











ORIGINAL

## Multi-criteria mathematical application using MatLab and C++ for inventories and marketing of acrylic fiber products

### Aplicación matemática multicriterios utilizando MatLab y C++ para inventarios y comercialización de productos de fibra acrílica

Roberto Isaac Costales Montenegro<sup>1</sup>  , Francisco Eduardo Toscano Guerrero<sup>1</sup>  , Angelita Genoveva Tapia Bonifaz<sup>1</sup>  , Nelly Patricia Perugachi Cahueñas<sup>1</sup>  

<sup>1</sup>Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Administración de Empresas, Escuela de Finanzas. Riobamba, Ecuador.

**Citar como:** Costales Montenegro RI, Toscano Guerrero FE, Tapia BonifazAG, Perugachi Cahueñas NP. Multi-criteria mathematical application using MatLab and C++ for inventories and marketing of acrylic fiber products. Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias. 2024;3:.1162. <https://doi.org/10.56294/sctconf2024.1162>

Recibido: 18-02-2024

Revisado: 02-06-2024

Aceptado: 21-10-2024

Publicado: 22-10-2024

Editor: Dr. William Castillo-González 

Autor por correspondencia: Roberto Isaac Costales Montenegro 

#### ABSTRACT

Today, companies at a global level compete in the field of technology and available resources to meet the needs and preferences of the market. That is why, at national and local levels, strategies are implemented that allow companies to grow optimally, incorporating new elements in their policies to improve their performance in the marketing of products. The daily challenges that companies face lead to the search for solutions, especially with regard to inventories, which represent a significant capital investment in assets that entail expenses for materials, personnel and storage. This is why practical solutions are required that achieve a balance between customer needs and product rotation. The main objective of this study is to solve this problem by implementing a mathematical model and a computer application that allows finding efficient solutions for order management of the most demanded products in the local and national market. This optimizes resources and achieves a balanced inventory that increases the level of marketing and sales. The computer application is a versatile and practical tool that allows analyzing various elements and speeding up the process of selecting the most suitable products for the market. In the case of the company "Lanas Elsy", the Vilfredo Pareto ABC classification technique is used, combined with a multi-criteria mathematical model and a computer application designed in C# and Matlab. These tools are essential for the development of the company and its inventory strategy at a global level.

**Keywords:** Application; Client; Marketing; Development; Companies; Inventory; Maximization; Market; Model; Multicriteria; Optimization; Software.

#### RESUMEN

En la actualidad, las empresas a nivel global compiten en el ámbito de la tecnología y los recursos disponibles para satisfacer las necesidades y preferencias del mercado. Es por ello que a nivel nacional y local se implementan estrategias que permiten a las empresas crecer de manera óptima, incorporando nuevos elementos en sus políticas para mejorar su desempeño en la comercialización de productos. Los desafíos diarios que enfrentan las empresas llevan a la búsqueda de soluciones, especialmente en lo que respecta a los inventarios, que representan una importante inversión de capital en activos que conllevan gastos de materiales, personal y almacenamiento. Es por esto que se requieren soluciones prácticas que logren un

equilibrio entre las necesidades del cliente y la rotación de productos. El objetivo principal de este estudio es resolver este problema mediante la implementación de un modelo matemático y una aplicación computacional que permita encontrar soluciones eficientes para la gestión de pedidos de los productos más demandados en el mercado local y nacional. Esto optimiza recursos y logra un inventario equilibrado que aumenta el nivel de comercialización y las ventas. La aplicación computacional es una herramienta versátil y práctica que permite analizar diversos elementos y acelerar el proceso de selección de productos más adecuados para el mercado. En el caso de la empresa “Lanas Elsy”, se utiliza la técnica de clasificación ABC de Vilfredo Pareto, combinada con un modelo matemático multicriterio y una aplicación computacional diseñada en C# y Matlab. Estas herramientas son fundamentales para el desarrollo de la empresa y su estrategia de inventarios a nivel mundial.

**Palabras clave:** Aplicación; Cliente; Comercialización; Desarrollo; Empresas; Inventario; Maximización; Mercado; Modelo; Multicriterio; Optimización; Software.

## INTRODUCCIÓN

La clasificación de los productos en el inventario tiene un impacto efectivo y eficiente en la administración empresarial, ya que diferencia la gestión de inventario según las características de los artículos. La literatura revisada recomienda el método de clasificación ABC basado en una variable cuantitativa para optimizar recursos y realizar pedidos acordes a la demanda del mercado. De esta manera, se evita sobrecargar el inventario con productos que no tienen una rotación inmediata, lo que lleva a una amortización del capital.

La investigación propone la aplicación de una herramienta matemática de inventario en la empresa “Lanas Elsy”, para determinar las jerarquías de manejo de la mercancía, tomando en consideración características como color, textura, elasticidad, propiedad anti-alérgica, grosor, suavidad, elegancia, durabilidad, entre otras. Con estos datos se estableció una clasificación óptima utilizando la Metodología del Modelo Multicriterio ABC para Inventarios en la Cadena de Suministros, lo que permitirá tomar decisiones estratégicas para gestionar de manera eficiente los pedidos de productos con mayor rotación y movimiento comercial. Se identificaron limitaciones debido a la diversidad de productos y la variabilidad de los gustos del mercado que se ven afectados por las tendencias actuales.

El método ELECTRE TRI no solo permite determinar la preferencia o indiferencia de una alternativa sobre otra, sino también la “incomparabilidad”, que destaca particularidades en las evaluaciones. Esto suele ocurrir debido a puntuaciones erróneas realizadas por el tomador de decisiones o a un mal modelado del problema (Morán, W. 2005).

### Microsoft Excel

Excel es un software de Microsoft que se utiliza para llevar a cabo tareas contables y financieras mediante sus funciones específicas para la creación y manipulación de hojas de cálculo. En este caso, se combinará este programa con C# y Matlab para desarrollar una aplicación de escritorio para la clasificación ABC.

C# (C Sharp) es un lenguaje de programación creado por Microsoft, orientado a objetos y versátil, que se puede utilizar para desarrollar aplicaciones web, móviles y de escritorio. En este proyecto, será fundamental para la creación de la herramienta de clasificación ABC, basada en un modelo matemático. Sus características incluyen ser sencillo, moderno, seguro, extensible, versionable, compatible, versátil y confiable.

### Innovador Matlab

Matlab es una herramienta computacional ampliamente utilizada en diversas áreas, especialmente en ciencias matemáticas y carreras de ingeniería de pre y posgrado. Ofrece una amplia gama de aplicaciones, desde las más simples hasta las más complejas, y cuenta con funciones de graficación en dos y tres dimensiones que facilitan la interpretación de resultados. Es utilizado para trabajar en diversas áreas como Machine Learning, Análisis Financiero, Aplicaciones de Robótica y Visión Artificial, entre otras.

Entre las características de Matlab se encuentran las siguientes:

- Es una herramienta poderosa para resolver problemas matemáticos.
- Ofrece un lenguaje de alto nivel para cálculos científicos e ingenieriles.
- Cuenta con un entorno de escritorio optimizado para la exploración iterativa.
- Permite la creación de gráficas para visualizar datos y la generación de diagramas personalizados.
- Desarrolla aplicaciones para ajustar curvas, clasificar datos y analizar señales.
- Facilita la creación de aplicaciones con interfaces de usuario personalizadas.
- Dispone de interfaces para C #, Java®, .NET, Python, SQL, Hadoop, C/C++ y Microsoft Excel.
- Proporciona opciones de implementación sin derechos de autor para compartir programas de MATLAB con los usuarios finales.

### Antecedentes-investigativos

Un sistema de control eficiente de inventario no considera de la misma manera todos los productos en existencia, sino que utiliza métodos de control y análisis en función de la importancia económica de cada producto en una ubicación específica. Según Morán W 2005 método ABC-Pareto clasifica los inventarios en función de su valor/costo, lo que lo hace económico y fácil de usar, pero limita la evaluación de criterios adicionales como la obsolescencia o criticidad. Por lo tanto, se sugiere utilizar un enfoque multicriterio como ELECTRE TRI para clasificar los elementos de manera más efectiva.

La clasificación ABC-Pareto es una herramienta comúnmente utilizada en empresas para dividir los ítems en tres clases: A, B y C, basadas en su valor/costo. La clase A representa aproximadamente el 20 % de los ítems que representan el 80 % del valor/costo, la clase B representa el 30 % de los ítems y el 15 % del valor/costo, y la clase C incluye el 50 % de los ítems y el 5 % del valor/costo. Sin embargo, este enfoque no considera otros criterios importantes como la criticidad, reemplazabilidad, volumen físico o margen de ganancia de los ítems, lo que puede variar según la naturaleza y el tipo de empresa.

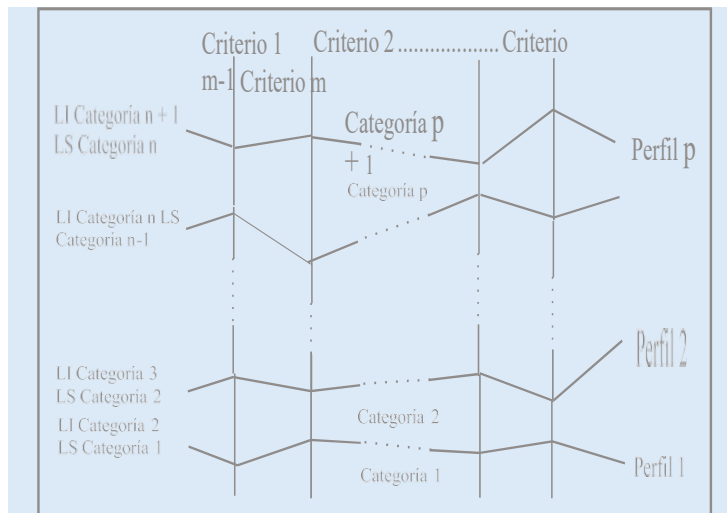


Figura 1. Clasificación de alternativas según el ELECTRE TRI

### MÉTODO

Este estudio adoptó un enfoque cuantitativo y un diseño transversal no experimental. Se utilizó un análisis descriptivo para presentar las características sociodemográficas de la población objetivo-conformada por hombres y mujeres mayores de 18 años y el su criterio acerca de la utilización de productos de fibra de vidrio. Además, se seleccionó una muestra representativa de la población para asegurar la validez y generalización de los resultados.

Los datos fueron recolectados de la base de datos de la ENEMDU y analizados mediante técnicas estadísticas avanzadas. Se utilizaron herramientas de software como SPSS y R para realizar análisis de regresión lineal múltiple y pruebas de Chi-cuadrado. La interpretación de los resultados se realizó en el contexto de las teorías económicas y sociológicas para comprender la situación de las mujeres en el mercado laboral ecuatoriano.

Se utilizó un método de Apoyo Multicriterio ABC para Inventarios en la Cadena de Suministros, la que permite tomar decisiones estratégicas para gestionar de manera eficiente los pedidos de productos con mayor rotación y movimiento comercial en la en la compañía "Lanas Elsy" en el año 2022.

### Análisis de variables

La encuesta se realizó a gerencia, área administrativa y a la parte operativa, realizando preguntas con respecto a la variable independiente y la variable dependiente, obteniéndose los siguientes resultados de la encuesta.

#### Variable independiente:

Modelo matemático para la gestión de inventarios en la cadena de suministro.

#### Variable dependiente:

Venta de productos de fibra acrílica en la compañía "Lanas Elsy".

#### Variable dependiente:

Comercialización de productos de fibra acrílica en la compañía "Lanas Elsy".

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Población o muestra

En este caso, se trabajó con la totalidad de la población en la presente investigación

De acuerdo con las afirmaciones de Herrera L Medina A y Naranjo G (2004), el proceso de construcción de la información se divide en dos etapas:

- La planificación para la recolección de información
- La planificación para el procesamiento de información

### Plan de recolección de la información

**Pregunta No. 1:** ¿Considera que los productos de fibra acrílica son populares en el mercado?

Escala	Frecuencia absoluta	Porcentaje
Si	7	70 %
No	2	20 %
Desconoce	1	10 %
Total	10	100 %

#### Análisis:

Según el análisis realizado a las personas encuestadas, se puede concluir que el 70 % de ellas considera que los productos de fibra acrílica tienen aceptación en el mercado, mientras que un 20 % opina lo contrario. Por otro lado, un 10 % indica no tener certeza sobre este tema.

#### Interpretación:

Por lo tanto, se puede concluir que la mayoría de encuestados opinan que los productos de fibra acrílica son bien recibidos en el mercado, lo cual representa una ventaja para la empresa.

**Pregunta No. 2:** ¿Su empresa ofrece productos antialérgicos?

Escala	Frecuencia absoluta	Porcentaje
SI	8	80 %
NO	1	10 %
DESCONOCE	1	10 %
TOTAL MUESTRA	10	100 %

#### Análisis:

Del total de las personas encuestadas se puede determinar que el 80 %, es decir siete personas creen si se ofertan productos antialérgicos, el 10 % que está representado por una persona manifiesta que no y el 10 %, es decir una persona indica que desconoce si se ofertan productos antialérgicos.

#### Interpretación:

Según la encuesta realizada, el 80 % de las personas encuestadas (siete personas) creen que se ofertan productos antialérgicos, el 10 % (una persona) no lo cree y el otro 10 % (una persona) no tiene conocimiento al respecto.

**Pregunta No. 3:** ¿Dispone de un stock suficiente de productos de fibra acrílica?

Escala	Frecuencia absoluta	Porcentaje
SI	1	10 %
NO	8	80 %
DESCONOCE	1	10 %
TOTAL MUESTRA	10	100 %

**Análisis:**

Según los resultados de la encuesta, el 10 % de las personas entrevistadas piensa que la empresa tiene un inventario adecuado de productos de fibra acrílica, mientras que el 80 % (ocho personas) opinan lo contrario. Por otro lado, el 10 % restante indica que desconoce el tema.

**Interpretación:**

De acuerdo con esto, se puede concluir que la mayoría de encuestados opinan que la empresa no dispone de un inventario apropiado de productos de fibra acrílica, lo que representa un problema grave

**Pregunta No. 4:** ¿Considera usted que la empresa requiere implementar un modelo de inventario?

Escala	Frecuencia absoluta	Porcentaje
Si	4	40 %
No	4	40 %
Desconoce	2	20 %
Total	10	100 %

**Análisis:**

Según la encuesta realizada, se puede concluir que el 40 % de los encuestados, equivalente a cuatro personas, considera que la empresa requiere un inventario adecuado de productos de fibra acrílica. Otro 40 %, también representado por cuatro personas, opinan lo contrario. Finalmente, el 20 %, es decir dos personas, indican desconocer sobre el tema.

**Interpretación:**

Por lo tanto, se puede concluir que la mayoría de encuestados opina que la empresa enfrentaría un problema grave si no cuenta con un inventario adecuado de productos de fibra acrílica.

**Resultados y análisis de las variables**

La encuesta se realizó a gerencia, área administrativa y a la parte operativa, realizando preguntas con respecto a la variable independiente y la variable dependiente, obteniéndose los siguientes resultados de la encuesta (Ver anexo 1, Encuesta). Se llevó a cabo una encuesta a la gerencia, al área administrativa y al personal operativo, en la que se realizaron preguntas sobre la variable independiente y la variable dependiente. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la encuesta (Ver anexo 1, Encuesta).

**Variable independiente:** es el modelo matemático de inventarios en la cadena de suministros

**Variable dependiente:** es la comercialización de productos de fibra acrílica en la empresa “Lanas Elsy”.

Escala	SI	NO	TOTAL
Variable Independiente	16	24	40
Variable Dependiente	30	10	40
TOTAL	46	34	80

**Análisis de los resultados de las variables**

La encuesta muestra de manera evidente que la ausencia de un modelo matemático de inventarios en la cadena de suministros afecta la comercialización de productos de fibra acrílica en la empresa “Lanas Elsy”.

**Variables respuesta o resultados alcanzados**

El método de clasificación de productos ABC se basa en el principio de Pareto, el cual permite categorizar los productos preliminarmente según su impacto en el valor total, ya sea en inventario, ventas o costos. Esta clasificación facilita la asignación de niveles y modos de control distintos para cada categoría de productos.

En la empresa se ha realizado la siguiente clasificación:

- Clase A: productos que representan el 80 % del valor total de stock y el 20 % del total de artículos.
- Clase B: productos que representan el 15 % del valor total de stock y el 30 % del total de artículos.
- Clase C: productos que representan el 5 % del valor total de stock y el 60 % del total de artículos.

A continuación, se presentan los datos estadísticos de ventas mensuales del año 2022 de los productos con mayor rotación en el mercado. Estos datos se utilizarán para aplicar el modelo matemático propuesto en este estudio de investigación, con el objetivo de resolver problemas relacionados con el inventario y los pedidos de productos con alta rotación.

Durante el mes de mayo, se puede observar un ligero cambio en la gráfica de ventas de los productos, manteniendo constante el artículo líder en ventas, lo que indica un criterio sólido de clasificación. Además, se aprecia un leve crecimiento en las ventas de cuatro productos adicionales, lo que sugiere que la curva de ventas ha dejado de ser plana para mostrar pequeños picos de crecimiento.

Uno de estos productos experimenta un crecimiento sostenido a lo largo del tiempo, lo que indica una variabilidad en la curva de ventas y sugiere la posibilidad de establecer un criterio de clasificación para el análisis y la implementación de un modelo matemático en el futuro.

Es importante destacar que los datos recopilados de la empresa “Lanas Elsy” en el año 2022 reflejan las preferencias del mercado en cuanto al uso de productos de fibra acrílica. Esto demuestra que estos productos tienen una amplia gama de aplicaciones, lo que los convierte en una fuente de ingresos para aquellas personas que tejen y confeccionan prendas de vestir muy demandadas en el mercado nacional e internacional.

Durante el mes de junio, el producto que ocupaba la tercera posición ha ascendido al segundo lugar en los meses siguientes, mostrando un incremento en las ventas que le ha permitido superar al artículo que se encontraba en primera posición. Esto lo convierte en el producto estrella de la empresa.

### **Procedimiento de Cálculo - Clasificación ABC, criterio “Productos”**

Se utilizó la información de ventas por producto en 2022, presentada en la tabla 3.22, para llevar a cabo un análisis ABC a través de Microsoft Excel. El procedimiento de cálculo incluyó los siguientes pasos:

- Se multiplicó el Precio por las Unidades Vendidas de cada producto para obtener el valor total.
- Se calculó el Porcentaje de Participación Relativo de inventario dividiendo el valor total de cada producto entre el sumatorio total del inventario, asegurando que la suma de estos porcentajes sea igual a 100 %.
- Los datos fueron ordenados de mayor a menor según su participación en el inventario.
- Se determinó la Participación Acumulada de cada producto ordenado, sumando la Participación Relativa del inventario de cada uno.
- Se aplicó la regla de Vilfredo Pareto para clasificar los productos en A, B y C, asignando un 80 % del valor de inventario a la clasificación A, un 15 % a la clasificación B y el resto a la clasificación C. Esta clasificación se realizó utilizando una función de Excel.
- Se añadió una nueva columna enumerando los productos.
- Se verificó si el 80 % del Valor Total del Inventario correspondía al 20 % de los Productos siguiendo la regla de Pareto.
- Se obtuvo el Porcentaje de Representación de Inventarios para las clasificaciones A y B, considerando los valores acumulados.
- Se recomendó aplicar colores a cada clasificación para una mejor visualización, como verde para la clasificación A, amarillo para la B y rojo para la C.
- La clasificación final ABC permitió identificar los productos de mayor rotación para su posterior análisis.

Los resultados de esta investigación se vinculan directamente con los objetivos generales y específicos, que tienen como finalidad alcanzar las metas establecidas y encontrar soluciones al problema planteado. Se utilizan alternativas matemáticas y computacionales para optimizar la toma de decisiones y promover el crecimiento de la empresa.

El objetivo general de este estudio es analizar la incidencia del modelo matemático de inventarios en la cadena de suministros y la comercialización de productos de fibra acrílica. Se empleó el método multicriterio ABC y se recopiló información real y precisa para desarrollar una aplicación de toma de decisiones. Se utilizó un enfoque combinando información de campo en Excel, el lenguaje computacional C# y el programa de cálculo matemático Matlab para crear una aplicación de escritorio confiable y versátil para la clasificación multicriterio ABC. Se evaluaron tres criterios para el análisis de la clasificación y su impacto en el inventario de la empresa “Lanas Elsy”.

El primer criterio analizado fue la variable “PRODUCTO”, que condujo a la clasificación ABC y posteriormente al análisis de la “GAMA DE COLORES” como segundo criterio, clasificada en la categoría “A”. Finalmente, se examinó el tercer criterio, “VENTAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO”, para determinar los meses con mayor cantidad de ventas. Estos criterios se evaluaron utilizando el modelo matemático de clasificación ABC a través de la aplicación computacional de escritorio, con el objetivo de tomar decisiones óptimas en relación con la rotación de inventarios en la empresa “Lanas Elsy” de Ambato.

**Base de datos para el análisis multicriterio ABC****Primer Criterio “PRODUCTO”**

En la tabla 6 se presentan los productos vendidos por la empresa “Lanas Elsy” que se clasifican según el primer criterio de análisis de clasificación ABC.

Producto	Unidades vendidas
Sereno algodón	674
Cisne onda	572
Silvia florencia	423
Cisne calido	246
Silvia cori	268
Silvia prints	249
Cetim	197
Kartopu baby natural	137
Rendidora jumbo	130
Cisne hobby	82
Silvia punto	154
Cartopu hola	70
Kartopu gonka	100
Cisne ancor	65
Kartopu melange wool	54
Silvia laso	78
Pescadora trenza	56
Alahaja	56
Cisne ak-soft	45
Rendidora fasshion	34
Tren kartopu baby one	37
Alize burkum batik	22
Rendidora multicolor	24
Cisne atena	23
Tren kartopu matryoshca	35
Cisne florsita	24
Kartopu baby natural prints	15
Cisne moonlight	18
Silvia rox	17
Silvia brillante	15
Cisne turin	10
Cisne agata	7
Cisne snow	2

**Segundo Criterio “GAMA DE COLORES”**

La empresa “Lanas Elsy” cuenta con una gran gama de colores en sus artículos de fibra acrílica, se puede apreciar la lista de colores que cuenta el producto Sereno Algodón, que fue el producto que llegó a ocupar el primer lugar de la clasificación ABC inicial, continuando con el método multicriterio ABC, se analizó el criterio “GAMA DE COLORES”

**Base conceptual para el análisis multicriterio ABC**

Según manifiesta Parada Gutiérrez, Óscar, 2009. El análisis ABC, también llamado curva 80-20, se basa en el aporte del economista Wilfredo Pareto, según su estudio de la distribución de los ingresos. Se 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 concentrarse en los valores críticos y no en los insignificantes”.

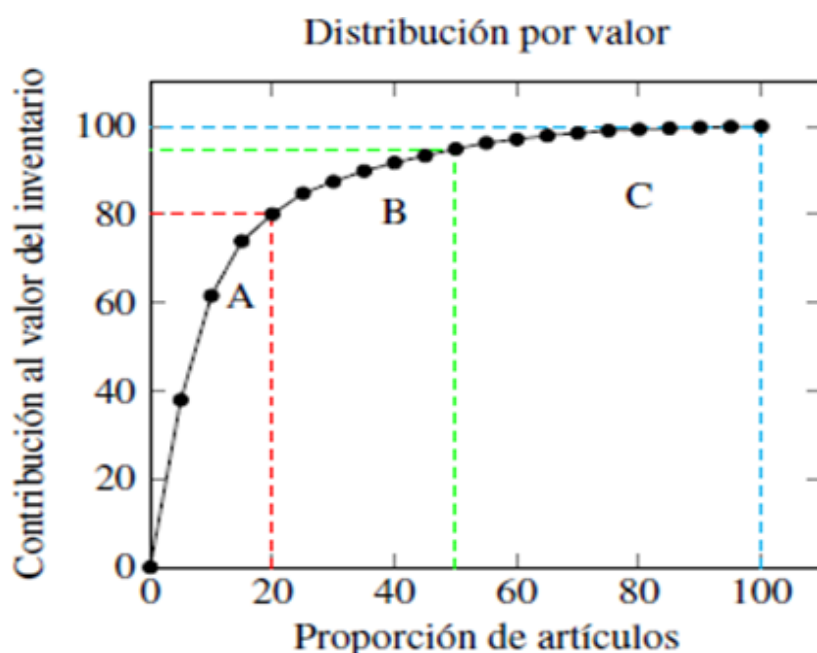


Figura 2. Clasificación ABC

En la figura 2 se puede observar la representación estadística de la distribución del efecto de los renglones considerados al aplicar el método ABC. Esta curva muestra tres zonas distintas, cuyos límites son determinados por los rangos asignados. A continuación, se describen las características de cada una de las zonas.

Área A. Agrupa aproximadamente entre el 10 % y el 20 % de todos los renglones y representa entre el 60 % y el 80 % del efecto económico total. Estos renglones son clasificados como A y son considerados los más importantes para la empresa según el parámetro base establecido.

Área B. El 20 % al 30 % de los renglones se agrupan y representan un efecto económico total del 20 % al 30 %. Estos renglones se clasifican como B y tienen una importancia media para la empresa.

Área C. Agrupando entre el 50 % y el 70 % de los renglones, se representa entre el 5 % y el 15 % del efecto económico total. Estos renglones, clasificados como C, son considerados de menor importancia para la empresa según el parámetro base.

### Análisis Multicriterio ABC

Según Torres Escobar, R. (2012), en una empresa se debe gestionar una gran cantidad de artículos para mantener la competitividad y satisfacer la demanda de los clientes de manera oportuna. La globalización ha fomentado la producción en masa a bajo costo, como en el caso de grandes cadenas como Walmart, Sears y Bestbuy que fabrican sus productos en China. Por lo tanto, es necesario implementar políticas efectivas de administración de inventarios para mantener la competitividad. Los administradores deben planificar y controlar una amplia variedad de artículos.

En el análisis ABC, se consideran criterios como el costo unitario promedio, reemplazabilidad, perecibilidad, durabilidad, distribución de la demanda, producto, colores y ventas anuales. Para este estudio, se han seleccionado los últimos tres criterios: producto, gama de colores y ventas en función del tiempo.

### Modelo matemático de programación

Se ha desarrollado una aplicación matemática para llevar a cabo el análisis multicriterio ABC, utilizando como parámetros fundamentales: el uso de una hoja de cálculo en Excel que contiene la base de datos necesaria para el análisis, la programación en C# como lenguaje principal y el software Matlab, una herramienta matemática de gran potencia para realizar estos tipos de análisis.

### Aplicación Matemática de escritorio de clasificación multicriterio ABC

#### Código de Programación de la Aplicación

El primer bloque se encarga de definir las variables para capturar los errores. Establece que el valor 0 indica un proceso normal y el valor 1 indica un error, por lo que este bloque se encarga de capturar los datos que contienen los valores 0 y 1.



#### *Código de funcionamiento de la aplicación con respecto a la clasificación ABC.*

En este bloque se ubica la mayoría del código de programación más relevante para la aplicación, el cual importa datos de una base de Excel, asigna instrucciones y crea objetos de programación. Este código contiene diversas funciones y procedimientos para la implementación de la clasificación ABC en la aplicación. Se encarga de cargar, procesar y generar resultados. Es importante destacar que este código ha sido desarrollado en su totalidad en C#, un lenguaje computacional altamente versátil y potente que resulta de gran ayuda en el desarrollo de la aplicación de escritorio.

#### **Proceso de carga de datos de Excel, a la interface principal de la aplicación**

Carga los datos de Excel a la interfaz gráfica de la aplicación.

#### **Definición de variables para reporte**

Determina los campos que se incluirán en el reporte, los cuales servirán para almacenar los datos de los resultados.

#### **Código de la función de clasificación en Matlab**

En este bloque se encuentra el código de la función de clasificación en Matlab, donde se realizan los cálculos matemáticos para el proceso de clasificación ABC.

#### **Interface de la aplicación de clasificación ABC**

La interfaz de la Aplicación de Clasificación ABC permite cargar un archivo de base de datos en Excel y ingresar los parámetros de análisis ABC para las clasificaciones “A” (80) y “B” (95). Los valores que no cumplan con estas clasificaciones se ubicarán en la región “C”. Es importante destacar que el parámetro de la clasificación “A” nunca será mayor que el de la “B”, por razones conceptuales y de criterio. Sin embargo, la aplicación permite ajustar estos parámetros para mejorar los resultados de la clasificación si es necesario, permitiendo un análisis más detallado del ABC.

### **CONCLUSIONES**

Al finalizar la investigación, análisis de datos y obtención de resultados, se pueden formular las siguientes conclusiones en relación a la empresa “Lanas Elsy” de Ambato: la falta de un modelo matemático de inventarios ha generado problemas en los pedidos y rotación de productos, lo que ha causado pérdidas en los ingresos debido a la falta de abastecimiento constante de productos de fibra acrílica para sus clientes, mayormente mujeres. Por ello, se propuso estudiar un modelo matemático para resolver este problema.

La clasificación ABC, a través del método multicriterio, resultó ser una herramienta práctica y versátil que optimiza recursos y acelera la toma de decisiones. Se pudo comprobar que la falta de un modelo matemático de inventarios afecta la comercialización de productos de fibra acrílica en “Lanas Elsy”.

La aplicación de la clasificación ABC, basada en criterios como productos, gama de colores y ventas a lo largo del tiempo, permitió tomar decisiones acertadas para optimizar el inventario y la rotación de productos. Se identificó que el producto con mayor rotación es “Sedeno Algodón”, con mayor demanda en color “Crema” y mayores ventas en el mes de abril. Estos datos serán clave para mejorar la gestión de inventarios y la comercialización de productos de fibra acrílica en la empresa.

La aplicación de escritorio para la clasificación ABC resultó ser una herramienta útil y eficiente para la empresa, dada su rapidez y versatilidad en el análisis de productos. La experiencia de la gerencia, con más de 23 años en el mercado, fue fundamental para el éxito de la implementación de este modelo.

En conclusión, la utilización del modelo matemático de inventarios ha sido clave para mejorar la gestión de productos de fibra acrílica en “Lanas Elsy”. Con la información obtenida, la gerencia podrá tomar decisiones más acertadas en cuanto a pedidos a proveedores, eliminando productos de baja rotación y optimizando recursos para maximizar las ventas. Esta optimización del inventario permitirá a la empresa destinar recursos adicionales para la adquisición de nuevos productos de fibra acrílica, mejorando así su oferta en el mercado y aumentando sus ingresos.

### **REFERENCIAS**

1. Aarón SO, Vargas JW. Modelo de Gestión de Inventarios: Conteo Cíclico por Análisis ABC (2013).
2. Aguiar F. Teoría de la decisión e incertidumbre: modelos normativos y descriptivos. EMPIRIA: Revista de Metodología de Ciencias Sociales (8), 139- 160, (2004).
3. Alvarado J. El método ABC en el control de inventarios, (2018)

4. Álvarez FM. El modelo matemático de Fourier para el calentamiento terrestre. *Ciencia y Tecnología*, 1(13), 293-308. (2013).
5. Arellano O, Quispe G, Ayaviri D, Escobar F,. Estudio de la Aplicación del Método de Costos ABC en las Mypes del Ecuador Study of the Application of The ABC Cost Method in the Mypes Of Ecuador. *Revista Científica ECOCIENCIA*. (2017)
6. Barroso Z, Augusto C. c Análisis y propuesta de mejoramiento para la gestión de inventarios de Ferreteria Aldia S.A. (2017)
7. Beliakov G, James, S. *Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications*. World Scientific Publishing Company (2013).
8. Bjarne S, *The C++ Programming Language, Second Edition*, Addison-Wesley. (1991)
9. Cárdenas AP, León, SJ, Mesa F. *Algunos modelos matemáticos en finanzas* (2010).
10. Castro CM, López JL, Fernández L. *La ingeniería genética humana en la prensa: análisis de contenido de ABC, El País, y La Vanguardia (1988-93)*. Céspedes, E. (2009). *La teoría de la decisión de david lewis y la paradoja de newcomb de tiempo en modelos de tráfico para una red de datos* (1996).
11. Díaz AM. *Modelos multivariantes para variables ordinales: Aplicaciones en estudios de calidad de servicio* (2011).
12. Díaz K, Salgado N. *Un enfoque multicriterio de incentivos a trabajadores mediante programación lineal: estudio de caso en una empresa mexicana*. *Revista científica, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Tucumán* (2016).
13. Drimer RL. *La toma de decisiones en el financiamiento y la hme. cuadernos del cimbage*(14), 45-71 (2012).
14. Durango N, Bula A, Quintero R, Donado L. x *Modelo matemático para secador de alimentos de flujo radial* (2012).
15. Ehrgott M. *Multicriteria optimization (Vol. 491)*. Springer Science & Business Media (2005).
16. Espín GA, Gándara AC *Un modelo de inventario y asignación de espacios aplicación a la empresa expocolor* (2007).
17. Flores M. *Figuera DS Métodos cuantitativos para la toma de decisiones*. (2008). *Tutorial de Matlab, Tutorial Matlab Conceptos Básicos* (2004).
18. Freitas CL, Lunkes RJ *Factores que interfieren en la toma de decisiones de los contadores gerenciales o controllers de los hoteles: un estudio en el sector hotelero de Florianópolis, Brasil* (2011).
19. Gallego ÓM. *Modelo matemático paramétrico de estimación para proyectos de data mining* (2011).
20. Gálvez LF. *Modelamiento matemático de fenómenos cíclicos* (2011).
21. Herrera L, *Tutoría de la Investigación Científica* (2004),
22. López AR, Lemus E, Bonilla, EA). *Análisis del costo- efectividad del indacaterol una vez al día como terapia broncodilatadora de mantenimiento en pacientes con EPOC en México: análisis a largo plazo* (2013).
23. López KM, Sierra LP. *Fundamentos Económicos y Matemáticos para un Modelo de Equilibrio general Computable*. *Ingeniería*, 12(2), 20-29 (2007).
24. López, MG., Serrato RB. *Desarrollo de la metodología abc, para la clasificación de proveedores en una pequeña empresa ubicada en el sur del estado de guanajuato*. (2018).

## FINANCIACIÓN

Ninguna.

## CONFLICTO DE INTERESES

None.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

*Conceptualización:* Roberto Isaac Costales Montenegro, Francisco Eduardo Toscano Guerrero, Angelita Genoveva Tapia Bonifaz, Nelly Patricia Perugachi Cahueñas.

*Curación de datos:* Roberto Isaac Costales Montenegro, Francisco Eduardo Toscano Guerrero, Angelita Genoveva Tapia Bonifaz, Nelly Patricia Perugachi Cahueñas.

*Análisis Formal:* Roberto Isaac Costales Montenegro, Francisco Eduardo Toscano Guerrero, Angelita Genoveva Tapia Bonifaz, Nelly Patricia Perugachi Cahueñas.

*Investigación:* Roberto Isaac Costales Montenegro, Francisco Eduardo Toscano Guerrero, Angelita Genoveva Tapia Bonifaz, Nelly Patricia Perugachi Cahueñas.

*Metodología:* Roberto Isaac Costales Montenegro, Francisco Eduardo Toscano Guerrero, Angelita Genoveva Tapia Bonifaz, Nelly Patricia Perugachi Cahueñas.

*Administración del proyecto:* Roberto Isaac Costales Montenegro, Francisco Eduardo Toscano Guerrero, Angelita Genoveva Tapia Bonifaz, Nelly Patricia Perugachi Cahueñas.

*Recursos:* Roberto Isaac Costales Montenegro, Francisco Eduardo Toscano Guerrero, Angelita Genoveva Tapia Bonifaz, Nelly Patricia Perugachi Cahueñas.

*Software:* Roberto Isaac Costales Montenegro, Francisco Eduardo Toscano Guerrero, Angelita Genoveva Tapia Bonifaz, Nelly Patricia Perugachi Cahueñas.

*Supervisión:* Roberto Isaac Costales Montenegro, Francisco Eduardo Toscano Guerrero, Angelita Genoveva Tapia Bonifaz, Nelly Patricia Perugachi Cahueñas.

*Validación:* Roberto Isaac Costales Montenegro, Francisco Eduardo Toscano Guerrero, Angelita Genoveva Tapia Bonifaz, Nelly Patricia Perugachi Cahueñas.

*Visualización:* Roberto Isaac Costales Montenegro, Francisco Eduardo Toscano Guerrero, Angelita Genoveva Tapia Bonifaz, Nelly Patricia Perugachi Cahueñas.

*Redacción - borrador Inicial:* Roberto Isaac Costales Montenegro, Francisco Eduardo Toscano Guerrero, Angelita Genoveva Tapia Bonifaz, Nelly Patricia Perugachi Cahueñas.

*Redacción - revisión y edición:* Roberto Isaac Costales Montenegro, Francisco Eduardo Toscano Guerrero, Angelita Genoveva Tapia Bonifaz, Nelly Patricia Perugachi Cahueñas.

## ANEXOS

## Desarrollo del código de programación de la aplicación de clasificación ABC:

Definición de variables para captura de errores

```

using System;
using System.Collections.Generic; using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace Clasificacion_ABC
{
    public class Resultado
    {
        //Código para la generación de una variable de respuesta
        public string codigo { get; set; }
        public string mensaje { get; set; }
        public Resultado()
        {
        }
    }
}

```

- Código de funcionamiento de la aplicación con respecto a la clasificación ABC.

```

using System; using System.Data;
using System.Drawing; using System.Linq;
using System.Windows.Forms;
namespace Clasificacion_ABC
{
    public partial class PantallaPrincipal : MetroFramework.Forms.MetroForm
    {
        Importar importar = new Importar(); public PantallaPrincipal()
        {
            InitializeComponent(); btnSeleccionar.Focus();
        }

        private void btnSeleccionar_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            //Cargamos los datos del Excel y obtenemos el resultado
            Resultado resultado = importar.importarExcel(dgvDatosClasificar, "Hoja1");
            //Verificamos si hay error
            if (resultado.codigo.Equals("0"))
            {
                //Cargamos ruta del archivo
                txtRutaArchivo.Text = resultado.mensaje; txtValorA.Focus();
            }
            else
            {
                //Mensaje de error
                MessageBox.Show(resultado.mensaje, "Error", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.
Error);
            }
        }

        private void txtValorA_KeyPress(object sender, KeyPressEventArgs e)
        {
            //Verificamos que sea solo números
            SoloNumeros(e, txtValorA.Text);
        }
    }
}

```

```

private void txtValorB_KeyPress(object sender, KeyPressEventArgs e)
{
    //Verificamos que sea solo números
    SoloNumeros(e, txtValorB.Text);
}
private void SoloNumeros(KeyPressEventArgs e, string text)
{
    //Verificamos que sea número punto
    if (Char.IsDigit(e.KeyChar) || e.KeyChar == '.')
    {
        if (e.KeyChar == '.')
        {
            //Verificamos si existe algún punto
            if (text.Contains('.'))
            {
                //Negamos el ingreso del dato
                e.Handled = true;
            }
            else
            {
                //Permitimos el ingreso del dato
                e.Handled = false;
            }
        }
        else
        {
            //Permitimos el ingreso del dato
            e.Handled = false;
        }
    }
    else if (Char.IsControl(e.KeyChar))
    {
        //Permitimos el ingreso del dato
        e.Handled = false;
    }
    else
    {
        //Negamos el ingreso del dato
        e.Handled = true;
    }
}
private void txtValorB_Leave(object sender, EventArgs e)
{
    //Verificamos que el valor de B no sea nulo
    if (!String.IsNullOrEmpty(txtValorB.Text))
    {
        //Verificamos que el porcentaje sea correcto
        if (verificarPorcentaje(txtValorB.Text).Equals("1"))
        {
            txtValorB.Text = ""; txtValorB.Focus();
        }
        //Verificamos que el valor de B no sea mayor A
        if (Convert.ToDouble(txtValorB.Text) < Convert.ToDouble(txtValorA.Text))
        {
            MessageBox.Show("El Parámetro B no puede ser menor al A ", "Error", MessageBoxButtons.
OK, MessageBoxIcon.Error);
            txtValorB.Focus();
        }
    }
}

```

```

    }
}
private void txtValorA_Leave(object sender, EventArgs e)
{
    //Verificamos que el valor no sea vacío
    if (!String.IsNullOrEmpty(txtValorA.Text))
    {
        //Verificamos que el porcentaje sea valido
        if (verificarPorcentaje(txtValorA.Text).Equals("1"))
        {
            txtValorA.Text = ""; txtValorA.Focus();
        }
    }
}

private string verificarPorcentaje(string valor)
{
    //Verificamos que sea un porcentaje valido
    double porcentaje = Convert.ToDouble(valor.Replace('.', ','));
    //Verificar que sea mayor a 0 y menor a 100 if (porcentaje < 0 || porcentaje > 100)
    {
        MessageBox.Show("Porcentaje debe estar entre 1% y 100%", "Error", MessageBoxButtons.OK,
        MessageBoxIcon.Error);
        return "1";
    }
    return "0";
}

private void btnProcesar_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //Verificamos que se seleccione un archivo
    if (!String.IsNullOrEmpty(txtRutaArchivo.Text))
    {
        //Verificamos que A no sea vacío
        if (String.IsNullOrEmpty(txtValorA.Text))
        {
            MessageBox.Show("El valor de A es incorrecto.", "Error", MessageBoxButtons.OK,
            MessageBoxIcon.Error);
            txtValorA.Focus();
        }
        //Verificamos que B no sea vacío
        else if (String.IsNullOrEmpty(txtValorB.Text))
        {
            MessageBox.Show("El valor de A es incorrecto.", "Error", MessageBoxButtons.OK,
            MessageBoxIcon.Error);
            txtValorB.Focus();
        }
        else
        {
            //Procesamos los datos lblInformacion.Visible = true; procesarMatrizDatos();
        }
    }
    else
    {
        //Mensajes de error
        MessageBox.Show("No Ha Seleccionado Ningún Archivo.", "Error", MessageBoxButtons.OK,
        MessageBoxIcon.Error);
        txtRutaArchivo.Focus();
    }
}

```

```
    }  
  }  
  private void procesarMatrizDatos()  
  {  
    GenerarMatriz();  
  }  
  private void GenerarMatriz()  
  {  
    try  
    {  
      //Generación de la matriz de datos a enviar int filas = dgvDatosClasificar.Rows.Count;  
      int columnas = dgvDatosClasificar.Columns.Count; string matrizEnviar = "";  
  
      int contFilas = 0;  
      //Recorrido para la generación del texto a enviar separando datos con *.  
      foreach (DataGridViewRow fila in dgvDatosClasificar.Rows)  
      {  
        for (int i = 0; i < dgvDatosClasificar.Columns.Count; i++)  
        {  
          matrizEnviar = matrizEnviar + fila.Cells[i].Value.ToString().Replace(',', '.') + "*";  
        }  
        contFilas++;  
      }  
      //Quitamos el último *, para que la cadena sea válida  
      matrizEnviar = matrizEnviar.Substring(0, matrizEnviar.Length - 2); double valorA = Convert.  
      ToDouble(txtValorA.Text);  
      double valorB = Convert.ToDouble(txtValorB.Text);  
      //Llamamos a la función de Matlab  
      calcularDatosMatlab(matrizEnviar, valorA, valorB);  
    }  
  }  
}
```