniendo un menor costo total.

### 3. CONCLUSIONES.

Asignando distintos valores a la variable  $\alpha_i$ , se observa que:

Cuando los requerimientos no varían dentro de un mismo periodo, a medida que se analizan distintos sistemas con cantidades crecientes de  $\alpha_i$ , los tamaños del lote de pedido que arrojan las soluciones óptimas se mantienen constantes durante cierto rango de  $\alpha_i$  hasta que se produce un cambio abrupto de  $a_{jk}$ . El valor que toma la variable  $a_{jk}$  en cada escalón indica que el tamaño de cada lote de pedido va a ser siempre el mismo.

Cuando los requerimientos varían dentro de un mismo periodo, en este caso +- 10 %, a medida que se analizan distintos sistemas con cantidades crecientes de  $\alpha_i$ , los tamaños del lote de pedido que arrojan las soluciones óptimas también se mantienen constantes durante cierto rango de  $\alpha_i$ , sin embargo, la transición es paulatina de un escalón a otro. Esto indica que los tamaños de los agrupamientos no son iguales.

### 4. REFERENCIAS.

- [1] Chopra, S. y Meindl, P. (2008). Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación. 3 ed. México D. F.: Pearson Prentice Hall. 552 p.
- [2] Shekarabi, S. A. H., Gharaei, A. y Karimi, M. (2018). Modelling and optimal lot-sizing of integrated multi-level multi-wholesaler supply chains under the shortage and limited warehouse space: generalized outer approximation. *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics* 6:237–257.
- [3] Alfares, H. K. y Turnadi, R. (2018). Lot sizing and supplier selection with multiple items, multiple periods, quantity discounts, and backordering. *Journal: Computers Industrial Engineering*, Volume 116, pp 59–71.
- [4] Karimi, B., Fatemi Ghomi, S. M. T. y Wilson, J. M. (2003). The capacitated lot sizing problem: a review of models and algorithms. *Omega*, Vol. 31, pp 365-378.
- [5] Wu, J., Chang, C. T., Teng, J. T. y Lai, K. K. (2017). Optimal order quantity and selling price over a product life cycle with deterioration rate linked to expiration date, *International Journal of Production Economics*, Volume 193, pp 343-351, DOI: 10.1016/j.ijpe.2017.07.017.
- [6] Heizer, J. H. y Render, B. (2014). Principles of operations management. Pearson 9th Edition. ISBN-13: 978-0132968362.
- [7] Hopp, W. J. y Spearman, M. L (2008). Factory physics. Waveland Press 3rd ed. Long Grove IL.

### Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael. Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto PID: Optimización en el dimensionamiento del tamaño de lote en industrias locales y regionales, PAECBSR0008105TC, dentro del grupo de investigación de UTN FR SR, SiCo - Grupo de Sistemas Complejos.