

Clasificación ABC multicriterio para medicamentos en una clínica de la ciudad de Cali: aplicación de técnicas

Multicriteria ABC classification for medicines in a clinic of the city of Cali: Application of techniques

COLCIENCIAS TIPO 2. ARTÍCULO DE REFLEXIÓN

RECIBIDO: NOVIEMBRE 11 DE 2015; ACEPTADO: DICIEMBRE 13, 2015

Raúl Antonio Díaz Pacheco

radiaz@uao.edu.co

Universidad Nacional de Colombia, Palmira-Colombia

Mario Fernando Acosta Ríos

mario_fernando_acosta@yahoo.es

Universidad Santiago de Cali, Colombia

Juan José Bravo Bastidas

juan.bravo@correounivalle.edu.co

Universidad del Valle, Cali-Colombia

Resumen

Los medicamentos fueron analizados con el fin de identificar los medicamentos críticos. Después de una clasificación previa, se aplicó, a los 188 medicamentos seleccionados; tanto la clasificación ABC tradicional, como las técnicas de clasificación ABC multicriterio propuestas por autores como Flores, Wan Lung, Partovi y Burton, con base en criterios como: costo unitario, consumo, precio de compra, precio de venta, rentabilidad y criticidad. Como resultado, se determinó que cinco medicamentos fueron clasificados como tipo A en todas las técnicas, los mismos que representan entre el 26 y el 37%, en términos monetarios, de la totalidad de los medicamentos analizados.

Palabras Clave

Medicamentos; AHP sector salud; MCABC medicinas.

Abstract

In order to identify critical medicines, the medicines were analyzed and after a previous classification, were applied to the 188 medicines selected; both traditional ABC classification as multicriteria ABC classification techniques proposed by authors such as Flores, Wan Lung, Partovi & Burton based on criteria such as unit cost, consumption, purchase price, sales price, profitability and criticality. As a result, it was determined that five medicines were classified as type A in all the techniques and they represent between 26 and 37% in monetary terms of the 188 analyzed in total.

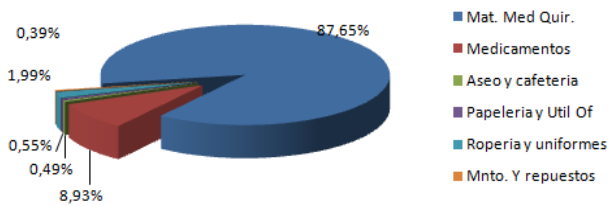
Keywords

Medicines; AHP health sector; MCABC medicines.

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto se desarrolló en una clínica de prestación de servicios de salud de alta complejidad, tales como tratamientos oncológicos y servicios de cuidados intensivos. En el centro de distribución de la clínica se reciben, almacenan y distribuyen, al interior de la clínica, alrededor de 10.160 ítems, agrupados en seis tipos de inventario. En la Figura 1 se ilustra la participación porcentual de cada grupo en el total en el año 1.

Figura 1. Participación de los grupos en el inventario total de la clínica, en el año 1¹



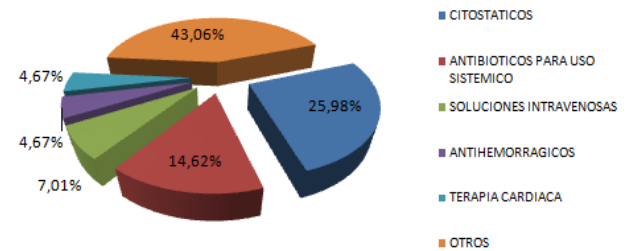
En la actualidad, el grupo de medicamentos que se administra en el centro de distribución de la clínica, representa el 8,93% del total de un inventario conformado por 1.360 unidades básicas de almacenamiento (*Stock Keeping Unit, SKU*), concentrados en 91 subgrupos.

Si bien son el segundo grupo en participación del total del inventario –después del material médico quirúrgico (87,65%), los medicamentos son el tipo de inventario que maneja el mayor grupo de referencias de alto costo y con características especiales, por lo cual amerita un estudio más detallado, con técnicas multicriterio, para apoyar el proceso gerencial de toma de decisiones, específicamente en relación con el equilibrio entre el costo y el servicio al cliente (léase paciente) asociados a los medicamentos que registran un mayor costo unitario y/o alto volumen.

Basados en lo expuesto, se procedió a determinar, dentro del tipo de inventario "medicamentos", los grupos y subgrupos más representativos con respecto de los costos, de acuerdo con el comportamiento de los años 1 y 2.

Del total de inventarios de medicamentos (ver Figura 2), cinco grupos de los 72 grupos representan el 56,94% del inventario. Los citostáticos (fármacos anticancerosos) y los antibióticos (fármacos antibacterianos) suman el 40,60% y los otros tres grupos (soluciones intravenosas, antihemorrágicos y terapia cardíaca) suman el 16,35%. Se evidencia entonces una concentración de más de la mitad del inventario en estos cinco primeros grupos.

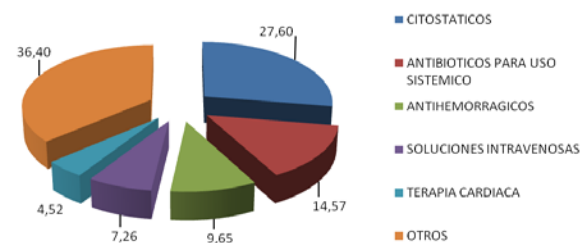
Figura 2. Grupos de medicamentos con mayor participación en el inventario del año 1 [unidades]¹



Para el año 2 se observa que los cinco grupos mencionados incrementan su participación en el total, llegando a representar el 63,6%. Los grupos con mayor crecimiento en su participación en el inventario son los citostáticos, que mostraron un incremento nominal del 1,62%. Sin embargo, pasar del 25,98% al 27,6%, si se toma 25.98% como base, el incremento sobre ella es del 6.23%.

De igual manera, los antihemorrágicos presentan una participación del 7,26% en el inventario del año 2, en comparación con el 4,67% en el año inmediatamente anterior, reflejando un crecimiento nominal de solo 2,6%, que equivale, en términos reales, a un incremento de 52,52%.

Figura 3. Grupos de medicamentos con mayor participación en el inventario, año 2¹



En las Figuras 2 y 3, se observa cómo, en términos generales, durante los años 1 y 2 se conservan las proporciones de participación de los grupos de inventario, resaltando un incremento en la participación de los antihemorrágicos, y una disminución en el grupo "otros", lo cual va mostrando la importancia que están adquiriendo estos medicamentos. Lo anterior explica por qué es necesario un estudio de pronósticos e inventarios, tanto por el monto, como por su incidencia en la prestación del servicio.

Teniendo en cuenta la anterior clasificación, se enfoca el estudio en estos cinco grupos (ver detalle en Tabla 1).

¹ Fuente: Sistema de gestión de inventarios de la clínica

Tabla 1. Clasificación de los medicamentos con mayor volumen en el periodo 1 -2¹

Grupo	Subgrupos	SKUs
Citostáticos	6	90
Antibióticos para uso sistémico	11	78
Soluciones intravenosas	6	55
Antihemorrágicos	3	12
Terapia Cardíaca	13	58
Total	39	293

Para efectos del presente proyecto, se analizarán solamente aquellos datos relevantes para la organización, que una vez procesados sirvan de soporte al proceso de toma de decisiones. Para ello, se analizarán diversas técnicas de clasificación ABC –las cuales se exponen a continuación–, con el fin de seleccionar las más acordes con las características de los datos y, posteriormente, proceder a su aplicación.

La clasificación ABC basada solamente en el volumen, como relación entre costo unitario y cantidad consumida en un determinado periodo de tiempo, no ofrece los suficientes elementos de juicio para el tomador de decisiones, ya que estos criterios pueden entrar en conflicto fácilmente. Por ejemplo, dos ítems pueden registrar el mismo volumen en pesos, pero, mientras uno presenta pocos artículos a un excesivo costo unitario, el otro puede presentar una gran cantidad de artículos, con un muy bajo costo unitario.

A continuación, se menciona parte de la revisión de literatura consultada para la aplicación de estas técnicas de clasificación de inventarios complementarios al ABC tradicional, tales como: la matriz de dos criterios (Flores, Olson, & Dorai, 1992), la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process, AHP*) a problemas de inventarios Saaty (1980), las redes neuronales artificiales planteadas por Partovi y Burton (1993), los algoritmos genéticos, la clasificación ABC multicriterio utilizando optimización lineal ponderada (Ramanathan, 2006; Wan Lung Ng, 2007), el análisis envolvente de datos [*Data evolving analyses, DEA*] de Ramanathan (2003) y Parada (2009), la clasificación multicriterio de ítems aplicando dos métodos: matriz costo de adquisición/índice de rotación y el método de clasificación ABC –mejoramiento a la técnica de Wang Lu (2007).

Castro, Vélez y Castro (2011) proponen una matriz de criterios seleccionando los factores de mayor utilización en la clasificación multicriterio del inventario, estableciendo una unidad de medida y determinando para qué tipo de

artículos aplica; de otro lado, Méndez y López (2014) presentan una metodología que, en su primera fase, clasifica los productos teniendo en cuenta dos criterios: el primero, para determinar la rotación de inventarios; el segundo, para asignar importancia según el costo, volumen y peso, entre otras técnicas.

Otros autores consultados en sus teorías de clasificación multicriterio fueron Chen (2006), Rezaeia & Dowlatshahib (2010) y Jeddou (2013).

Con base en lo expuesto, se busca responder un interrogante: ¿cuáles serán las técnicas de clasificación ABC multicriterio a aplicar a los medicamentos de la clínica objeto de estudio?

II. METODOLOGÍA

Para efectos del presente estudio se trabajó con 188 ítems, a los que se les aplicó diferentes sistemas de clasificación como: la clasificación ABC tradicional, la matriz de dos criterios de Flores et al., (1992), el Proceso Analítico Jerárquico [AHP] expuesto por Partovi y Burton (1993), el modelo de optimización lineal alternativo de Wan Lung (2007), y posteriormente se seleccionaron los ítems que hicieron presencia en la gran mayoría de sistemas de clasificación.

A continuación se presenta cada metodología y en la siguiente sección se mostrarán comparativos asociados al caso de estudio. Como resultado, se determinaron los ítems que aparecen en los cuatro métodos de clasificación, y luego los que fueron clasificados en tres de los métodos; seleccionando así un total de cinco medicamentos como los más representativos según las técnicas aplicadas.

A. Matriz de dos criterios de Flores

El ABC multicriterio aplicado a los inventarios (*Multi Criteria Inventory Classification, MCIC*) tiene sus inicios con el trabajo de Flores y Whybark (1986; 1987) quienes años después clasifican a 47 SKU con base en cuatro criterios: costo promedio unitario, volumen de ventas, factor crítico y *lead time*.

La Tabla 2 presenta la matriz base de clasificación que aplicó Flores et al., (1992), en la que se refleja la combinación de la importancia entre los dos criterios elegidos.

Tabla 2. Matriz de clasificación de dos criterios (Flores et al., 1992)

		Segundo criterio		
		A	B	C
Primer criterio	A	AA	AB	AC
	B	BA	BB	BC
	C	CA	CB	CC

La anterior matriz indica que primero debe realizarse una clasificación ABC del total de ítems por el criterio volumen y posteriormente realizar una nueva clasificación ABC por el segundo criterio.; acto seguido se debe ubicar estos ítems en la matriz según sus dos clasificaciones.

Los ítems AB y BA se clasifican como AA, los ítems AC y CA, como BB, y los ítems BC y CB como CC.

Es bueno notar, por ejemplo, que de acuerdo con el método ABC de Flores, dos ítems con igual volumen podrían requerir sistemas de control de inventarios distintos apoyados en la matriz de la Tabla 2. Para abordar esta inquietud, suponga esta metodología basada en dos criterios: cantidad (en unidades) y costo promedio unitario.

Observe que estos dos criterios, que aquí se toman como independientes, bien podrían ser un criterio único en caso de ser multiplicados, caso típico de una clasificación ABC tradicional.

Teniendo en cuenta la Tabla 2, las combinaciones resultantes de los dos criterios redundan en la clasificación especificada en la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación resultante de la combinación de dos criterios (Flores et al. 1992)

Combinación	Clasificación	Combinación	Clasificación	Combinación	Clasificación
A	A	A	C	B	C
A	B	C	A	C	B
B	A	B	B	C	C

B. Proceso analítico jerárquico (AHP) de Partovi & Burton

El AHP consiste en asignar un medida escalar reflejando la importancia de los artículos; esta aplicación tiene un componente de subjetividad basado en la experiencia de los intervinientes en la administración y control del inventario, pero a través de las diversas aplicaciones ha demostrado su consistencia y solidez matemática. Una mayor discusión sobre la técnica se puede encontrar en Saaty (1980).

El caso más ilustrativo aplicado al sector salud es el expuesto por Partovi & Burton (1993) quienes desarrollan una clasificación ABC aplicada a una empresa del sector farmacéutico; claro está que para su aplicación en el presente trabajo, se procesarán los datos ítem por ítem, para poder garantizar la confiabilidad de los resultados.

C. Modelo de optimización lineal alternativo de Wan Lung

Buscando un equilibrio entre las técnicas existentes y su aplicabilidad en el entorno empresarial, Ramanathan (2003) plantea un modelo de optimización lineal ponderado basado en una técnica similar al DEA, donde el mismo modelo genera los pesos ponderados para evitar la subjetividad en su asignación. Sin embargo, debido a que para cada ítem se requiere una función objetivo, la aplicación de este modelo en un ambiente donde existan

miles de referencias por evaluar se considera poco práctico.

En contraste, Wan Lung (2006) plantea un modelo de optimización lineal alternativo para el problema MCIC. El modelo consiste en clasificar todas las mediciones del i-ésimo ítem bajo el j-ésimo criterio denominadas y_{ij} . Para su desarrollo, se transforman todas las mediciones en una base comparable. Para convertir los datos de tal manera que queden en una escala de 0 a 1, se utiliza la Ecuación 1, la cual se aplica a todos los ítems.

$$\frac{y_{ij} - \min_{i=1,2,\dots,t} \{y_{ij}\}}{\max_{i=1,2,\dots,t} \{y_{ij}\} - \min_{i=1,2,\dots,t} \{y_{ij}\}} \quad \text{Ec.1}$$

Para facilitar la clasificación multicriterio del inventario, el modelo incorpora un peso no negativo W_{ij} , que corresponde al peso de contribución del rendimiento del ítem i bajo el criterio j al puntaje del ítem.

El modelo planteado por Wan Lung es como sigue:

$$\text{máx } S_i = \sum_{j=1}^j W_{ij} Y_{ij},$$

(P1)

$$s.t \sum_{j=1}^j W_{ij} = 1,$$

$$W_{ij} - W_{i(j+1)} \geq 0, j = 1, 2, \dots (j - 1) \quad \text{Restricción 1}$$

$$W_{ij} \geq 0, j = 1, 2, \dots j \quad \text{Restricción 2}$$

La Restricción 1 es de normalización, mientras que la Restricción 2 garantiza la secuencia del criterio (i.e., $W_{i1} \geq W_{i2} \geq W_{ij}$). Por tal motivo, los valores de los pesos siempre estarán entre 0 y 1.

Después de la transformación del modelo de Wan Lung, éste queda convertido en:

$$\text{máx } S_i = \sum_{j=1}^j u_{ij} xY_{ij}, \quad \text{Ecuación 3}$$

(P2)

$$s.t \sum_{j=1}^j juW_{ij} = 1,$$

$$u_{ij} \geq 0, j = 1, 2, \dots j$$

Esta nueva formulación cuenta con una excelente propiedad: es un programa lineal en forma canónica con una sola restricción de igualdad.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se describen brevemente las técnicas multicriterio empleadas en la clasificación de las 188 referencias del caso de estudio. Al final se mostrará un gran consolidado que permitirá comparar los diferentes resultados obtenidos y suministrar los ítems seleccionados como clase A.

A. Implementación de la matriz de dos criterios de Flores

Se procedió a clasificar el total de SKU, primero por cantidad, luego por costo unitario promedio. Las Tablas 5 y 6 muestran los resultados de esa clasificación.

Analizando detalladamente el total de la información, se observa que varios de los ítems clasificados como A bajo el criterio de cantidad, obtienen una C por costo unitario y a

la inversa.

Tabla 5. Clasificación ABC tradicional por cantidad

No.	Código artículo	Cantidad	Porcentaje	Clasificación
1	021803001	1.470.337	40,20%	A
2	022102022	752.969	20,59%	A
3	021803003	154.303	4,21%	A
4	022105012	139.103	3,80%	A
5	021803004	99.000	2,70%	A
...
186	025805112	6	0,000164%	C
187	025009038	3	0,000082%	C
188	022302008	3	0,000082%	C

Tabla 6. Clasificación ABC tradicional por costo unitario promedio

No.	Código artículo	Costo unitario (\$)	%	Clasificación
1	021803008	\$ 10.748.842,11	19,59%	A
2	025805102	\$ 7.790.679,65	14,20%	A
3	025805017	\$ 4.492.380,31	8,19%	A
4	025805109	\$ 3.244.412,00	5,91%	A
5	022303019	\$ 2.726.007,02	4,97%	A
...
186	022310002	\$ 255,82	0,00047%	C
187	022303002	\$ 191,48	0,00035%	C
188	022310010	\$ 55,39	0,00010%	C

Luego se procedió a ubicar los datos resultantes de la totalidad de ítems dentro de la matriz de resultados de la combinación de los dos criterios que se muestra en la Tabla 7

Tabla 7. Adaptación de la matriz de resultados de la clasificación de dos criterios (Flores et al., 1992)

Matriz de dos criterios		Costo unitario promedio [\$]		
		A	B	C
Cantidad [unidades]	A	0	5	25
	B	0	15	36
	C	30	31	46

Con base en la metodología planteada por Flores et al., (1992), sólo se observan cinco artículos a clasificar como A, según el costo unitario promedio, mas ninguno aparece a clasificar como A por cantidad. Los resultados de la clasificación ubicados en la matriz, se ilustran en la Tabla 8.

Tabla 8. Matriz de resultados: clasificación de dos criterios de Flores

Clasificación	SKUs	Participación (%)
A	5	2,66
B	71	37,77
C	112	59,57
Total	188	100

Si bien es cierto que los resultados de esta clasificación ofrecen un mejor soporte para el tomador de decisiones (DM) que la clasificación ABC tradicional, el propósito es explorar alternativas multicriterio más robustas, tales como los métodos que a continuación se muestran.

B. Aplicación del AHP

Esta técnica exige que al disponer de múltiples criterios para la determinación de la importancia de los SKU entre el total del inventario, se requiere determinar la importancia asignada a cada uno de los criterios. Tal como se mencionó, los criterios con los cuales se realizará posteriormente la clasificación ABC son: costo unitario promedio, cantidad (unidades), volumen (a precio de costo, sin margen de utilidad), volumen (precio de venta al público, con margen de utilidad incluido), rentabilidad y criticidad. Partiendo de una comparación por pares de criterios, la Tabla 9 muestra la valoración de la comparación realizada según el AHP (ver Vidal, 2010).

Tabla 9. Criterios de valoración para el AHP

Criterios de valoración	Valor
Igualmente preferida	1
Igual a moderadamente preferida	2
Moderadamente preferida	3
Moderada a fuertemente preferida	4
Fuertemente preferida	5
Fuertemente a muy fuertemente	6
Muy fuertemente preferida	7
Muy fuertemente a extremadamente	8
Extremadamente preferida	9

La Tabla 10 muestra la matriz de comparación entre criterios. En la clínica objeto de nuestro análisis ésta comparación se realizó con el apoyo del Planeador Institucional, quien es el encargado de prever las necesidades de cada uno de los servicios para posteriormente elaborar un pedido institucional a los analistas de compras.

Tabla 10. Matriz de preferencias entre criterios

AHP	Cantidad	Costo unitario	Volumen (\$)	Precio de venta	Rentabilidad	Criticidad
Cantidad	1	1/9	1	1/3	1/5	1/7
Costo unitario	9	1	9	7	5	3
Volumen [\$]	1	1/9	1	1/3	1/5	1/7
Precio de venta	3	1/7	3	1	1/3	1/7
Rentabilidad	5	1/5	5	3	1	1/5
Criticidad	7	1/3	7	7	5	1

Siguiendo el procedimiento AHP se construye la matriz normalizada, dividiendo cada término de la matriz de preferencias entre la suma de su columna; posteriormente se obtiene el vector de prioridad de los criterios promediando cada fila de la matriz normalizada.

La Tabla 11 especifica los porcentajes resultantes del desarrollo del AHP para cada criterio, junto con los indicadores de consistencia.

Tabla 11. Porcentajes asignados a cada criterio e indicadores de consistencia

Cantidad	3,4%	λ Max	6,436
Costo unitario	44,5%	Índice consistencia	0,087
Volumen [\$]	3,4%	Índice aleatorio	1,24
Precio Venta	7,0%	Coefficiente de consistencia	0,0703
Rentabilidad	13,0%		
Criticidad	28,9%		

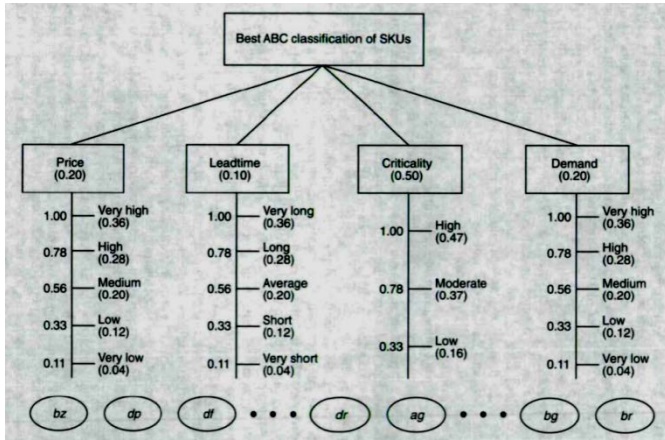
Se puede observar que, del total de criterios a tener en cuenta para el estudio, todos poseen una “importancia”

distinta, siendo el criterio más importante el de costo unitario, con un 44,5%; seguido de la criticidad (criterio cualitativo), que obtuvo un 28,9%. Es decir, esta combinación cuantitativa y cualitativa de criterios suma 73,3%. En otras palabras, el costo unitario es más importante como criterio frente a la criticidad, aunque se trate de medicamentos, debido a que existen medicamentos de muy alto costo que influyen decisivamente en los indicadores de gestión administrativa de los inventarios.

Una vez determinados los porcentajes para los criterios, se procede a determinar la escala para cada uno de los SKU dentro de cada criterio.

Partovi & Burton (1993) plantean una jerarquía basada en AHP para evaluar los ítems del inventario; la cual se ilustra en la Figura 1; posteriormente, establecen rangos dentro de cada criterio y a éstos les asignan un peso para refinar el modelo.

Figura 1. Jerarquía de decisión de la clasificación ABC (Partovi & Burton, 1993, p. 34)



Por ejemplo, para el criterio criticidad existen tres rangos: alto, medio y bajo, para los cuales existe una escala que los ubica en 1, 0.78 y 0.33 respectivamente. A esta escala se le asigna un peso obtenido basado en la metodología AHP la cual es 0.47, 0.37 y 0.16, en su orden, para los criterios mencionados.

Después de analizar el método para la asignación de los pesos, la puntuación final obtenida por el ítem es la resultante de multiplicar el peso del criterio por el valor ubicado en la escala. Por ejemplo, si un ítem hipotético *bz* es de muy bajo precio (0,11), muy corto tiempo de entrega (0,11), baja criticidad (0,33) y muy alta demanda (1,00), entonces la puntuación final asignada es:

$$(0,2) \cdot (0,11) + (0,1) \cdot (0,11) + (0,5) \cdot (0,33) + (0,2) \cdot (1,0) = 0.4.$$

Con el ánimo de aplicar la metodología ABC para la obtención de datos que sirvan de soporte para la toma de decisiones, se desarrolló en este artículo una clasificación más robusta, que consiste en asignar pesos a cada uno de los 188 ítems, mas no asignarlos por ubicación dentro de un rango; además, la criticidad se clasificó de 1(alto) a 0.1 (bajo) en vez de la clasificación propuesta por Partovi en tres rangos. Este aspecto se considera vital para la confiabilidad de los resultados, ya que la criticidad tiene un peso del 28,9% y cualquier imprecisión puede afectar notoriamente la clasificación final.

Para ello, se clasifican los ítems por cada criterio individualmente, y se normalizan los datos mediante la asignación del 100% al ítem ubicado en la primera casilla. Desde allí se le asigna un peso proporcional al primero. Este procedimiento se muestra en las Tablas 12 a 16.

Primero se clasifican los ítems por cantidad (Tabla 12); luego por costo unitario promedio (Tabla 13); por volumen, a precio de costo (Tabla 14); por volumen a precio de venta (Tabla 15); y por rentabilidad (Tabla 16).

Tabla 12. Clasificación ABC por cantidad - normalizada

N°	SKU	Cantidad	Normalización
1	021803001	1.470.337	100,00%
2	022102022	752.969	99,50%
3	021803003	154.303	98,99%
4	022105012	139.103	98,49%
...
186	022302008	3	1,51%
187	022101020	1	1,01%
188	022102029	1	0,50%

Tabla 13. Clasificación ABC por costo unitario - normalizada

N°	SKU	Costo unitario	Normalización
1	021803008	\$ 10.748.842,11	100,00%
2	025805102	\$ 7.790.679,65	99,51%
3	025805017	\$ 4.492.380,31	99,02%
4	025805109	\$ 3.244.412,00	98,54%
...
186	022310002	\$ 255,82	1,46%
187	022303002	\$ 191,48	0,98%
188	022310010	\$ 55,39	0,49%

Tabla 14. Clasificación ABC por volumen (precio de costo) - normalizada

N°	SKU	Volumen (Precio costo)	Normalización
1	025805017	\$ 3.364.792.854,66	100,00%
2	021803008	\$ 1.838.052.000,00	99,49%
3	025009020	\$ 1.712.563.643,20	98,97%
4	025003012	\$ 1.555.012.725,68	98,46%
...
186	025008010	\$ 68.187,18	1,54%
187	025008008	\$ 63.550,94	1,03%
188	022308014	\$ 60.596,80	0,51%

Tabla 15. Clasificación ABC por volumen (precio de venta) - normalizada

N°	SKU	Volumen (Precio venta)	Normalización
1	025805017	\$ 3.847.844.715,99	100,00%
2	021803008	\$ 2.508.940.980,00	99,51%
3	025009020	\$ 2.313.925.978,84	99,02%
4	025003012	\$ 2.146.063.686,86	98,54%
...
186	022101020	\$ 27.639,00	1,49%
187	025001005	\$ 14.472,00	0,99%
188	022102029	\$ 14.036,00	0,50%

Tabla 16. Clasificación ABC por rentabilidad - normalizada

N°	SKU	Rentabilidad	Normalización
1	025008006	165,60%	100,00%
2	021803001	143,74%	99,50%
3	022101020	119,43%	98,99%
4	025004018	94,45%	98,49%
5	025804012	81,75%	97,99%
...
186	025804003	7,50%	2,01%
187	022303016	2,74%	1,51%
188	025804006	1,34%	1,01%

El criterio de criticidad no requiere ser normalizado, ya que por defecto sus valores se ubican entre 0 y 1.

Luego se procede a realizar la clasificación ABC multicriterio basados en AHP como sigue: se multiplican los valores normalizados obtenidos para cada criterio por el peso asignado a cada criterio, según la Tabla 11; posteriormente se realiza la sumatoria. Como ejemplo se puede decir que para el ítem 1 (ó SKU 1) el procedimiento para el cálculo (PFS₁)

$$PF = \sum_j \left[\left(\begin{matrix} \text{Valor normalizado de } S_1 \\ \text{(con respecto al criterio } C_j) \end{matrix} \right) * (\text{Peso local del criterio } C_j) \right]$$

donde:

$S_1 =$ SKU 1; $C_j = 1, 2, \dots, 6$. C_j es el valor resultante del vector prioridad del AHP.

Al igual que en la clasificación ABC tradicional desarrollada para cada uno de los criterios, después de la sumatoria de los productos, estos se organizan de mayor a menor, como se muestra en la Tabla 17. En esta clasificación final, para ser consecuentes con el principio 80-20 y la clasificación ABC (Flores et al, 1992) se procede a tomar los cinco primeros SKU, como A, los cuales

suman cinco ítems; los ítems clase B, que suman 96 ítems; el resto se consideran clase C, 87 ítems.

Tabla 17. Clasificación ABC final - normalizada

N°	SKU	Peso obtenido	Normalización
1	021803008	91,62%	100,00%
2	025805017	85,99%	93,86%
3	025805102	85,83%	93,69%
4	022303019	84,43%	92,15%
...
186	022308014	18,64%	20,35%
187	022310004	16,60%	18,12%
188	025008016	7,81%	8,53%

C. Modelo de optimización lineal alternativo de Wan Lung

Aplicando el modelo a los 188 ítems, se procede a clasificar los criterios a través de pesos. A diferencia de otras metodologías, el mismo modelo asigna automáticamente las ponderaciones a cada uno de los criterios, siempre y cuando los datos se ubiquen en orden descendente. Con base en los criterios evaluados en común para los modelos multicriterio anteriores, se determina que los de mayor a menor importancia a tener en cuenta en el presente modelo son costo unitario promedio, precio de venta y cantidad de artículos.

Una vez se cuenta con los datos originales, se procede a su transformación mediante la fórmula. Esto es, al dato original se le resta el valor mínimo del total de los valores correspondientes al criterio, y este resultado se divide entre la diferencia existente entre el valor máximo y el mínimo del total de datos. El desarrollo de estos pasos se ilustra en la Tabla 18.

$$\frac{y_{ij} - \min_{i=1,2,\dots,t} \{y_{ij}\}}{\max_{i=1,2,\dots,t} \{y_{ij}\} - \min_{i=1,2,\dots,t} \{y_{ij}\}}$$

Tabla 18. Datos originales e ítems transformados – Modelo de Wan Lung

No.	Código	Datos originales			Datos transformados		
		Costo	Precio Ven	Cantidad	Costo	Precio Ven	Cantidad
1	025805017	3.364.792.855	3.847.844.716	749	1,00	1,00	0,0005
2	021803008	1.838.052.000	2.508.940.980	171	0,55	0,65	0,0001
3	025009020	1.712.563.643	2.313.925.979	18.614	0,51	0,60	0,0127
4	025003012	1.555.012.726	2.146.063.687	25.988	0,46	0,56	0,0177
...
186	025008010	68.187	79.573	27	0,00	0,00	0,0000
187	022308014	60.597	80.175	75	0,00	0,00	0,0000
188	025008016	22.248	29.189	33	0,00	0,00	0,0000
	Mínimo	22.248	29.189	3			
	Máximo	3.364.792.855	3.847.844.716	1.470.337			

En las dos últimas filas aparecen los valores máximo y mínimo del total de datos a procesar dentro del modelo, éstos son los que se utilizan para la transformación que aparece en la segunda parte de la tabla, con base en la fórmula expuesta.

Posteriormente, se procede a calcular los promedios parciales basados en los ítems transformados y se obtiene el máximo parcial calculado, como se puede apreciar en la Tabla 19.

Tabla 19. Datos Promedios parciales y puntaje de inventarios – Modelo de Wan Lung

Datos originales		Ítems transformados			Promedios parciales y puntaje de inventarios			
No.	Código.	Costo	Precio	Cantidad	Costo	Precio	Cantidad	Puntaje Máximo
1	025805017	1,00	1,00	0,0005	1,00	1,00	0,67	1,00
2	021803008	0,55	0,65	0,0001	0,55	0,60	0,40	0,60
3	025009020	0,51	0,60	0,0127	0,51	0,56	0,37	0,56
4	025003012	0,46	0,56	0,0177	0,46	0,51	0,35	0,51
...
186	025008010	0,00	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00
187	022308014	0,00	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00
188	025008016	0,00	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00

El mecanismo de cálculo de los promedios parciales está basado en la siguiente formulación.

$$\frac{I}{j} \sum_{k=1}^j x_{ik}, \quad j = 1, 2, \dots, J$$

El paso siguiente consiste en organizar la columna de puntajes máximos (scores del ítem i) llamados en el modelo S_i en orden descendente. Ahí se clasifican los ítems de acuerdo con el puntaje obtenido en A, B o C.

En este caso, del total de 188 ítems estudiados, teniendo en cuenta el peso inferior a 0,1 (166) se consideraron con tipo C; entre los 22 restantes, se seleccionó el 20% como tipo A. La Tabla 20 muestra estos puntajes.

Los resultados compilados de la clasificación definitiva por este modelo se describen en la Tabla 21.

Tabla 20. Clasificación ABC – Modelo de Wan Lung

N°	Código Art.	Puntaje Máximo	Designación
1	025805017	1,00	A
2	021803008	0,60	A
3	021803001	0,58	A
4	025009020	0,56	A
...
186	022308014	0,00	C
187	025008010	0,00	C
188	025008016	0,00	C

Tabla 21. Clasificación ABC Modelo de Wan Lung – Consolidado

Categorías	Ítems de la categoría	Participación
Ítems A	5	2,7%
Ítems B	17	9,0%
Ítems C	166	88,3%
Total	188	100%

Con base en las metodologías aplicadas, se procede a organizar los datos como aparece en la Tabla 22.

Tabla 22. Primeros diez artículos resultantes de la clasificación ABC por diversos métodos

Grupo de inventario	Tradicional		Flores		AHP		Wan Lung	
	SKUs (#)	Volumen	SKUs (#)	Volumen	SKUs (#)	Volumen	SKUs (#)	Volumen
A	5	37,15%	5	19,34%	5	26,71%	5	37,25%
B	82	60,32%	71	74,21%	96	63,66%	58	57,14%
C	109	3,05%	112	6,45%	87	9,62%	125	5,61%

Volumen: participación en \$

Los datos que aparecen en la Tabla 22 son aquellos que fueron clasificados como A con las diferentes técnicas de clasificación multicriterio. A continuación se compararán, no solamente los ítems clase A de las diferentes categorías,

sino que el ejercicio se extiende, en términos de participación en cada técnica de clasificación, a los primeros 10 ítems (Tabla 23).

Tabla 23. Clasificación ABC de los primeros 10 ítems por método

Posición	Tradicional	Flores	AHP	Wan Lung
1	025805017	025004034	021803008	025805017
2	021803008	025003012	025805017	021803008
3	025009020	025009020	025805102	021803001
4	025003012	025004013	022303019	025009020
5	025805102	025009030	025805103	025003012
6	022102022	021803001	025805111	022102022
7	022303011	022102022	022103003	025805102
8	021803001	021803003	022303011	022303011
9	025009030	022105012	025009020	025009030
10	025805111	021803004	025009030	025004034

Finalmente se seleccionan los ítems que, como primera medida, formaron parte de los cuatro métodos de clasificación, ya que esto implica que, sea cual fuere el método, su importancia dentro del inventario resalta (i.e., 025009020 y 025009030); luego, los que aparecen en tres técnicas con la mejor posición (i.e., 025805017, 021803008 y 025003012); lo que da como resultado cinco ítems para el posterior diseño del sistema de pronósticos, como insumo para construir la política de inventario de estos medicamentos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El generar un total de cinco medicamentos como los más importantes de acuerdo con todas las técnicas y los criterios aplicados fue de vital importancia para el tema central del proyecto: la determinación de una política de inventarios para medicamentos en una clínica de cuarto nivel en la ciudad de Cali; se logró desvirtuar criterios como: el promedio de los últimos tres meses es la base para realizar los nuevos pedidos; la importancia del medicamento es el nombre de fabricante; y todos los medicamentos tienen la misma importancia, por tanto es necesario tener existencia de todos, entre otros.

Al obtener la clasificación de los ítems basada en los criterios de mayor relevancia para la clínica, se identifican varios puntos clave para la investigación, como por ejemplo: tanto el método tradicional, como el de Wan Lung incluyeron los cinco ítems, eso no sucedió con los métodos de AHP y de Flores. Asimismo, al analizar los resultados de estos dos últimos métodos, el AHP clasificó cuatro ítems con la particularidad de ubicar dos en los primeros lugares y dos en los últimos lugares; mientras que el de Flores clasificó tres ítems en posiciones intermedias.

Por tanto, es interesante ver cómo el método de Wan Lung es un método que integra y complementa los

resultados obtenidos por los métodos de Flores y AHP, permitiendo así validar la consistencia de la metodología para obtener resultados fiables que sirvan como soporte para la toma de decisiones en temas como la gestión de los inventarios y las operaciones.

V. CONCLUSIONES

La clasificación ABC multicriterio aplicada en el presente proyecto para los ítems objeto de estudio, es una herramienta importante para la toma de decisiones por que permite tener en cuenta criterios adicionales a los tradicionales, como el económico, generando resultados más robustos en términos de definición de productos tipo A, B o C para la posterior toma de decisiones.

La definición de los criterios y su importancia es un factor que impacta el resultado de las técnicas multicriterio y depende del tema objeto de estudio, como en el caso de la técnica de Flores, que en su clasificación no incluyó ítems por cantidad, sino por costo unitario.

Las técnicas de decisión multicriterio permiten la combinación de aspectos cuantitativos y cualitativos que, para un buen resultado, requieren la definición en consenso dentro del equipo de trabajo.

El método de Wan Lung, ofrece ventajas tales como la fácil comprensión y aplicación por parte de personal con poca experiencia en la modelación matemática; además, a diferencia del AHP, excluye el componente de subjetividad al asignar los pesos automáticamente.

El campo de investigación que se vislumbra en el tema de la aplicación de múltiples criterios, en los problemas que aquejan al sector productivo podría contribuir al incremento del nivel de competitividad empresarial y por ende, al desarrollo socioeconómico de la región y de la Nación.

VI. REFERENCIAS

- Castro, C. Vélez, M., & Castro, J. (2011). Clasificación ABC multicriterio: tipos de criterios y efectos en la asignación de pesos. *Iteckne*, 8(2), 163-170.
- Chen, Y. (2006). Multiple criteria decision analysis: classification problems and solutions [tesis doctoral]. University of Waterloo: Canadá.
- Flores, B.E. & Whybark, D.C. (1986). Multiple criteria ABC analysis. *International Journal of Operations and Production Management*. 6(3), 38-46.
- Flores, B.E. & Whybark, D.C. (1987). Implementing multiple criteria ABC analysis. *Journal of Operations Management*. 7(1), 79-84.

- Flores, B.E., Olson, D.L., & Dorai, V.K. (1992). Management of multicriteria inventory classification. *Mathematical and Computer Modeling*, 16(12), 71-82.
- Jeddou, M. B. (2013). An improvement of two multi-criteria inventory classification models. *IOSR Journal of Business and Management*, 11(6), 21-27.
- Méndez, G. & López E. (2014). Metodología para el pronóstico de la demanda en ambientes multiproducto y de alta variabilidad. *Tecnura*. 18(40), 89-102.
- Parada, O. (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. *Cuadernos de Administración*, 22(38), 169-187.
- Partovi, F & Burton, J. (1993). Using the analytic hierarchy process for ABC analysis. *International Journal of Operations & Production Management*. 13(9), 29-44.
- Ramanathan, R. (2003). An introduction to data envelopment analysis: a tool for performance measurement. New Delhi, India: Sage.
- Ramanathan, R. (2006). ABC inventory classification with multiple-criteria using weight linear optimization. *Computers and Operations Research*. 33, 695-700.
- Rezaeia, J., & Dowlatsahib, S. (2010). A rule-bases multi-criteria approach to inventory classification. *International Journal of Production Research*, 48(23), 7107-7126.
- Saaty, T.L. (1980). *The analytic hierarchy process*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Vidal, C.J. (2010). *Planeación, optimización y administración de cadenas de abastecimiento*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
- Wan Lung, Ng. (2007). A simple classifier for multiple criteria ABC analysis. *European Journal of Operational Research* Vol. 177(1), 344-353.

CURRÍCULOS

Raúl Antonio Díaz Pacheco. Ingeniero Mecánico de la Universidad Autónoma de Occidente (Cali, Colombia), con Maestría en Ingeniería de la Universidad del Valle (Cali). Docente investigador de la Universidad Nacional de Colombia (Palmira).

Mario Fernando Acosta Ríos. Ingeniero Industrial de la Universidad Nacional de Colombia (Manizales), con Especialización en Logística Empresarial de la Fundación Universitaria del Área Andina, y Maestría en Ingeniería de la Universidad del Valle (Cali, Colombia). Es docente investigador de la Universidad Santiago de Cali.

Juan José Bravo Bastidas. Ingeniero Industrial, Magister en Ingeniería de Sistemas y Doctor en Ingeniería, de la de la Universidad del Valle (Cali, Colombia); docente investigador de Universidad del Valle.