

UN ENFOQUE MULTICRITERIO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA GESTIÓN DE INVENTARIOS*

*Óscar Parada Gutiérrez***

* El artículo es el resultado del proyecto de investigación *Competitividad, eficiencia y calidad en la gestión empresarial: entorno cultural y cultura organizacional. Impactos*, que se encuentra inscrito en la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Oriente, Cuba, según normas del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medioambiente de Cuba. Las instituciones financiadoras son empresas de Santiago de Cuba y la institución ejecutora es la Facultad de de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Oriente. El proyecto se aprobó según dictamen del consejo científico en julio de 2005 y concluye en diciembre de 2009. No refiere código de registro. El artículo se recibió el 24-09-2008 y se aprobó el 26-06-2009.

** Doctor en Ciencias Económicas, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, 2000; Licenciado en Economía, Universidad de Oriente, 1987. Profesor titular y director del Departamento de Ciencias Empresariales de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Oriente. Correo electrónico: parada@eco.uo.edu.cu.

Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios

RESUMEN

Un sistema de control de inventario eficiente no trata por igual a todos los renglones en existencia, sino que aplica métodos de control y análisis en correspondencia con la importancia económica relativa de cada producto. De ahí una cuestión: ¿cómo clasificar los productos en inventario con un impacto efectivo y eficiente en la administración empresarial? Se ha generalizado, en la práctica, diferenciar la gestión de inventario con dependencia de las características de los artículos que lo componen y, en la literatura revisada, recomendar el método de clasificación ABC, a partir de una variable o parámetro base cuantitativo. Este artículo presenta y aplica en dos organizaciones cubanas de servicios turísticos dos enfoques alternativos (multicriterio de aplicación del método ABC y la matriz de adquisición/índice de rotación), para clasificar los productos en existencia y servir de soporte a una gestión de aprovisionamiento eficiente y orientada al cliente. El estudio revela la pertinencia teórica y la factibilidad práctica de los métodos empleados para la toma de decisiones en la gestión de los inventarios.

Palabras clave:

clasificación del inventario, método ABC, gestión de inventarios.

A Multi-Criterion Focus for Decision-Making in Inventory Management

ABSTRACT

An efficient inventory control system does not treat all items in stock in the same way, but applies methods of control and analysis corresponding to the relative economic importance of each product. This gives rise to a question: "How do we classify products in stock with an effective and efficient impact on business management?". It is becoming general practice to differentiate stock management with dependence on the characteristics of articles in which it is composed, and in literature reviewed, a recommendation for ABC methods of classification based on a quantitative variable or parameter. This article presents and applies two alternative approaches to two Cuba based tourism organisations (multi-criteria for the application of the ABC method, and the acquisition/rotation index matrix), in order to classify products in stock, and to support efficient, customer-oriented supply management. The study unveils the theoretical relevance and the practical feasibility of the methods considered regarding decision-making.

Keywords:

Inventory classification, ABC methods, inventory management.

Um enfoque multicritério para a tomada de decisões na gestão de inventários

RESUMO

Um sistema de controle de inventário eficiente não trata da mesma forma a todos os itens em estoque, só que aplica métodos de controle e análise em correspondência com a importância econômica relacionada com cada produto. Daí uma questão: como classificar os produtos em inventário com um impacto efetivo e eficiente na administração empresarial? Na prática, tem-se generalizado o fato de diferenciar a gestão de inventário com dependência das características dos artigos que o compõem, e na literatura revisada, recomendar o método de classificação ABC, desde uma variável ou parâmetro base quantitativo. Este artigo apresenta e aplica à duas organizações cubanas, dois enfoques alternativos (multi-critério de aplicação do método ABC e a matriz de aquisição/índice de rotação), para classificar os produtos em estoque e servir de apoio para uma gestão de fornecimento eficiente e orientada ao cliente.

Palavras chave:

classificação do inventário, método ABC, gestão de inventários.

Introducción

Un eficiente sistema de control de inventario no tratará por igual a todos los renglones en existencia, sino que aplicará métodos de control y análisis en correspondencia con la importancia económica relativa de cada producto. Es generalizada la tendencia de diferenciar la gestión de inventario en dependencia de las características de los artículos que lo componen. La misma generalización presenta la literatura revisada sobre la recomendación de aplicar como método de clasificación el método ABC a partir del empleo de una variable o parámetro base cuantificable.

El objetivo de este artículo es desarrollar dos métodos que a partir de un enfoque multicriterio permitan clasificar los productos en inventario, para establecer estrategias diferenciadas que posibiliten una gestión de aprovisionamiento eficiente y orientada a los clientes. En su desarrollo, el artículo muestra la importancia de la gestión de inventarios dentro de la logística empresarial y la necesidad del control selectivo a partir de la clasificación de los productos disponibles en el almacén. Del mismo modo, expone el fundamento metodológico de los métodos propuestos y los resultados de su aplicación.

El estudio no tiene la intención de comparar los métodos empleados ni señalar ventajas y desventajas. Tampoco la de reemplazar otros excelentes métodos desarrollados sobre esta apasionante temática, sino estimular e invitar a continuar su aplicación en la práctica administrativa.

1. Logística empresarial: posición de la gestión de inventarios

En los últimos años, el mundo ha sufrido una serie de cambios, especialmente en lo que respecta a las prácticas de los negocios. El cliente se ha convertido en una fuente de información estratégica sobre la calidad del producto y del servicio en lugar de ser únicamente el objetivo de las campañas publicitarias de empresas productivas y de servicios.

En consecuencia, las formas clásicas de dirigir a las organizaciones basadas en el análisis y la optimización de cada una de sus áreas funcionales van perdiendo vigencia a favor de enfoques de dirección sistémicos, que abogan por conseguir un funcionamiento del sistema suficientemente satisfactorio para cada una de sus partes. El control total de la calidad, la dirección por objetivos, el mercado y la logística constituyen, bajo formas y campos diferentes, métodos de gestión inspirados en un enfoque integrador y sistémico.

En particular, la logística aborda el estudio del conjunto de actividades que se desarrollan sobre los flujos materiales, informativos, financieros y de retorno desde un origen hasta un destino con una visión sistémica e integrada, con el objetivo de brindar a los clientes internos o externos de la organización un servicio de calidad en el momento oportuno, con un mínimo de gastos.

Sobre esta temática son ampliamente reconocidos los aportes de Magee, Copacino y Rosenfield (1973); Ballou (1991); Arbones (1992); Prida y Gutiérrez (1996); Levy

(1997); Pau y Navascués (2001), y Torres, Danuna y Mederos (2003).

En general, los autores citados coinciden en afirmar que la misión de los sistemas logísticos consiste en garantizar el flujo material con la calidad requerida, en el lugar y momento oportunos y con los mínimos costos. No obstante, las obras citadas más recientes hacen hincapié en que resulta difícil para las organizaciones mantener la ventaja competitiva únicamente con el producto, ya que los clientes tienen cada vez más posibilidades de obtener productos sustitutivos.

En esta situación, el potencial del servicio al cliente como medio para obtener una clara diferenciación se ha ido incrementando a medida que el poder de atracción de la “marca”, como factor de diferenciación, ha ido declinando en los mercados. De ahí que para satisfacer la necesidad del cliente sea preciso realizar varias actividades que comienzan con la recepción de los pedidos del cliente, continúan con la entrega del producto y siguen después de que el producto se le ha entregado al cliente.

Tomando en cuenta estas consideraciones, la logística es una herramienta para obtener ventajas competitivas que realiza servicios de valor añadido, los cuales redundan en el incremento de la rentabilidad de las empresas. Autores como Rivas (1986), Santesmases (1991), Lambin (1993), Kotler y Grande (1995), Hayes (2001) y Senlle, Martínez y Martínez (2001) reconocen de modo general el valor añadido como la atribución o asignación de valor adicional que hace el consumidor o usuario en reacción a la presencia den-

tro de la oferta de elementos de satisfacción que no están directamente relacionados con el producto en sí.

Para Christopher (1994), Prida y Gutiérrez (1996), Levy (1997), Gómez y Acevedo (2000) y Parada (2000), el valor añadido que incorpora la logística en cada uno de los eslabones del sistema logístico constituye un arma competitiva importante. Tal es el caso de la excelencia en el servicio de entrega, el liderazgo en la diferenciación del producto, la gestión con un mínimo de costo o el servicio logístico al cliente sobre la base de una eficiente gestión de los inventarios.

La gestión de inventarios se deriva de la importancia que tienen las existencias para la empresa y, por lo tanto, la necesidad de administrarlas y controlarlas. Su objetivo consiste fundamentalmente en mantener un nivel de inventario que permita, a un mínimo de costo, un máximo de servicio a los clientes.

Los motivos básicos para crear inventarios son: protegerse contra incertidumbres, permitir la producción y compra bajo condiciones económicamente ventajosas, cubrir cambios anticipados en la demanda y la oferta y mantener el tránsito entre los puntos de producción o almacenamiento.

La consideración del inventario como una inmovilización financiera lo convierte —a juicio de diversos autores— en el segundo valor económico en el activo de la empresa. Al respecto, Weston y Copeland (1996) plantean como una de las estrategias básicas en el manejo del efectivo la rotación del inventario tan rápidamente como sea posible,

a fin de evitar el agotamiento de las existencias, lo que puede ocasionar la interrupción del proceso de producción o servicios. Ante esta situación, un elemento importante es clasificar los artículos objeto de suministro para diferenciar las estrategias que se van a seguir con cada grupo de artículos, para evitar costos excesivos de ruptura y de mantenimiento de inventarios, mejorando la satisfacción del cliente.

Por otro lado, la complejidad de los problemas y la imprecisión de las situaciones han hecho necesario introducir esquemas matemáticos más flexibles y adecuados al entorno empresarial contemporáneo. En este contexto, la teoría de los subconjuntos borrosos ha permitido el nacimiento de unas técnicas que facilitan la solución de problemas en los cuales la incertidumbre aparece de manera fundamental.

En particular, Kauffman y Aluja (1986) refieren el planteamiento matemático bajo condiciones de incertidumbre del modelo de Wilson, expresión que identifica el tamaño de lote óptimo y que posibilita formular políticas de inventarios óptimas frente a determinadas situaciones restrictivas, como disponibilidad financiera, limitaciones en la capacidad de almacenamiento y oportunidades de economía de escala.

Autores más recientes como Cakir y Canbolat (2008) refieren un sistema de clasificación del inventario basado en el proceso analítico de jerarquía, una herramienta normalmente usada para la toma de decisiones multicriterio. La propuesta integra los conceptos de la lógica borrosa con los datos del

inventario real para proponer un sistema de apoyo de decisión que ayuda a una clasificación de inventario en condiciones de incertidumbre.

Otras investigaciones presentadas en la Sociedad Internacional de Gestión y Economía Fuzzy (SIGEF) exponen aplicaciones con enfoque multicriterio asociadas a los problemas de localización idónea, previsión de la demanda de aprovisionamientos, costos de almacenamiento y de emisión del pedido, tamaño de la orden de producción, entre otros, que refieren de modo general un conjunto de posibles soluciones a la gestión de inventarios bajo condiciones imprecisas. Si bien es cierto que estas propuestas representan un importante avance en las investigaciones científicas dirigidas a perfeccionar el proceso de toma de decisiones, aún no se han convertido en herramientas de trabajo operativas y su aplicación continúa siendo un reto para la administración en las pequeñas empresas productivas y de servicios.

2. Método ABC para la clasificación de los inventarios

El análisis ABC, denominado también curva 80-20, se fundamenta en el aporte del economista Wilfredo Pareto, tras un estudio de la distribución de los ingresos. En este observó que un gran porcentaje de los ingresos estaba concentrado en las manos de un pequeño porcentaje de la población. Este principio se conoció como la Ley de Pareto y establece que “Hay unos pocos valores críticos y muchos insignificantes. Los recursos deben de concentrarse en los valores críticos y no en los insignificantes”.

En 1951, el estadounidense H. Ford Dickie, basándose en el principio de Pareto y en sus propias experiencias prácticas, presentó un método de clasificación que respondía al siguiente planteamiento general: “En cualquier inventario, una pequeña fracción determinada en términos de elementos, representa una fracción mayoritaria en términos de efectos”. Desde el punto de vista de la efectividad económica, este planteamiento fundamenta la necesidad de clasificar el inventario y de llevar a cabo un control selectivo.

Al aplicarse el método se obtiene una curva que representa la distribución estadística del efecto de los renglones considerados. En esta curva quedan definidas tres zonas, cuyos límites están determinados por los rangos que se le asignen. Las características de cada zona son las siguientes:

Zona A. Agrupa del 10% al 20% del total de los renglones y representa del 60% al 80% del efecto económico total. Estos renglones se clasifican como A y son los más importantes para la empresa según el parámetro base considerado.

Zona B. Agrupa del 20% al 30% del total de los renglones y representa del 20% al 30% del efecto económico total. Estos renglones son clasificados como B y tienen una importancia media para la empresa.

Zona C. Agrupa del 50% al 70% del total de los renglones y representa del 5% al 15% del efecto económico total. Estos renglones se clasifican como C y son los de menor importancia para la empresa según el parámetro base considerado.

Existe consenso en la bibliografía especializada sobre emplear para definir los rangos de las zonas de clasificación los criterios de los especialistas, que expresan la magnitud del efecto económico que se quiere controlar estrictamente. Las experiencias más generalizadas suponen para la zona A adopta hasta un 80% de participación en el efecto económico total, y para las zonas B y C, hasta un 15% y un 5%, respectivamente. El procedimiento convencional para la aplicación del método ABC refiere los pasos siguientes:

- Seleccionar la variable o parámetro base en función del objetivo que se persiga.
- Establecer el rango de clasificación por zonas.
- Ordenar los productos según los valores de la variable o parámetro base de mayor a menor. Ordenamiento en forma decreciente.
- Determinar la participación de cada elemento en el valor total, ventas o consumo, y sobre el total de productos. Frecuencias relativas.
- Calcular los porcentajes. Frecuencias acumuladas.
- Determinar las diferentes zonas.

3. Enfoque multicriterio en la aplicación del método ABC

Autores como Ronen (1983); Everett y Ebert (1991); Buffa y Sarin (1992); Schroeder (1992); Chase y Aquilano (1994); Domín-

guez Machuca, García, Ruiz y Álvarez (1995); Greene (1997); Larrañeta, Onieva y Lozano (1998); Liberman, Helper y Demeester (1999); Krajewski y Ritzman (2000); Heizer y Render (2001), y Companys y Corominas (2003), refieren conceptos básicos de la gestión de inventarios asociados a la cantidad de material que se va a pedir, a la política (estrategia o sistema) por seguir y a la determinación de plazos y determinación de costos. Estos no han sufrido variaciones significativas, a pesar del tiempo transcurrido entre las diferentes publicaciones analizadas. Se destacan como tendencias actuales el uso de sistemas del tipo *Materials Requirement Planning* (MRP) y Kanban, este último asociado al enfoque *justo-a-tiempo*.

Del mismo modo, señalan la dificultad que presenta la gestión de inventario en algunas empresas: por un lado, el número de artículos implicados es muy elevado; por el otro, la naturaleza de estos, claramente diversa, desde la materia prima hasta los productos acabados. Este hecho aconseja la clasificación de los artículos para realizar una gestión de inventarios de una forma diferenciada, prestando atención a criterios distintos que refieren un enfoque multicriterio (Flores y Whybark, 1986; Cohen y Ernst, 1988; Ramathan, 2006).

Entre esos criterios se destacan los siguientes: valor del consumo, importancia del artículo, precio, movimiento del artículo, dificultad en el aprovisionamiento, estabilidad de la demanda a lo largo del tiempo, entre otros. Flores y Whybark (1986) presentan los resultados de aplicar el análisis multicriterio ABC a los inventarios de mantenimiento.

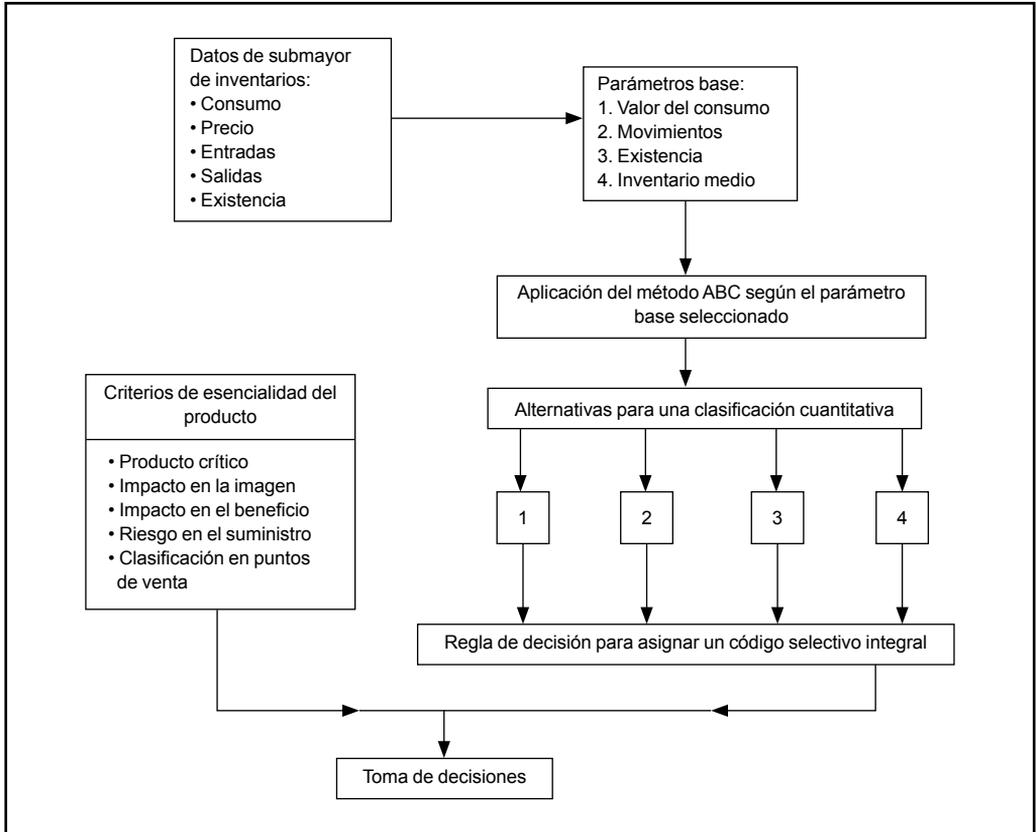
El estudio propone alcanzar la combinación acertada del criterio costo en una clasificación ABC y alguna otra clase de elementos críticos (obsolescencia, tiempo de abastecimiento). No obstante, estos autores no precisan un modelo matemático específico para el logro de su objetivo y reafirman la importancia del juicio de la dirección.

De modo general, en la literatura especializada el análisis multicriterio se apoya en diferentes métodos, como la optimización lineal, el análisis matricial, el análisis jerárquico, los árboles de decisiones y las reglas heurísticas. En particular Cohen y Ernst (1988) desarrollan el análisis del clúster e introducen una agrupación diferente a la tratada en el método ABC convencional, que muestra una mezcla de procedimientos de agrupamiento estadístico y restricciones operacionales que fueron aplicados a los sistemas de producción-inventario. A esta alternativa se le imputan algunas limitaciones relacionadas con su complejidad para la toma de decisiones operativas y la disponibilidad de un alto volumen de datos.

La mayor parte de las aplicaciones del método ABC emplean como parámetro base el valor del consumo y sugieren para el proceso de toma de decisiones la interacción conjunta de este y otros parámetros base. Al considerar estos elementos como antecedentes, se desarrolla una regla de decisión que constituye una alternativa que combina criterios cuantitativos y cualitativos para la clasificación del inventario a través de un código selectivo integral. En el Gráfico 1 se muestra el esquema general del enfoque multicriterio en la aplicación del método ABC.

Gráfico 1

Representación del enfoque multicriterio en la aplicación del método ABC



Fuente: elaboración propia.

La asignación de un código selectivo integral ABC parte de las premisas siguientes:

Primera. Disponer por cada producto de la clasificación obtenida de la aplicación del método ABC, según el procedimiento convencional para cada uno de los parámetros base seleccionados. Ello permitirá tener un código selectivo A, B o C, de acuerdo con los rangos establecidos para delimitar cada una de las zonas de clasificación. Por ejemplo, véase el Cuadro 1.

Cuadro 1

Zonas de clasificación

Producto	Clasificación según			
	Consumo	Movimiento	Inventario medio	Existencia
Jabón	A	B	C	A

Fuente: elaboración propia.

Segunda. Desde el punto de vista cualitativo, evaluar el grado de importancia que tiene cada producto para la organización, a través

de criterios de esencialidad. Esta evaluación puede realizarse mediante criterios de expertos o métodos que permiten obtener un orden jerárquico.

Al respecto, la literatura reconoce el procedimiento formulado por Saaty (1980), el Triángulo de Fuller, entre otros. Según las experiencias acumuladas por la práctica empresarial, se recomiendan los siguientes criterios:

- Si el producto es crítico o reservado: evaluar si la carencia del producto en el inventario puede ocasionar una ruptura en el proceso de producción o servicios o si su salida del almacén la controla la gerencia por considerarlo estratégico para la empresa.
- Si hay impacto del producto en la organización: evaluar si el producto incide en los beneficios, en los costos, en la calidad del servicio o en la imagen de la organización.
- Si se presenta algún riesgo en el suministro del producto: considerar el grado de variabilidad en el tiempo de entrega, la estabilidad de la oferta y la localización de los proveedores.

La asignación del código selectivo integral supone los siguientes pasos: en primer lugar, fijar los factores de ponderación cuantitativos que expresan la importancia relativa que para la organización tienen los renglones clasificados en cada una de las zonas, según los parámetros base seleccionados. Los factores de ponderación se representan a través de la nomenclatura siguiente:

Fij: factor de ponderación de la zona de clasificación i para el parámetro base j .

$$F_{ij} > 0$$

Donde:

i : A, B, C.

j : 1, 2, ... n

n : cantidad de parámetros base.

Los factores de ponderación quedan distribuidos como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2

Factores de ponderación por zonas de clasificación

Parámetros	Zonas		
	A	B	C
1	FA1	FB1	FC1
2	FA2	FB2	FC2
3	FA3	FB3	FC3
n	FAn	FBn	FCn

Fuente: elaboración propia.

Por las características e importancia de cada zona de clasificación, los factores de ponderación deben cumplir la restricción:

$$F_{Aj} > F_{Bj} > F_{Cj} \quad (1)$$

En segundo lugar, determinar la puntuación total (P_k) de cada producto k a través de la suma de los factores de ponderación, según la zona de clasificación en cada parámetro base j :

$$P_k = \sum_{i,j} F_{ij} * W, \quad W = 1 \text{ si } F_{ij} \text{ pertenece al vector } V_k \quad (2)$$

$W = 0$ si F_{ij} no pertenece al vector V_k .

Donde:

W : Coeficiente de decisión del término.

i : A, B, C.

j : 1, ... n

k : 1, ... m

m : cantidad de productos.

V_k : vector de clasificación del producto k . Para el producto tomado como ejemplo en el primer paso del procedimiento, el vector de clasificación sería $V = (A,B,C,A)$.

En tercer lugar, formular la regla de decisión para asignar el código selectivo integral. Así, se define el valor máximo y mínimo de los valores que puede adoptar P_k para cada producto. De acuerdo con la restricción planteada en (1), los valores máximos y mínimos están determinados por las relaciones siguientes:

$$V_{max} = \sum_{j=1}^n F_{Aj} \quad (3)$$

$$V_{min} = \sum_{j=1}^n F_{Cj} \quad (4)$$

Donde:

V_{max} : suma de los factores de ponderación de la zona A para cada parámetro base j .

V_{min} : suma de los factores de ponderación de la zona C para cada parámetro base j .

n : cantidad de parámetros base.

V_{max} y V_{min} definen un intervalo (V_{max} , V_{min}) que se divide en tres clases para poder establecer el código selectivo integral. La amplitud de cada clase estará dada por el valor del cociente que se muestra a continuación:

$$ACL = \frac{V_{max} - V_{min}}{3} \quad (5)$$

Para la asignación del código selectivo único se plantea la siguiente regla de decisión: *Código selectivo integral A*: clasifican como A aquellos productos que cumplen la condición siguiente:

$$V_{max} - ACL < P_k < V_{max} \quad (6)$$

Código selectivo integral B: clasifican como B aquellos productos que cumplen la condición siguiente:

$$V_{min} + ACL < P_k < V_{max} - ACL \quad (7)$$

Código selectivo integral C: clasifican como C aquellos productos que cumplen la condición siguiente:

$$V_{\min} \leq P_k \leq V_{\min} + ACL \quad (8)$$

En cuarto lugar, establecer las estrategias diferenciadas para cada producto o grupo de productos a partir de los criterios de esencialidad y el código selectivo integral de clasificación, respectivamente. Para aplicar la regla de decisión descrita se sugiere, de modo alternativo, usar el *software* Ecosoft¹. De este modo, el enfoque multicriterio desarrollado posibilita, en los marcos de la empresa, hacer más efectiva la gestión de los aprovisionamientos. Algunas ventajas susceptibles de considerar son las siguientes:

- Constituye un instrumento que permite medir la calidad y la adaptación de la política de inventarios a la estacionalidad que puede experimentar la demanda.
- Es un medio que sirve para identificar los artículos que tienen más peso en materia de existencias y que, por lo tanto, merecen una mayor atención por las consecuencias potenciales que se derivan de ese hecho y que afectan de un modo esencial los resultados de la organización.
- Sienta las bases para realizar estudios del mercado de proveedores.
- Contribuye a la fundamentación económica de los niveles de servicios diferen-

ciados para los productos en existencia, con una incidencia directa en el inventario de seguridad, punto de pedido e inventarios mínimo, medio y máximo.

- Posibilita medir la efectividad del movimiento de los productos más importantes y su disposición en el almacén atendiendo a la demanda.
- Permite determinar cuáles son los renglones de poco movimiento, así como su naturaleza.
- Contribuye a reducir el tiempo invertido en las operaciones de control de existencias.
- Mejora el proceso de toma de decisiones, al permitir una evaluación integral de cada producto.

4. Matriz costo de adquisición/ índice de rotación

La *matriz costo de adquisición/índice de rotación* tiene como objetivo fundamental facilitar y mejorar la toma de decisiones en la gestión de inventario teniendo en cuenta el índice de rotación y el costo de adquisición del producto.

Conceptualmente, el índice de rotación refiere las veces que el inventario rota en un período concreto y el costo de adquisición es el precio que establece el proveedor para el artículo que suministra. Puede quedar incluido en este el costo que provoca el pago de seguros durante la transportación, los impuestos aduanales y los fletes, si estos se

¹ Ecosoft es un *software* desarrollado por el autor y registrado con el código 2017-2006, por el Centro Nacional de Derecho de Autor de la República de Cuba. El *software* permite la clasificación multicriterio ABC a partir del procesamiento de la información primaria obtenida del movimiento de los productos en el almacén, según los registros contables y la regla de decisión descrita en el artículo.

establecen como una proporción del precio de venta del artículo.

La aplicación del método propuesto debe de hacerse por familia de productos, pues así se les puede clasificar en cuatro cuadrantes que se denominan de la siguiente forma:

- Productos de alto riesgo: alto costo adquisición y un bajo índice de rotación.
- Productos estratégicos: alto costo de adquisición y un alto índice de rotación.
- Productos de poco riesgo: bajo costo de adquisición y un bajo índice de rotación.
- Productos preferenciales: bajo costo de adquisición y un alto índice de rotación.

Para determinar los valores medios de los costos de adquisición e índice de rotación se pueden emplear medidas de tendencia central: la media aritmética, la mediana o la moda, en dependencia del grado de representatividad o juicio crítico del decisor. En el Cuadro 3 se representa la matriz propuesta.

Cuadro 3

Matriz de costo/rotación

Costo de adquisición	Alto	Alto riesgo	Productos estratégicos
	Bajo	Poco riesgo	Productos preferenciales
		Bajo	Alto
		Índice de rotación	

Fuente: elaboración propia.

Las estrategias generales, según los cuadrantes de clasificación, se presentan a continuación:

- *Productos de alto riesgo:* poseen altos costos de adquisición y bajos índices de rotación. Estos productos tienen pocas salidas del almacén. Se recomienda reducir los surtidos de estos productos, buscar nuevos proveedores que ofrezcan un menor precio de compra y analizar el nivel de inventario y su correlación con la demanda. Los productos clasificados en este cuadrante son considerados de lento movimiento, que deben controlarse rigurosamente, ya que pueden incrementar los costos de almacenaje e incidir negativamente en los resultados de la organización.
- *Productos estratégicos:* presentan alto índice de rotación y altos costos de adquisición. Además, representan una inversión financiera significativa y responden a la demanda del mercado. Se recomienda estudiar el mercado de proveedores para obtener menores precios de compras, aplicar modelos de compras con rebajas de precios, calcular las normas de inventarios: máximos y mínimos, cantidad económica del pedido, entre otros.
- *Productos de poco riesgo:* poseen bajo costo de adquisición y bajo índice de rotación. Como estrategia puede valorarse la no existencia de inventarios de seguridad, considerando el riesgo que pueda existir en el suministro y mantener los proveedores de estos productos.
- *Productos preferenciales:* presentan bajo costo de adquisición y alto índice de rotación. Son productos de alta demanda en el proceso productivo y/o servicio. Se su-

giere evaluar con periodicidad la política de compra de estos productos, así como el nivel de servicio de sus suministradores y de los clientes.

5. Aplicación del método ABC con enfoque multicriterio

La aplicación se realizó en el almacén de víveres y bebidas del Hotel Meliá Santiago de Cuba, a 125 productos que representaban el 100% de los renglones en existencia en el momento de la investigación. El 75,2% del total de productos es crítico y el 43,2% posee alto impacto en la imagen del servicio de la organización.

En la obtención del código selectivo integral, los expertos consideraron que los parámetros base tenían la misma importancia para el hotel en el momento del análisis. La clasificación del inventario mediante el código selectivo integral se presenta en el Cuadro 4.

Este cuadro refiere que el 21,60% de los productos clasificó con el código selectivo integral A. Estos productos representan el 74,45% del valor del consumo total, poseen

el 86,90% del total de los movimientos y representan el 69,15% del valor del inventario medio y el 66,6% del valor de las existencias. Además, de los productos clasificados integralmente como A, el 81,5% son críticos, y el 88,9%, de alto impacto en la imagen del servicio.

La distribución de los productos por zonas de clasificación mediante el método alternativo propuesto tiende a la clasificación obtenida mediante el parámetro base valor del consumo. De los resultados obtenidos por la aplicación del método se sugieren las siguientes estrategias:

- Controlar rigurosamente los renglones clasificados con el código selectivo integral A, así como los productos que se consideran críticos y de alto impacto en la imagen del servicio, independientemente de la zona de clasificación.
- Establecer niveles de servicios diferenciados, en correspondencia con la zona de clasificación y criterios de esencialidad en la determinación del inventario de seguridad de los productos.

Cuadro 4

Clasificación de los productos según el código selectivo integral

Total de productos (125)			Peso específico (%) que representan del			
Zonas	Cantidad	%	Consumo	Movimiento	Inventario medio	Existencia
A	27	21,60	74,45	86,90	69,15	66,66
B	33	26,40	19,13	8,06	22,75	22,98
C	65	52,00	6,42	5,04	8,10	10,36

Fuente: elaboración propia.

- Valorar la disminución de los niveles de inventario para los artículos con índices de rotación inferior al promedio de la zona de clasificación.

Estas decisiones no agotan el número de variantes que pueden adoptarse por la influencia de diversos factores coyunturales, como son las preferencias de los principales clientes, temporada turística, riesgo en el suministro, entre otros.

6. Aplicación de la matriz costo de adquisición/índice de rotación

A modo de ejemplo se expone la aplicación de la matriz costo de adquisición/índice de rotación en el almacén de alimentos del restaurante Café Santiago, de la Compañía Palmares, en Santiago de Cuba, para la familia de productos *congelados*, en el período de *enero* (Cuadro 5).

El cálculo de los indicadores estadísticos descriptivos para los costos de adquisición

y los índices de rotación mediante el *software* SPSS refiere los valores indicados en el Cuadro 6.

Cuadro 6

Estadísticos descriptivos

Estadísticos	n	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Costo adquisición	5	2,65	3,05	2,8340	0,17444
Índice de rotación	5	0,96	4,29	2,4560	1,41429
n válido (según lista)	5				

Fuente: resultados del *software* SPSS.

Según los resultados de los indicadores estadísticos descriptivos, la media aritmética para el costo de adquisición y el índice de rotación es de 2,8340 y 2,4560, respectivamente. El costo de adquisición promedio refiere una baja desviación típica; ello supone una variación poco significativa en los costos de compra de estos artículos. Sin embargo,

Cuadro 5

Información primaria del almacén de alimentos

Productos	Costo de adquisición (\$/kg)	Salidas del almacén (kg)	Costo de ventas (\$)	Inventario inicial (\$)	Inventario final (\$)	Inventario medio (\$)	Índice de rotación (veces)
Pierna de cerdo asada	2,98	634	1.889,3	1.101,0	150,0	625,5	3,02
Filete de res	3,05	670	2.042,4	1.793,1	2.476,7	2.134,9	0,96
Filete de pescado canciller	2,79	668	1.863,7	2.069,4	1.341,3	1.705,4	1,09
Filete de pescado monte	2,70	5.055	13.648,5	4.830,0	1.526,2	3.178,1	4,29
Pierna de jamón	2,65	920	2.438,0	1.124,6	545,0	834,8	2,92
Totales		7.946,6	21.881,9	10.918,1	6.039,2	8.478,6	

Fuente: elaboración propia.

el índice de rotación medio posee una alta desviación típica y, por lo tanto, un alto coeficiente de variación (0,57585296), que denota una alta variabilidad en la rotación de los productos a causa de la demanda de los clientes o los niveles actuales de inventario en el almacén. Considerando los valores de la media aritmética calculada, la clasificación de los productos queda como se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 7

Clasificación de los productos analizados

Productos	Índice de rotación	Costo de adquisición	Clasificación final
Pierna de cerdo asada	Alto	Alto	Producto estratégico
Filete de res	Bajo	Alto	Producto de alto riesgo
Filete de pescado canciller	Bajo	Bajo	Producto de poco riesgo
Filete de pescado monte	Alto	Bajo	Producto preferencial
Pierna de jamón	Bajo	Bajo	Producto de poco riesgo

Fuente: elaboración propia.

La clasificación obtenida posibilita conformar la matriz de costo de adquisición/índice de rotación, como se muestra en el Cuadro 8.

Los resultados obtenidos permitieron formular estrategias diferenciadas que sirven de base para una gestión de abastecimiento más eficiente y orientada a los clientes. Las estrategias para la familia de productos congelados son:

Cuadro 8

Resultados de aplicación de la matriz de costo de adquisición/índice de rotación

Costo de adquisición	Alto	<i>Alto riesgo</i> • Filete de res	<i>Productos estratégicos</i> • Pierna de cerdo asada
	Bajo	<i>Poco riesgo</i> • Filete pescado canciller • Pierna de jamón	<i>Productos preferenciales</i> • Filete pescado monte
		Bajo	Alto
Índice de rotación			

Fuente: elaboración propia.

- Cuadrante de alto riesgo:
 - Realizar estudios de rendimiento del producto según el tipo de suministrador.
 - Llevar a cabo estudios con relación a los índices de mermas durante el almacenaje en diferentes períodos.
 - Estudiar el mercado de proveedores.
 - Determinar la correlación entre la demanda y el nivel de inventario.
 - Analizar el nivel de servicio a los clientes.
- Cuadrante de productos estratégicos:
 - Controlar rigurosamente el nivel de inventario y su correspondencia con la demanda.

- Realizar estudios de previsión de la demanda empleando los métodos por series de tiempo. De los métodos de pronóstico por series de tiempo, el alisamiento exponencial se adecua más a la predicción a corto plazo del control de inventarios, debido a las posibilidades de automatización del proceso de cálculo, a operar con costos relativamente bajos y a conceder mayor importancia a los datos de demandas recientes que a los menos recientes al realizar el pronóstico.
- Obtener menores precios de costo en las negociaciones con los suministradores.
- Cuadrante de productos preferenciales:
 - Mantener el proveedor actual de este producto.
 - Asegurar altos volúmenes de compras en correspondencia con la demanda, sin afectar los costos previstos.
 - Garantizar la participación de los artículos preferenciales en la oferta a los clientes.
 - Mantener un alto nivel de servicios a los clientes.
- Cuadrante de poco riesgo:
 - Mantener niveles bajos de existencias.

- Controlar la evolución de la demanda de estos artículos.

Conclusiones

- La formulación de un enfoque multicriterio en la aplicación del método ABC y la matriz costo de adquisición/índice de rotación constituyen dos métodos para clasificar los productos y adoptar estrategias diferenciadas que mejoran la gestión de inventario en las organizaciones. Su elección dependerá de la situación concreta de aplicación.
- El enfoque multicriterio en el método ABC parte de la consideración de varios criterios o parámetros base aplicados al mismo inventario. Ello determina que un mismo producto, en correspondencia con los parámetros empleados, clasifique en varias zonas. El empleo de uno u otro parámetro en la aplicación del método no introduce ninguna variación conceptual en el procedimiento que se va a seguir, sino que varía solamente el criterio de clasificación y facilita obtener un código selectivo integral ajustado a las características de los productos, preferencias de los clientes, imagen del punto de venta, entre otros elementos.
- La aplicación de los métodos propuestos y el *software* de soporte demostraron su efectividad para la toma de decisiones gerenciales en los marcos de las organizaciones estudiadas.

Lista de referencias

- Arbones, E. (1992). *Logística empresarial*. Barcelona: Marcombo.
- Arrow, K. J. y Raynaud, H. (1989). *Opciones sociales y toma de decisiones mediante criterios múltiples*. Madrid: Alianza.
- Ballou, R. (1991). *Logística empresarial*. Madrid: Díaz de Santos.
- Berne, P. (1990). *La rotación de las existencias en el comercio*. Bilbao: Deusto.
- Buffa, E. S. y Sarin, R. K. (1992). *Administración de la producción y las operaciones*. México: Limusa.
- Cakir, O. and Canbolat, M. S. (2008). A web-based decision support system for multi-criteria inventory classification using fuzzy AHP methodology. *Expert Systems with Applications: An International Journal*, 35 (3), 1367-1378.
- Cespón, C. R. y Auxiliadora, M. (2003). *Administración de la cadena de suministro: manual para estudiantes de la especialidad de Ingeniería Industrial*. Tegucigalpa: Universidad Tecnológica Centroamericana de Honduras (UNITEC).
- Chase, R. B. y Aquilano, N. J. (1994). *Dirección y administración de la producción y las operaciones*. México: Addison Wesley Iberoamericana.
- Christopher, M. (1994). *Logística y aprovisionamiento*. Barcelona: Folio.
- Cohen, M. A. and Ernst, R. (1988). Multi-item classification and generic inventory stock control policies. *Production and Inventory Management Journal*, 29 (3), 6-8.
- Company, P. R. y Corominas, S. A. (2003). *Dirección de operaciones*. Catalunya: Universitat Oberta de Catalunya.
- Diez de Castro, E. y Fernández, J. C. (1994). *Distribución comercial*. México: McGraw Hill.
- Domínguez Machuca, J. A., García, S., Ruiz, A. y Álvarez Gil, M. J. (1995). *Dirección de operaciones: aspectos estratégicos*. Madrid: McGraw Hill.
- Everett, E. A. y Ebert, R. J. (1991). *Administración de la producción y las operaciones*. México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- Ferrero, A. (1998). *Organización y administración de empresas*. México: McGraw Hill.
- Flores, B. E. and Whybark, D. C. (1986). Multiple criteria ABC analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 6 (3), 38-46.
- Gómez, M. y Acevedo, J. A. (2000). *Logística del aprovisionamiento*. Bogotá: Corporación John F. Kennedy.
- Greene, J. H. (1997). *Production and inventory control handbook* (3a ed.). Nueva York: McGraw-Hill.
- Hayes, B. E. (2001). *¿Cómo medir la satisfacción del cliente?* Barcelona: Gestión 2000.

- Heizer, J. y Render, B. (2001). *Dirección de la producción: decisiones estratégicas y tácticas* (6a ed.). Madrid: Prentice Hall.
- Kaufmann, A. y Gil Aluja, J. (1986). *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*. Santiago de Compostela: Milladoiro.
- Kotler, P. y Grande, I. (1995). *Dirección de marketing*. Barcelona: Prentice Hall.
- Krajewski, L. J. y Ritzman, L. P. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis* (5a ed.). Madrid: Prentice Hall.
- Lambin, J. J. (1993). *Marketing estratégico*. México: McGraw Hill Iberoamericana.
- Larrañeta, J., Onieva, L. y Lozano, S. (1998). *Métodos modernos de gestión de la producción*. Barcelona: Alianza.
- Levy, D. L. (1997). Lean production in an international supply chain. *Sloan Management Review*, 38 (2), 94-101.
- Liberman, M. B., Helper, S. and Demeester, L. (1999). The empirical determinants of inventory levels in high-volume manufacturing. *Production and Operations Management* (1), 44-45.
- Magee, J. F., Copacino, W. C. and Rosenfield, D. B. (1973). *Modern logistics management*. New York: John Wiley & Sons.
- Parada, O. (2000). *Modelo operacional para la gestión de aprovisionamientos*. Tesis de doctorado no publicada, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.
- Partovi, F. Y. and Murugan, A. (2002). Classifying inventory using an artificial neural network approach. *Computers & Industrial Engineering*, 41 (1), 389-404.
- Pau, C. J. y Navascués, G. R. (2001). *Manual de logística integral*. Madrid: Díaz de Santos.
- Prida, B. y Gutiérrez, C. G. (1996). *Logística de aprovisionamiento: el cambio en las relaciones proveedor-clientes, un nuevo desafío para la empresa del siglo XXI*, Madrid: McGraw Hill Interamericana.
- Ramanathan, R. (2006). ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization. *Computers & Operations Research*, 33, (3), 695-700.
- Rivas, M. R. (1986). *Técnicas de marketing*. Barcelona: Index.
- Romero, C. (1996). *Análisis de las decisiones multicriterio*. Madrid: Isdefe.
- Ronen, D. (1983). Inventory service measures- a comparison of measures. *International Journal of Operations and Production Management*, 3 (2), 37-45.
- Saaty, T. L. (1980). *Multicriteria decision making: The analytic hierarchy process*. New York: McGraw Hill.
- Santesmases, M. (1991). *Marketing*. Madrid: Esic.
- Schroeder, R. G. (1992). *Administración de operaciones: toma de decisiones en la función de operaciones*. México: McGraw Hill.

Senlle, A., Martínez, E. y Martínez, N. (2001). *ISO 9000-2000: calidad en los servicios*. Barcelona: Gestión 2000.

Torres, G. M., Daduna, J. R. y Mederos, C. B. (2003). *Logística: temas seleccionados*. La Habana: Feijóo.

Weston, J. F. y Copeland, T. (1996). *Manual de administración financiera*. Bogotá: McGraw Hill.

