

# **OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE INVENTARIO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA Y COMERCIALIZADORA DE HELADOS**

Germán Rossetti\* y Leticia Arcusin

Dpto. de Ingeniería Industrial

(Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral)

Santiago del Estero 2829, 4º piso - 3000 Santa Fe - Argentina

E-mail: groseti@fiq.unl.edu.ar

**Resumen.** Actualmente, las empresas presentan problemas de inventario con diversas características muy particulares unas de otras. El mantenimiento de inventarios adecuados en una empresa posee implicancias no sólo económico-financieras, sino logísticas, limitaciones de espacio físico e incluso de producción; de allí que en su determinación se empleen grandes cantidades de tiempo y dinero, los cuales en caso de ser exitosos, propician el buen desempeño de las empresas. En el presente trabajo se propone una mejora del Sistema de Inventario de productos terminados para una PyME productora y comercializadora de helados, radicada en la ciudad de Santa Fe, Argentina. El objetivo principal de la política propuesta es responder a la demanda de productos finales, optimizando el uso de los recursos de capital invertidos en el control y mantenimiento de inventarios. En primer lugar, se analiza el funcionamiento general de la organización, y más específicamente, su logística. Luego, utilizando técnicas apropiadas, y considerando las características que presenta la organización con respecto a las diversas variables de la gestión de inventarios, se selecciona el sistema Min-Max de control de inventarios de demanda. Las necesidades de tener un control riguroso sobre los inventarios y reducir el stock de seguridad, son las premisas que se tienen en cuenta para escoger dicho modelo. Con la

---

\* A quien debe enviarse toda la correspondencia

finalidad de implementarlo, se determinan los parámetros correspondientes, considerando las características particulares de la empresa bajo estudio.

**Palabras clave:** Optimización, Sistema de Inventario, Helados.

## 1. Introducción

La disponibilidad de inventario surge como consecuencia de satisfacer las necesidades y requerimientos de los clientes, adecuadamente en el tiempo. Para ello, se debe implementar una política de inventario, teniendo en cuenta el sector productivo al cual pertenece la empresa, el sistema productivo adoptado y las características intrínsecas de los proveedores de los distintos suministros necesarios para la producción. La finalidad de la administración de inventario es encontrar un equilibrio entre stocks y su costo de mantenimiento (Chopra y Meindl, 2008).

El control de stock forma parte de la logística de las empresas. En décadas pasadas, la logística consistía en tener el producto justo, en el sitio justo, en el tiempo oportuno y al menor costo posible. Dicho concepto fue evolucionando y actualmente, la logística determina y coordina en forma óptima el producto correcto, el cliente correcto, el lugar correcto y el tiempo correcto. Si se asume que el rol del marketing es estimular la demanda (Soret, 2006), el rol de la logística es satisfacerla.

A través de un análisis detallado de la demanda en términos de nivel, ubicación y tiempo, es posible determinar el punto de partida para atenderla en términos de costos y efectividad (Chapman, 2006).

En el presente trabajo se analiza la gestión de inventario de productos terminados llevada a cabo por una Pequeña y Mediana Empresa (PyME), localizada en la ciudad de Santa Fe, Argentina, dedicada a la producción y comercialización de helados. De dicho estudio, se desprende que al ser una empresa en pleno crecimiento, la misma no cuenta con una política adecuada de gestión de inventarios, de aquí la importancia y potencialidad del diseño, desarrollo y aplicación de un método de gestión acorde a las necesidades de la empresa. Por lo tanto, se desarrolla una propuesta de mejora del Sistema de Inventario de productos terminados de la empresa bajo estudio. El mismo

abarca el relevamiento de información asociado a dichos productos y la determinación del modelo o método propicio y sus respectivos parámetros.

## **2. Descripción de la Empresa y su Sistema de Inventario Actual**

La empresa bajo estudio se dedica a la producción y comercialización de helado y cuenta con ocho bocas de expendio (siete propias y una franquicia), distribuidas en puntos estratégicos de distintos barrios de las ciudades de Santa Fe y Santo Tomé, Argentina.

En lo referente al manejo de inventarios, en la actualidad la empresa realiza una filosofía de método de demanda (pull). Esta filosofía considera cada punto de las existencias como independiente de los demás puntos del canal de distribución. El pronóstico de la demanda y la cantidad de reaprovisionamiento se realizan tomando en consideración sólo las condiciones locales. Otra característica es que no hay consideración directa del efecto que tendrán las cantidades de reaprovisionamiento, cada cual con sus diferentes niveles y oportunidades, en las economías de las plantas de origen. Sin embargo, esta valoración ofrece un control preciso sobre los niveles de inventario en cada ubicación. Por lo tanto, la firma elige asignar cantidades de reaprovisionamiento a inventarios basados en las necesidades que se presentan en cada ubicación mediante notas de pedidos realizadas tres veces por semana (lunes, miércoles y jueves) en las que se especifican las cantidades de baldes que se requieren de cada uno de los gustos. Este sistema de control de inventarios por demanda otorga bajos niveles de inventario en los puestos de abastecimiento, debido a su respuesta a las condiciones particulares de la demanda y de costo de cada uno de ellos. Una vez llegadas las notas de pedido, son procesadas para cumplimentar los requerimientos de inventario de los almacenes de las bocas de expendio.

Debido a las características del producto, la empresa dispone de una cámara de frío de una capacidad de 26250 litros, donde almacena los potes de cada uno de los gustos que produce, a una temperatura de  $-17^{\circ}$  C. Una vez producido el helado, es almacenado en potes de 20 litros, lo cual equivale aproximadamente a 11 kgs. de producto, por lo que se tiene una capacidad teórica de almacenamiento de aproximadamente 1300 potes en el depósito de productos finales.

El mismo personal dedicado a la producción se encarga de la operación del depósito, realizando el traslado de los potes una vez producido e ingresando y ubicándolos dentro de la cámara. Los potes están sectorizados según las bases y gustos, encontrándose más próximos a la entrada/salida aquellos gustos que tienen mayor rotación.

### **3. Política de Inventario para Productos Terminados**

El objetivo de la logística es lograr que un conjunto de actividades, entre las que se destacan: (i) Transporte de materias primas e insumos de productos terminados; (ii) Administración de inventarios y gestión de almacenes y centros de distribución y (iii) Definición de estándares de servicio al cliente, se desarrollen de manera coordinada e integrada de forma que los productos y servicios de la empresa estén disponibles para los clientes en el momento, lugar, condición y forma deseada, y de la manera más beneficiosa o efectiva desde el punto de vista de costos para la empresa (Pau Cos, 2001).

El primer paso para definir una política de inventario es analizar la naturaleza de la demanda: (i) perpetua; (ii) estacional o (iii) irregular (Ballou, 2004). Una variable importante, en la administración de inventarios, es saber si la demanda del producto que se analiza es independiente o dependiente. Como la demanda de los productos terminados de la empresa bajo estudio varía de un mes a otro, se deben elevar o reducir las tasas de producción de modo de poder satisfacer la demanda de los clientes. Del análisis realizado se concluye que la demanda de los productos que ofrece la empresa posee patrones de aleatoriedad, estacionalidad y tendencia.

Para determinar las políticas de inventarios existen tres clases de costos importantes: (i) Costos de adquisición: es el costo debido al procesamiento, ejecución, transmisión, manejo y compra del pedido, (ii) Costos de mantenimiento del inventario: se calcula como un porcentaje del costo de un producto y es la suma de los siguientes componentes principales: costo de capital, costo de obsolescencia (o deterioro), costo de manejo de inventario, costo de ocupación y costos varios y (iii) Costos por falta de existencias: estos costos se generan debido a la falta del material en el inventario. Hay dos tipos de costos por falta de existencias: (i) costos por cliente insatisfecho y (ii) costos por pedidos pendientes.

Debido a las características que presentan las diversas variables que influyen en la gestión de inventarios de este caso en estudio, se considera apropiada la utilización del sistema Min-Máx de control de inventarios de demanda (García Sabater et. al, 2004).

Las necesidades de tener un control riguroso sobre los inventarios de productos finales y reducir los stocks de seguridad, son las premisas que se tienen en cuenta para elegir este método. En primer lugar, el ajustado control de stock debe tenerse debido a la cantidad de entradas y salidas que se producen a diario en la planta, mientras que, la reducción del stock de seguridad se ve relacionada con la capacidad limitada de almacenamiento de las cámaras de frío y la posibilidad de reducir costos de mantenimiento de inventario.

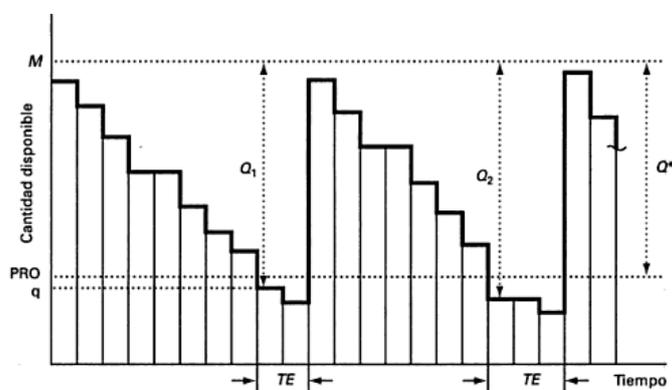


Fig. 1. Sistema Min-Máx de control de stock

Este modelo es una variante del modelo de punto de reorden; sin embargo, posee dos diferencias. Como se puede observar en la Figura 1, cuando se coloca un pedido se hace por la cantidad que determina la diferencia entre la cantidad objetivo,  $M$  (nivel máximo), y la cantidad disponible,  $q$ , en el momento en el que el nivel de inventario alcanza el punto de reorden. La cantidad de reorden no siempre es la misma, porque el monto de la cantidad disponible que cae por debajo del punto de reorden se añade a  $Q^*$ . Este monto extra es necesario, dado que para el caso en estudio el nivel de inventario puede caer en una cantidad mayor a una unidad, debido a que, entre las actualizaciones de registros, se solicitan múltiples unidades del artículo desde el inventario. Los parámetros a determinar son:  $M$ ,  $ROP$ ,  $Q^*$  y  $CT$ ; y su cálculo se expone a continuación.

La cantidad de stock a la que se debe reordenar se determina mediante la Ec. (1).

$$ROP = D.LT + z.S_D \quad (1)$$

Donde: (i)  $LT$  es el período de entrega, (ii)  $z$  es el número de desviaciones estándar desde la media de la distribución del tiempo de entrega, (iii)  $S_D$  es la desviación estándar de la demanda en el período de incertidumbre  $LT$ .

El nivel de inventario para un artículo es auditado a intervalos predeterminados ( $T^*$ ). La cantidad de un pedido es la diferencia entre una cantidad máxima o target ( $M^*$ ) y la cantidad disponible en el momento de la revisión. Por lo tanto, el inventario se controla estableciendo  $T^*$  y  $M^*$ . El valor de  $T^*$  se determina mediante la Ec. (2):

$$T^* = \frac{Q^*}{D} \therefore T^* = \sqrt{\frac{2S}{C_m \cdot D}} \quad (2)$$

Donde: (i)  $D$  es la Velocidad de demanda [unidades/tiempo], (ii)  $S$  es el Costo de emisión de la orden de adquisición [\$/orden], (iii)  $C_m$  es el Costo de mantenimiento de inventario [\$/unidad.tiempo] y (iv)  $Q^*$  es la cantidad óptima a pedir [unidad]. Luego, el punto de nivel máximo ( $M^*$ ), se calcula mediante la Ec. (3):

$$M^* = D(T^* + LT) + z.s'_d \quad (3)$$

Donde: (i)  $LT$  es el tiempo de entrega, (ii)  $z$ : número de desviaciones estándar desde la media de la distribución, y (iii)  $s'_d$  es la desviación estándar de la distribución y se calcula según la Ec. (4):

$$s'_d = s_d \sqrt{T + LT} \quad (4)$$

El costo total del sistema se calcula mediante la Ec. (5):

$$CT = Cu.D + S \frac{D}{Q} + Cm \cdot \frac{Q}{2} + Cu.I.z.s'_d + \frac{D}{Q} \cdot k.s'_d \cdot E(z) \quad (5)$$

Donde: (i)  $C_u$  es el costo unitario [\$/unidad], (ii)  $I$  es el costo de manejo de inventario en porcentaje anual [%/tiempo], y (iii)  $E(z)$  es la unidad normal de pérdida integral cuyos valores están tabulados como función de la desviación normal  $z$ .

#### **4. Desarrollo de la Política de Inventario**

##### **4.1 Análisis de Criticidad de los Productos Terminados de la Empresa**

Un aspecto importante para el análisis y la administración de un inventario es determinar qué artículos representan la mayor parte del valor del mismo, midiéndose su uso en dinero, y si justifican su consecuente inmovilización monetaria (Rossetti y Arcusin, 2012). Estos artículos no son necesariamente ni los de mayor precio unitario, ni los que se consumen en mayor proporción, sino aquellos cuyas valorizaciones (precio unitario x consumo o demanda) constituyen porcentajes elevados dentro del valor del inventario total. Generalmente sucede que, aproximadamente el 20% del total de los artículos, representan un 80% del valor del inventario, mientras que el restante 80% del total de los artículos inventariados, alcanza el 20% del valor del inventario total.

El gráfico ABC (o regla del 80/20 o ley del menos significativo) es una herramienta que permite visualizar esta relación y determinar, en forma simple, cuáles artículos son de mayor valor, optimizando así la administración de los recursos de inventario y permitiendo tomas de decisiones más eficientes. Según este método, se clasifican los artículos en clases, generalmente en tres (A, B o C), permitiendo dar un orden de prioridades a los distintos productos: (i) Artículos A: los más importantes a los efectos del control; (ii) Artículos B: aquéllos artículos de importancia secundaria y (iii) Artículos C: los de importancia reducida. Los datos utilizados en el presente trabajo corresponden al año 2011, pues es donde se posee información completa de los beneficios producidos por cada producto en pesos.

Siguiendo lo antes descripto para obtener la curva ABC, en la Tabla 1 se ordenan los productos en orden decreciente según el beneficio anual, y se muestra que el 19,35% de los productos, es decir, doce gustos, representan el 62,16% de la facturación anual de la firma y de esta forma son clasificados como tipo A. La razón por la cual se realiza este análisis es porque no todos los productos deberían recibir el mismo tratamiento logístico.

**Tabla 1.** Productos tipo A de la clasificación ABC

	<b>Gusto</b>	<b>Demanda Anual [KG]</b>	<b>Beneficio Anual[\$]</b>	<b>% Acum. del total de productos</b>	<b>% del total de ventas</b>	<b>% Acum. del total de ventas</b>
1	Frutilla a la crema	12524,1	920677,90	1,64%	7,61%	7,61%
2	Dulce de leche	12325,5	906078,32	3,28%	7,49%	15,10%
3	Crema Oreo	11359,4	835057,89	4,92%	6,90%	22,01%
4	Chocolate	10941,1	804307,61	6,56%	6,65%	28,66%
5	D. de leche graniz.	9027,4	663626,74	8,20%	5,49%	34,15%
6	Banana Split	8852,3	650754,70	9,84%	5,38%	39,53%
7	Tramontana	7578,7	557129,18	11,48%	4,61%	44,13%
8	Flan c/ d. de leche	6811,7	500745,10	13,11%	4,14%	48,27%
9	Vainilla	6483,7	476633,00	14,75%	3,94%	52,21%
10	D. de leche TREVI	5905,6	434135,42	16,39%	3,59%	55,80%
11	Crema americana	5375,4	395159,09	18,03%	3,27%	59,07%
12	Limón	5076,4	373178,86	19,67%	3,09%	62,16%

#### 4.2 Aplicación del Método Min-Max

**Costos Pertinentes.** Para la implementación de una política de inventarios son importantes tres clases generales de costos: (i) costos de adquisición, (ii) costos de manejo y (iii) costos por falta de existencias.

Los costos de adquisición en ciertas ocasiones son una fuerza económica importante que determina las cantidades de reorden. Cuando se coloca un pedido de reaprovisionamiento se incurre en un número de costos relacionados con el procesamiento, ejecución, transmisión, manejo y compra de los pedidos. Específicamente, pueden incluir el precio del producto para varios tamaños de pedidos; el costo por establecimiento del proceso de producción; el costo de procesar el pedido; el costo de enviar el pedido al punto de suministro; el costo de cualquier manejo o procesamiento de materiales de los artículos comprados y el costo de cualquier manejo o procesamiento de materiales de los artículos en el punto de recepción.

Como en este caso los productos finales se los auto suministra la empresa, los costos de adquisición se alteran para reproducir los costos de ejecución de producción. Los costos de mantener inventario resultan de guardar o mantener artículos durante un período y son bastante proporcionales a la cantidad promedio de artículos disponibles.

Los costos de espacio son cargos hechos por el uso de volumen dentro del edificio de almacenamiento. Cuando el espacio se posee de forma privada, estos costos se determinan mediante la distribución de los costos de operación relacionados con el espacio (como refrigeración y luz), así como los costos fijos, como costos de equipo del edificio y del almacenamiento sobre una base de volumen almacenado.

Los costos de capital se refieren al costo del dinero en conexión con el inventario. Este costo puede representar más del 80% del costo total de inventario, tal cual muestra la Tabla 2, aunque es el más intangible y subjetivo de todos los costos de manejo. Una posibilidad es utilizar el costo de capital promedio de la empresa, mientras que otra es utilizar la tasa promedio de recuperación requerida de las inversiones de la compañía.

**Tabla 2.** Porcentajes relativos de los elementos de costo para mantener inventario

CONCEPTO	PORCENTAJE
Costos de interés y oportunidad	82.00
Obsolescencia y depreciación física	14.00
Almacenamiento y manejo	3.25
Impuestos de propiedad	0.50
Seguros	0.25

Los costos de servicio de inventario son los seguros e impuestos que se aplican sobre los artículos y también son una parte de los costos de mantener inventario, porque su nivel depende en gran medida de la cantidad de inventario disponible. La cobertura del seguro se maneja como una protección frente a pérdidas por incendios, tormentas o robo. Los impuestos de inventarios son cargados a los niveles de inventario hallados el día del cálculo. Aunque el inventario en el momento del cálculo de impuestos sólo refleja el nivel promedio de inventario experimentado a través del año, los impuestos

por lo general representan sólo una pequeña porción del costo total de manejo pues las tasas son bajas normalmente.

Los costos de riesgo de inventario son los relacionados con el deterioro, pérdida, daño u obsolescencia. Pueden estimarse como pérdida directa de valor, como el costo de trabajarlo de nuevo, o como el costo de suministrarlo de una ubicación secundaria.

Finalmente los costos por falta de existencias son los que se incurren cuando se coloca una orden de pedido pero éste no puede surtirse desde el inventario el cual está normalmente asignado. Hay dos tipos de costos por falta de existencias: costos por pérdidas de ventas y costos por pedido pendiente. Los primeros ocurren cuando el cliente, ante una situación de falta de existencias decide cancelar su compra. El costo es el beneficio que se habría obtenido de esta venta en particular y puede incluir, además, un costo adicional por el efecto negativo que al estar sin existencias pueda tener en ventas futuras. Por otro lado, el costo de pedido pendiente ocurre cuando un cliente espera a que su pedido sea surtido, por lo que la venta no esta pérdida, sólo retrasada. Los pedidos pendientes pueden crear costos adicionales de personal y ventas por el procesamiento de los pedidos, y costos adicionales de transportación y manejo cuando tales pedidos no se surten a través de un canal normal de distribución.

#### **4.3 Determinación de Costos**

**Costo de Adquisición (Cadq).** El encargado de emitir la orden de producción es el gerente general, que mediante un chequeo visual diario revisa las cantidades de productos en stock y, emite la orden de producir determinada cantidad de cierto gusto. Una vez finalizada la producción de dicho lote, esta persona se encarga de controlar que la orden emitida se haya cumplido en lo que respecta a las cantidades especificadas y las cantidades de productos. Según entrevistas realizadas al encargado, el tiempo que le insume esta tarea es de 2 horas por orden (promedio). Si bien por ser el titular de la empresa el gerente no percibe una remuneración fija, se asigna un costo de mano de obra similar a lo percibido por los demás operarios en la fábrica con trabajos similares.

Este monto es de 27 \$/hora. Considerando el costo de insumos administrativos para la emisión y control de la orden de pedido, estimado en un 3% del costo asociado a la mano de obra, el costo de adquisición es el que se muestra en la Ec. (6):

$$C_{adq} = \left( 2 \frac{hr}{orden} * 27 \frac{\$}{hr} \right) * 1,03 = 55,62 \frac{\$}{orden} \quad (6)$$

**Costo Unitario (Cu).** Según información brindada por la empresa, el costo por kg. de producto varía entre \$10 y \$15, según el gusto. Como la unidad de almacenamiento de los productos es de 20 litros (balde), el costo unitario se obtiene multiplicando el costo por kg. de cada producto, la densidad y el volumen de almacenamiento. Los costos unitarios para los productos tipo A se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Costo unitario de productos tipo A

PRODUCTO	COSTO POR KG	COSTO POR BALDE	COSTO POR BALDE
	[\$]	2012 [\$]	2013 [\$]
Frut. a la crema	13,50	148,50	187,52
Dulce de leche	13	143	180,58
Crema Oreo	14,50	159,50	201,42
Chocolate	13	143	180,58
D. de L. graniz.	13,50	148,50	187,52
Banana Split	13,50	148,50	187,52
Tramontana	13	143	180,58
Flan c/ D. de L.	13,50	148,50	187,52
Vainilla	12,50	137,50	173,62
D. de L. Trevi	14	154	197,52
Cr. americana	12,50	137,50	173,62
Limón	10,50	115,50	145,85

**Costo de mantenimiento (Cm).** La posesión del inventario origina una serie de gastos, algunos de ellos aparentemente poco significativos. El costo de almacenamiento puede dividirse, a su vez, en tres partes: (i) Costo de operación del almacén: se refiere a los costos asociados a la mano de obra requerida para el manejo de los suministros en inventario, (ii) Costo edilicio: es el costo asociado al área que ocupa cada suministro en el total del almacén y (iii) Costo de capital inmovilizado: es también llamado costo de oportunidad.

**Costo de operación del almacén (CmOA).** Se determina en función de la contribución de los recursos humanos y movimientos de materiales representativo de los productos tipo A y depende de la participación de tales productos en función del total de participación de todos los productos en el almacén.

Los bienes tipo A representan un 55,80% del total de la demanda de productos en kilogramos. Dicho valor se calcula como la contribución en kilogramos de este tipo de productos en función de la demanda total almacenada en el depósito en todo un año.

Para obtener un índice por producto se prorratea la participación de los productos tipo A en el almacén por la relación de la demanda en unidades homogéneas (potes de 20 lt). De esta forma, el índice se calcula como se muestra en la Ec. (7):

$$I_j = (0,56) * \frac{D_j}{D_{total \ tipo \ A}} \quad (7)$$

Luego, el costo de operación se obtiene multiplicando el índice de la Ec. (7) por el costo unitario de cada producto tipo A, como se muestra en la Ec. (8):

$$CmOA_j = I_{operación_j} \cdot Cu_j \quad (8)$$

Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Costo de operación de productos tipo A

<b>PRODUCTO</b>	<b>I<sub>J</sub></b>	<b>CmOA<sub>J</sub> [\$]</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>I<sub>J</sub></b>	<b>CmOA<sub>J</sub> [\$]</b>
Frut. a la crema	0,0764	14,325	Tramontana	0,0462	8,348
Dulce de leche	0,0752	13,576	Flan con dulce de leche	0,0415	7,791
Crema Oreo	0,0693	13,956	Vainilla	0,0395	6,866
Chocolate	0,0667	12,051	D. de leche TREVI	0,0360	7,115
D. de L. graniz.	0,0551	10,325	Crema americana	0,0328	5,693
Banana Split	0,0540	10,125	Limón	0,0310	4,516

**Costo edilicio (CmE).** Este valor se asocia al costo de mantener una unidad de producto almacenado en el depósito durante un período de tiempo.

Para su cálculo se supone que el espacio donde se encuentra la fábrica es alquilado. Según la zona donde se ubica el inmueble y las características que posee, se estima un costo de alquiler mensual de 3500 pesos, lo cual equivale a 42000 pesos anuales. Teniendo en cuenta que el espacio destinado para almacenamiento de productos finales es de 26,25 m<sup>3</sup>, el costo de mantenimiento edilicio anual resulta de \$32 por pote, independientemente del gusto de helado.

**Costo de capital inmovilizado y obsolescencia (CmCI).** Los fondos que se usan para financiar la inversión en inventarios tienen un costo para la empresa. Incluso, si se trata de fondos propios a la inmovilización financiera por este concepto hay que asignarle un costo - costo de oportunidad - ya que esos recursos se podrían haber desplazado en otras inversiones que produzcan cierta rentabilidad con un menor riesgo, tales como bonos, acciones u otros valores. Dicho costo puede estimarse como un 20% del costo unitario de fabricación del producto final (Epen, 2008).

Finalmente, el Costo de Mantenimiento por familia surge de la suma del Costo de operación del almacén (CmOA), el Costo edilicio (CmE) y el Costo de capital inmovilizado y obsolescencia (CmCI). En la Tabla 5 se exponen los resultados obtenidos para el costo de oportunidad y el costo de mantenimiento anual.

**Tabla 5.** Costo de oportunidad y de mantenimiento anual de productos tipo A

<b>PRODUCTO</b>	<b>COSTO DE OPORTUNIDAD</b>	<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>
Frutilla a la crema	37,50	83,825
Dulce de leche	36,11	81,686
Crema Oreo	40,28	86,236
Chocolate	36,11	80,161
D. de L. granizado	37,50	79,825
Banana Split	37,50	79,625
Tramontana	36,11	76,458
Flan c/ D. de L.	37,50	77,291
Vainilla	34,72	73,586
D. de L. TREVI	39,50	78,615
Crema americana	34,72	72,413
Limón	29,17	65,686

**Costo de ruptura.** Este es el costo en que se incurre cuando no se puede atender a la demanda debido a que cuando esta se presenta no hay existencias en el almacén. Este depende de la acción que tome el cliente ante la falta del producto solicitado.

Se pueden dar dos casos distintos: (i) El cliente espera la llegada de los artículos y (ii) El cliente se abastece en otro sitio, pero mantiene la fidelidad. Como en este caso el cliente del depósito de almacenamiento son los puntos de venta propiedad de la misma empresa, y ante la imposibilidad de abastecerse de helados de otras marcas, el costo de ruptura de stock está asociado a la espera de la llegada del producto.

Esta acción tiene un impacto directo en la producción pues debe ordenarse la fabricación de un lote del producto faltante, por lo que se considera para este valor, el costo del tiempo extra insumido por el personal para la reprogramación de la producción, la revisión del stock necesario para la producción del lote reprogramado y la compra de materias primas si fuese necesario. Además se adiciona un costo extra de transporte especial para transportar dicho pedido a destino.

Si un pedido de algún producto tipo A no puede ser cumplido con el stock en almacén, el gerente general debe reprogramar la producción para cumplimentarlo, incurriendo en una pérdida de tiempo de 30 minutos en promedio. Luego, el jefe de producción debe revisar las existencias de las materias primas e insumos de modo de verificar si posee lo necesario para la producción del nuevo pedido. Esta operación lleva un tiempo aproximado de 20 minutos. Finalmente, si es necesaria la compra de suministros, al personal administrativo le toma 15 minutos la gestión de la compra. Cabe aclarar que se desprecian los costos administrativos de comunicación, a saber, costo telefónico, de papel, etc. Una vez producido el lote, el pedido pendiente es enviado a la sucursal que posea la faltante en un viaje especial para tener el producto disponible en los mostradores. Para estimar este valor se promedia las distancias desde la fábrica a los distintos puntos de venta y se lo multiplica por el costo del litro de nafta. Además se adiciona el costo del tiempo del transportista. En la Tabla 6 se presentan las distancias y los tiempos de transporte desde la planta a las diversas sucursales.

**Tabla 6.** Costo de operación y de mantenimiento de productos tipo A

SUCURSAL	DISTANCIA (KM)	TIEMPO (MIN)
Boulevard	2,8	8
Faro	5,6	14
Sur	0,7	2
Aristóbulo	6,7	18
General Paz	5,9	16
Zeballos	6,8	17
Facundo	5,4	15

Los promedios obtenidos son de 4,84 kilómetros y 12,85 min. Además, según relevamientos realizado en la empresa, el número promedio de potes pedidos por ruptura de stock por las sucursales para productos tipo A es de cuatro. Recordando que el salario por hora para trabajadores ligados a la producción es de 27 \$/hora y para trabajadores administrativos es de 32 \$/hora, las componentes del costo de ruptura se pueden calcular mediante la Ec. (9) y la Ec. (10):

$$C_{personal\ marginal} = \frac{\left(\frac{1\ hora}{2\ pedido} + \frac{1\ hora}{3\ pedido} + 0,2141 \frac{hora}{pedido}\right) * 27 \frac{\$}{hora} + \frac{1\ hora}{4\ pedido} * 32 \frac{\$}{hora}}{4 \frac{potes}{pedido}} = \$7625 \quad (9)$$

$$C_{transporte\ marginal} = \frac{4,84 \frac{km}{pedido} * (6,989 * 1,2628 \frac{\$}{litro})}{4 \frac{potes}{pedido} * 12 \frac{km}{litro}} = \$0,889 \quad (10)$$

Por lo tanto, el costo de ruptura marginal es la suma de las componentes determinadas anteriormente y asciende a \$8,514. Finalmente, el costo fijo por orden resulta de multiplicar el costo marginal (\$8,514) por el número promedio de baldes por pedido en caso de ruptura de stock (4) y asciende a 34,05 \$/orden.

#### 4.4 Probabilidad de cobertura

Este parámetro hace referencia a la probabilidad de contar con el stock necesario para cumplimentar la demanda en el período de vulnerabilidad, es decir, en el tiempo de entrega. Para definir la probabilidad de cobertura se toman como criterios fundamentales la posibilidad de sustitución del gusto por otro similar en el punto de venta y la importancia que le da el gerente general a cada gusto por cuestiones de imagen de la empresa.

Mediante entrevistas realizadas al gerente general, se definen los criterios relevantes para la determinación de la probabilidad de cobertura, para luego, poder definir tres distintas probabilidades de cobertura según la opinión del gerente general: 95, 90 y 85%. Las probabilidades de cobertura para cada uno de los gustos tipo A se exponen más adelante, en la Tabla 7.

#### 4.5 Análisis del tiempo de entrega

Al tratarse de productos finales en este eslabón de la cadena de suministros, y al ser una empresa productora, el tiempo de entrega de un lote de producto corresponde al tiempo de fabricación del mismo. Este tiempo posee dos componentes: una fija y otra variable. Por lo tanto se deduce que el tiempo de entrega de una orden de pedido es función de la cantidad ordenada. Según estimaciones realizadas con el gerente general de la empresa, el tiempo de fabricación de un lote de hasta 50 unidades de una crema helada se puede estimar mediante la Ec. (11):

$$T_{entrega -c} = 600 \text{ min} + 9 \frac{\text{min}}{\text{pote}} * Q \quad (11)$$

Por otro lado, el tiempo de fabricación para un lote de helados frutales se estima mediante la Ec. (12):

$$T_{entrega -f} = 450 \text{ min} + 8 \frac{\text{min}}{\text{pote}} * Q \quad (12)$$

Luego, en la política a implementar, la cantidad  $Q^*$  se determina como:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * D * (C_{ord} + s'_d * E(z) * C_{rup})}{C_m}} \quad (13)$$

Como  $Q^*$  depende de  $s'_d$ , y este depende del tiempo de entrega, no se puede calcular en forma directa ambos parámetros por lo que se procede a calcularlos conjuntamente, realizando un proceso iterativo que se describe a continuación:

1. Calcular  $Q$  mediante la forma del EOQ:  $Q = \sqrt{\frac{2 * D * C_{ord}}{C_m}}$ ,
2. Determinar  $LT$  con las expresiones descriptas anteriormente,
3. Calcular la desviación de la demanda en el periodo de incertidumbre mediante la expresión  $s'_d = S_d * \sqrt{LT}$ ,
4. Con la Ec. (13) determinar  $Q^*$ ,
5. Repetir los pasos 2 a 4 hasta que los valores de  $Q^*$  converjan.

En la Tabla 7 se exponen, por un lado, las probabilidades de cobertura de los productos tipo A y, por otro, los tiempos de entrega y la cantidad de productos tipo A obtenidos luego de la iteración explicada anteriormente.

**Tabla 7.** Probabilidad de Cobertura, tiempos de entrega y cantidad de pedido

PRODUCTO	PROBABILIDAD		
	DE COBERTURA	Q*	LT[AÑOS]
Frutilla a la crema	90	46	0,00192922
Dulce de leche	90	48	0,00196347
Crema Oreo	95	41	0,00184361
Chocolate	90	44	0,00189498
D. de Leche granizado	90	40	0,00182648
Banana Split	85	41	0,00184361
Tramontana	85	38	0,00179224
Flan con DL	85	35	0,00174087
Vainilla	90	34	0,00172374
Dulce de leche TREVI	90	31	0,00167237
Crema americana	85	32	0,0016895
Limón	95	37	0,00141933

#### 4.6 Determinación de los parámetros de la política

Finalmente, con los datos determinados con anterioridad, se calculan los parámetros que definen la política de gestión de los inventarios de productos finales en el eslabón de la cadena de suministros correspondiente a la fábrica. Los resultados se exponen a continuación, en la Tabla 8.

Luego, mediante la Ec. (14) se calcula el costo total de la implementación de la política de gestión escogida, obteniendo un valor anual de \$2118884,097.

$$CT = \sum_j CU_j \cdot D_j + \sum_j S \cdot \frac{D_j}{Q_j} + \sum_j Cm_j \cdot \frac{Q_j}{2} + \sum_j CU_j \cdot I_j \cdot z_j \cdot s`_d_j + \sum_j \frac{D_j}{Q_j} \cdot k_j \cdot s`_d_j \cdot E(z)_j \quad (14)$$

**Tabla 8.** Valores de M y ROP para productos tipo A.

<b>PRODUCTO</b>	<b>ROP</b>	<b>M</b>
Frutilla a la crema	13	59
Dulce de leche	14	62
Crema Oreo	15	56
Chocolate	12	56
Dulce de leche granizado	10	50
Banana Split	8	49
Tramontana	7	45
Flan con dulce de leche	6	41
Vainilla	4	41
Dulce de leche TREVI	6	37
Crema americana	5	37
Limón	30	67

## 5. Conclusiones

En el presente trabajo se ha desarrollado la optimización del Sistema de Inventario de Productos Terminados de una PyME productora y comercializadora de helados, de modo de reducir costos optimizando los recursos y mejorando la operación en general de toda la empresa. Para lograr dicho objetivo, el análisis abarca un mismo producto logístico –balde de 20 litros- .

Luego del análisis de la situación actual de la empresa y del comportamiento de la demanda de dichos productos, se propone la aplicación del Método Min-Max de Gestión de Inventario, el cual se focaliza en cada ítem individual, garantizando un excelente control del inventario asociado a través de un monitoreo continuo. Por sus características resulta en costos del sistema de inventario reducidos. Además, posee la ventaja que la cantidad a ordenar es constante, facilitando el procesamiento de las órdenes de pedido de producción. Sin embargo, se desconoce el momento en que se emite una orden, lo cual trae inconvenientes administrativos y de gestión, así como

tampoco permite una planificación al proveedor; ni tampoco posibilita tomar beneficios de estrategias de consolidación al gestionar cada ítem individualmente.

Si bien se espera que la propuesta brinde importantes beneficios a la empresa, cabe aclarar que el modelo propuesto se basa en una gran cantidad de datos que deben ser actualizados periódicamente. De lo contrario, la política propuesta no resulta efectiva.

La política planteada en el presente trabajo requiere de cambios y modificaciones del sistema actual, por lo tanto para lograr su implementación en forma efectiva, necesita del compromiso de todos los actores de la empresa.

En síntesis, se considera que la política de inventario de productos finales propuesta para una PyME productora de helados de Santa Fe, proporciona beneficios fácilmente medibles que justifican el esfuerzo y los recursos necesarios para su implementación.

## Reconocimientos

Los autores agradecen la contribución económica brindada por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, a través del Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (PICT 2012 – N° 1692) y a la Universidad Nacional del Litoral (CAI+D 2011).

## Referencias

- Ballou, R. (2004). Logística: Administración de la cadena de suministros. *Ed. Pearson Educación*. Ciudad de México, México.
- Chapman, S. (2006) Planificación y Control. *Ed. Pearson Educación*. Ciudad de México, México.
- Chopra, S., Meindl, P. (2008). Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, Planeación y Operación. *Ed. Pearson Educación*. Ciudad de México, México.
- Epen, G. (2008). Investigación de operaciones en la ciencia administrativa. *Ed. Prentice Hall*. Ciudad de México, México.
- García Sabater, J., Carboneras M., Albarracín Guillem J. (2004). Gestión de stocks de demanda independiente. *Ed. Universidad Politécnica de Valencia*. Valencia, España.
- Pau Cos, J; De Navacué, R. (2001). Manual de Logística Integral. *Ed. Díaz de Santos*. Madrid, España.
- Rossetti, R., Arcusin, L. (2012). Optimización del Sistema de Inventario de Suministros en una Empresa Productora de Fármacos. *Anales del V Congreso Argentino de Ingeniería Industrial (COINI 2012)*. Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Buenos Aires, E-001.
- Soret Los Santos, I. (2006). Logística y Marketing para la Distribución Comercial. *Editorial ESIC*. Madrid, España.