

**PROPUESTA DE MEJORA PARA EL PROCESO DE PLANEACIÓN DEL
ABASTECIMIENTO DE PRODUCTOS PERECEDEROS EN UNA EMPRESA DE
CONSUMO MASIVO**

ALISON CAMILA CELY RAMOS
Ingeniera Industrial
alisoncely95@gmail.com

**Artículo Trabajo Final del programa de Especialización en Gerencia Logística
Integral**



La U
acreditada
para todos

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA LOGISTICA INTEGRAL
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
JUNIO, 2019**

PROPUESTA DE MEJORA PARA EL PROCESO DE PLANEACIÓN DEL ABASTECIMIENTO DE PRODUCTOS PERECEDEROS EN UNA EMPRESA DE CONSUMO MASIVO

PROPOSAL FOR IMPROVEMENT IN THE PLANNING PROCESS OF SUPPLYING PERISHABLE PRODUCTS IN A MASS-CONSUMPTION COMPANY

Alison Camila Cely Ramos
Ingeniería Industrial
alisoncely95@gmail.com, u9500926@unimilitar.edu.co

RESUMEN

La planeación de la demanda es uno de los eslabones más importantes en las cadenas de abastecimiento en el cual la administración y control de inventarios se vuelve más complejo a la hora de analizar productos cuya vida útil es inferior a los 12 días. El presente artículo expone una mejora dentro del proceso de planeación de aprovisionamiento de productos perecederos en una empresa de consumo masivo, con el objetivo fundamental de encontrar la política de inventario adecuada por medio de un modelo matemático que utiliza series de tiempo y desviaciones estándar de datos históricos, analizando cada una de las variables que están presentes dentro del proceso de compra. Para estudiar la variabilidad de la demanda de productos perecederos se realiza una clasificación ABC según la rotación y venta entendiendo las particularidades de cada producto en un tiempo determinado, considerando que los productos son perecederos y poseen un máximo de tiempo en almacenaje. La creación y aplicación del modelo se realiza debido a una oportunidad de mejora en una organización dedicada al consumo masivo la cual tiene un centro de distribución (CEDI) y n puntos de venta, obteniendo un 45 % en promedio de mejora en la aplicación del modelo.

Palabras clave: Gestión de compras, pronóstico, política de inventario, productos perecederos, vida útil del producto.

ABSTRACT

Demand planning is one of the most important links in supply chains where inventory management and control becomes more complex when analyzing products with a shelf life of less than 12 days. This article exposes an improvement in the process of planning the supply of perishable products in a mass-consumption company, with the fundamental objective of finding the right inventory policy through a mathematical model that uses time series and standard deviations of historical data, analyzing each of the variables that are present within the purchase process. To study the variability of the demand for perishable products, an ABC classification is carried out according to the turnover and sale understanding the particularities of each product in a given time, considering that the products are perishables and have a maximum of storage time.

The creation and application of the model is carried out due to an opportunity for improvement in an organization dedicated to mass consumption which has a distribution center (CEDI) and n points of sale, obtaining 45% on average improvement in the application of the model.

Key words: Inventory policy, forecasts, purchases, perishable products, shelf life, time series.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los hábitos alimenticios de las personas han generado un aumento de consumo de los productos perecederos especialmente de frutas y verduras, por lo tanto, las empresas dedicadas al consumo masivo cada vez más se preocupan por mantener disponibilidad de producto en sus puntos de venta. Sin embargo, pronosticar el consumo y la disponibilidad de este hace más complejo el aprovisionamiento ya que la producción de este tipo de alimentos es variable según la cosecha y diferentes variables climáticas que no son predecibles, entendiéndose que la estacionalidad en el consumo también puede ser un importante determinante en los flujos comerciales [1].

La planeación del abastecimiento de productos perecederos en empresas de consumo masivo requiere de un nivel de detalle superior al de otro tipo de categorías, esto se debe principalmente a las características propias que poseen este tipo de artículos. Los centros de distribución deben asegurar mantener el inventario en condiciones específicas de temperatura, con el fin de aumentar o mantener la vida útil del producto que permita una adecuada comercialización en los puntos de venta.

Los autores Hanke y Wichern mencionan que para que las organizaciones puedan reducir el grado de incertidumbre del entorno deben respaldar sus decisiones en la elaboración de pronósticos precisos y confiables [2]. El siguiente artículo pretende identificar cuáles son las variables que afectan el proceso de abastecimiento de productos perecederos en una empresa dedicada al consumo masivo y cómo afectan en la planeación de compra, por medio de la utilización de datos históricos y series de tiempo, con el fin de presentar una mejora al modelo actual de aprovisionamiento.

Los modelos de series de tiempo predicen valores futuros para la variable de interés basándose exclusivamente en el patrón histórico de esa variable, suponiendo que ese patrón histórico continuara” [3]. El caso de estudio se realiza con base en datos históricos de una empresa de consumo masivo que tiene un centro de distribución y n puntos de venta, utilizando información sobre pedidos al Centro de Distribución (CEDI) ventas de los últimos doce meses.

El abastecimiento en los puntos de venta tiene un proceso que lo antecede y es el aprovisionamiento en CEDI el cual por medio de pronósticos se ejecuta la compra a los diferentes proveedores determinando cantidades, condiciones de entrega y frecuencia.

Teniendo en cuenta que los productos perecederos poseen una vida útil corta es necesario que la planeación en la compra sea detallada y precisa, con el fin de garantizar que los pedidos que realice los puntos de venta durante el día se cumplan en gran parte. Los procesos de planeación de las Cadena de Abastecimiento Agrícola incluyen cuatro áreas funcionales, producción, cosecha, almacenamiento y distribución [4], en este caso de estudio solo se analizará temas exclusivos de almacenamiento y distribución.

Dentro del proceso de compra se involucran diferentes actores, como primer actor está el área comercial, la cual es la encargada de determinar por producto el porcentaje de compra a cada proveedor con el fin de tener más de una única opción de compra y un plan B en caso de no cumplir alguna entrega. El segundo actor del proceso hace referencia al área de Calidad la cual se encarga de recibir el producto en físico y determinar la vida útil en el centro de distribución, asignando un mayor tiempo de vida en los puntos de venta.

Como tercer actor se encuentra el área de operaciones, que hace referencia directamente a los puntos de venta, ya que son ellos quienes realizan los pedidos al CEDI y se abastecen a diario por ser productos de poca vida útil. Para estos pedidos se apoyan de un sugerido que propone el MRP (Material Requirement Planning), sin embargo, operaciones tiene la autonomía de disminuir o aumentar dichas cantidades.

En los capítulos posteriores, se analizan con más detalle cada una de las variables antes mencionadas con el objetivo de proponer un modelo de compras acertado cuyo fin es disminuir las liquidaciones del producto en los centros de acopio como en los puntos de venta de productos perecederos, tales como las frutas y verduras, determinando una política de inventarios para cada una de las referencias acorde a su rotación tanto en puntos de venta como en CEDI.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada para el desarrollo del artículo contiene un enfoque cuantitativo como cualitativo de forma experimental en el cual se describen y analizan las variables que afectan la planeación de abastecimiento. el cual se divide en tres grandes etapas, como se observa en la figura 1.

La primera etapa hace referencia al diagnóstico de la planeación actual en la cual se realizó la descripción del proceso de abastecimiento de manera detallada, en donde se identificaron las variables que afectan la planeación de compra. Como segunda etapa se presentó un modelo de inventario que permita planear la compra utilizando series de tiempo y desviaciones estándar para cada uno de los SKU (Stock-Keeping Unit). Finalmente, en la tercera etapa se presentaron dos tipos de error de pronóstico con el fin de evaluar el modelo antes descrito comparando la demanda real en relación con el pronóstico obtenido con el modelo.

Con el fin de detallar cada uno de los actores que intervienen en el proceso de aprovisionamiento se desglosó por segmentos que áreas funcionales de la compañía hacen parte del proceso, desde el área comercial hasta la parte operativa.



Figura 1. Metodología de estudio
Fuente: Elaboración propia

Dentro del área comercial se identificó el portafolio de productos y estrategias de negociación de cada uno de los proveedores que abastece a la compañía de productos perecederos tales como frutas y verduras. Esta descripción se realizó con base a la categorización de proveedores en cuanto a productores o distribuidores, lo cual permitió definir el porcentaje de compra para cada SKU teniendo más de una única posibilidad de compra.

En el área de Calidad se identificaron y definieron parámetros de recibo y vida útil para cada SKU con el fin de estandarizar y categorizar los productos para evaluar la sensibilidad de la compra de los productos más críticos.

En cuanto al área de operaciones, se categorizó los productos de mayor rotación y venta por medio de una clasificación ABC teniendo en cuenta un costo promedio por UMC y un promedio de pedidos de tienda de los últimos 6 meses, con el fin de determinar en cuales SKU presenta mayor pedido y así clasificar el volumen de pedidos por categoría de rotación.

Dentro de esta misma área se analizó la vectorización de los productos, lo cual permitió identificar el número SKU que están habilitados para los n puntos de venta que abastece el CEDI y evaluar la influencia en la planeación de compra.

Lo antes mencionado hace parte de la metodología aplicada en la primera etapa, para la segunda y tercera se utilizó un histórico de pedidos cuya base se fundamenta en el MRP (Pedido sugerido de los puntos de venta) en las cuales se analizó la respectiva desviación estándar en diferentes series de tiempo y así determinar una mejora al modelo de inventario actual.

2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se realizó un análisis de los productos que generan mayor liquidación en la organización de consumo masivo en el cual se evidencio que la mayor parte pertenece a productos perecederos, no solo en el CEDI si no en los puntos de venta, debido a que estos pueden alcanzar un alto grado de obsolescencia en tiempos relativamente cortos [5]. En la categoría de perecederos se identificó que los artículos con mayor riesgo en vencimiento son las frutas y las verduras ya que no tienen una fecha de vencimiento ya definida, por lo tanto, se analizó cada uno de los actores que interfiere en el proceso de abastecimiento.

El proveedor es el primer actor dentro de la cadena de aprovisionamiento y de él depende en gran parte la ausencia de un producto en punto de venta como su duración en el mismo. Se identificaron diferentes fichas técnicas de 53 productos perecederos, específicamente de frutas y verduras las cuales permiten definir criterios de recibo para cada producto, como grado de maduración en el que se encuentran las frutas, color, textura, peso, dimensiones, tamaños de las verduras.

Para lograr una eficiencia optima en el proceso logístico es necesario estudiar a cada proveedor que tiene la operación, saber cómo ejecuta su logística desde el momento de alistamiento del producto hasta su respectiva entrega [6], esta trazabilidad dentro de la cadena de aprovisionamiento permitió clasificar el tipo de producto que ofrece el proveedor, ya sea distribuidor y/o productor de frutas y/o verduras, la planeación de compra es diferente. Actualmente se cuenta con una cantidad limitada de proveedores los cuales se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de proveedores

Categoría	N° de Proveedores Productores	N° de Proveedores Distribuidores
Frutas Importadas	2	2
Frutas Cítricas	3	4
Hortalizas	3	4
Verduras	2	4

Fuente: Elaboración propia

Las frutas y las verduras al ser un producto que su promoción y venta se basa en la cosecha que se presenta en diferentes temporadas del año y la fluctuación de gastos y costos en los que acarrea el proveedor para entregar en las condiciones exigidas, el área comercial cotiza cada semana los precios de compra que el proveedor propone y determina el porcentaje del volumen de compra para cada producto por proveedor.

El siguiente actor que interviene dentro del abastecimiento de los productos perecederos es el CEDI, el cual tiene gran importancia ya que debe garantizar en primer lugar que el producto que permanezca allí debe cumplir con las mínimas condiciones de recibo al proveedor y segundo que el producto que se envíe a los puntos de venta tenga la vida útil necesaria para el consumo humano.

Para garantizar esto, se categorizó según el producto un mínimo de días de permanencia en CEDI, con el fin de garantizar que la mayor parte de vida útil este en la tienda, sin embargo, se identificó que la mayor parte de artículos que pertenecen a esta categoría solo tienen dos días en CEDI lo que significa que la duración y compra no puede superar la máxima vida útil en CEDI. A continuación, se presenta el número de artículos según los días de duración en el centro de copio en la tabla 2.

Tabla 2. Máxima duración en CEDI (Días)

Máxima duración en CEDI (días)	N° de Artículos
2	21
3	16
4	6
5	2
6	7
30	1

Fuente: Elaboración propia

El tercer y último actor que interviene en el proceso es en cual se presenta la mayor parte de liquidaciones, esto se debe a dos situaciones específicas. La primera es consecuencia del desconocimiento del manejo de productos perecederos en almacenes de consumo masivo, es decir, como debe ser su promoción, en qué tipo de estantería debe estar ubicada, como se mantiene el producto de la mejor forma posible y lo más importante que esté en condiciones adecuadas para el consumo humano, y la segunda, hace referencia al pedido que realiza al CEDI el cual puede ser o insuficiente para cubrir la demanda o superior a la rotación en un tiempo determinado.

Una de las variables que afecta el volumen de compras y la rotación del producto en tiendas, hace referencia a la vectorización que tiene cada producto o al surtido el cual está habilitado para la venta de productos perecederos, como se puede observar en la tabla número 3, hay artículos que solo están habilitados para una tienda, lo cual hace más compleja la compra, ya que el proveedor tiene un mínimo de entrega de 5 cajas (CX), equivalente a un nivel por estiba.

Todas las variables antes mencionadas hacen parte del pronóstico e influyen en la planeación de compra para abastecer el CEDI de forma directa, los procesos de planeación facilitan la gestión de las cadenas de abastecimiento porque tienen por objeto responder a las necesidades de la demanda [4].

Inicialmente la compra se realizaba con un promedio de salidas semanales, sin embargo, los días de pedido pueden tener una variación relevante de un día para otro, por lo cual se realizó una categorización de producto por rotación del día para el cual se está realizando la compra, con el objetivo de lograr un sistema similar al de Cross Docking reduciendo el tiempo en cedi y aumentando la vida útil en puntos de venta.

Esta categorización se realizó por medio de una clasificación ABC según la venta promedio y el costo promedio por unidad de embalaje obteniendo así que el 80% del acumulado del inventario de mayor rotación pertenecen a la categoría A, el 15% pertenecen a la categoría B y el 5% pertenecen a la categoría C, como se puede observar en la tabla número 4.

Tabla 3. Vectorización de producto

N° Tiendas Activas	Cantidad de artículos por vectorización
1	3
2	1
5	1
6	1
12	1
21	1
22	1
26	2
32	1
53	2
54	2
57	2
106	12
110	2
113	3
117	18

Fuente: Elaboración propia

El problema radica principalmente en que los inventarios de seguridad y sus correspondientes puntos de reorden o inventarios máximos se determinan exclusivamente con base en el promedio de la demanda, ignorando su variabilidad y la variabilidad de los tiempos de reposición [7], por lo tanto la clasificación de los productos se debe a que no es posible determinar una política de inventarios estándar para todos los artículos si la variación en promedio por día y por categoría es significativa, como se puede observar en figura 2.

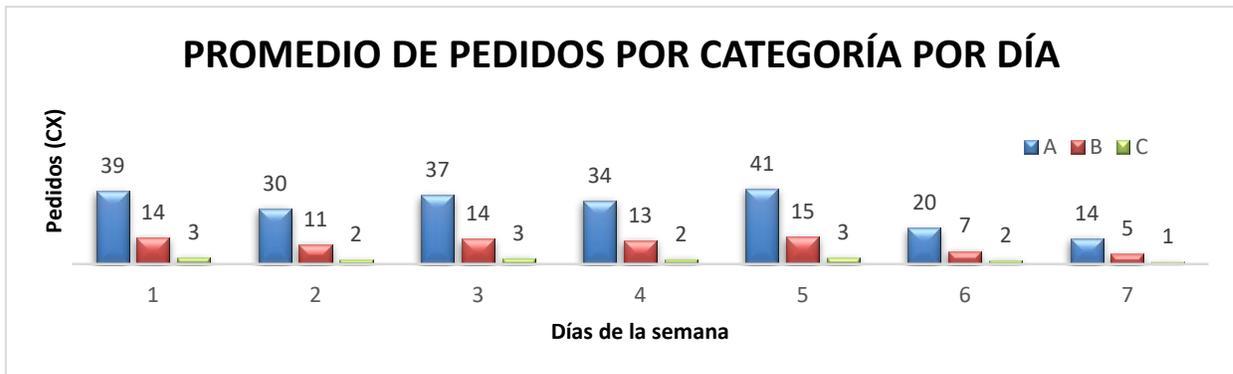


Figura 2. Promedio de pedidos por categoría por día
Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, es posible crear una política de inventario por categoría la cual permita definir el inventario promedio que debe permanecer en CEDI en un día específico, teniendo en cuenta además de la rotación del producto, la vida útil que tiene en CEDI.

El análisis de las series de tiempo se basa en la idea de que los datos relacionados con la demanda anterior se pueden utilizar para predecir la demanda futura [8]. En este caso el estudio de series de tiempo se basó en analizar las variables antes descritas con el fin de determinar patrones de comportamiento de la demanda por días de la semana, siendo 1 el lunes y 7 el día domingo, días en los cuales los puntos de ventas realizan el pedido al CEDI.

Para determinar la política de inventarios se utilizó el promedio de pedidos realizados en el primer semestre del año 2019 desglosando por días y por productos, es decir, el promedio de cada día de la semana en lugar de un promedio semanal, ya que no es posible utilizar un promedio global cuando las variaciones entre días son significativas y la planeación se ejecuta con un lead time de dos días.

Una vez determinado el promedio por días de cada SKU se analizó la desviación estándar del mismo, con el fin de parametrizar la compra y definir dentro de la planeación el rango positivo o negativo de aprovisionamiento que se debe estimar.

Tabla 4. Clasificación ABC

SAP	Artículo	Venta promedio (CX)	Costo promedio (CX)	Valorización de stock	Participación del inventario	Participación acumulada del inventario	Categorización
1	PAPA PASTUSA BOLSA X 2000 g	49	\$ 3,376	\$ 166,448	8.32%	8.321%	A
2	PAPA R-12 BOLSA 2000 g	49	\$ 3,376	\$ 164,120	8.20%	16.525%	A
3	AGUACATE X 500g M	27	\$ 5,539	\$ 148,488	7.42%	23.948%	A
4	CHAMPIÑON BANDEJA X 250 g	43	\$ 3,203	\$ 138,060	6.90%	30.850%	A
5	TOMATE CHONTO ECONOMICO x 1000g	35	\$ 2,936	\$ 101,489	5.07%	35.924%	A
6	PAQUETE ECONOMICO MANZANA VERDE X 750 g	27	\$ 3,485	\$ 95,417	4.77%	40.694%	A
7	PLATANO EN BOLSA X1000g	35	\$ 2,338	\$ 82,422	4.12%	44.814%	A
8	TOMATE CHONTO 500g	26	\$ 3,046	\$ 79,732	3.99%	48.800%	A
9	PAQUETE DE MANZANA GALA ECO X 750g	26	\$ 2,975	\$ 77,488	3.87%	52.674%	A
10	FRESA BURBUJA X 500 g M	22	\$ 3,236	\$ 69,802	3.49%	56.163%	A
11	BANANO MADURO X 500 g	45	\$ 1,300	\$ 57,863	2.89%	59.056%	A
12	CEBOLLA BLANCA SIN PELAR X1000g	34	\$ 1,680	\$ 57,329	2.87%	61.922%	A
13	LIMÓN TAHITI X 500 g	26	\$ 2,171	\$ 57,301	2.86%	64.786%	A
14	GRANADILLA X 500 g	22	\$ 2,300	\$ 51,504	2.57%	67.361%	A
15	PAPAYA 500 g	21	\$ 2,200	\$ 46,928	2.35%	69.707%	A
16	LECHUGA VERDE CRESPA BOLSA x 200g	33	\$ 1,361	\$ 44,524	2.23%	71.933%	A
17	PIÑA ORO MIEL 500 g	23	\$ 1,922	\$ 43,349	2.17%	74.100%	A
18	ESPINACA BOLSA X 200 g	21	\$ 1,950	\$ 41,125	2.06%	76.155%	A
19	CILANTRO MANOJO 100 g	24	\$ 1,600	\$ 39,007	1.95%	78.105%	A
20	CEBOLLA LARGA MALLA X 500g	26	\$ 1,361	\$ 35,885	1.79%	79.899%	A
21	MANZANA ROYAL GALA 500 g	8	\$ 4,507	\$ 34,658	1.73%	81.632%	B
22	MANGO 500 g M	16	\$ 1,800	\$ 28,068	1.40%	83.035%	B
23	PAPA CRIOLLA X 500 g	6	\$ 3,759	\$ 24,215	1.21%	84.246%	B
24	PAQUETE ECONOMICO MANZANA ROJA	15	\$ 1,600	\$ 24,143	1.21%	85.453%	B
25	MANZANA VERDE A GRANEL 500 g	5	\$ 4,788	\$ 24,103	1.20%	86.657%	B
26	PAPA SIN LAVAR X 500 g	16	\$ 1,485	\$ 23,186	1.16%	87.817%	B
27	PLÁTANO X 500 g	8	\$ 2,658	\$ 20,895	1.04%	88.861%	B
28	LECHUGA BATAVIA 500 g	10	\$ 1,803	\$ 18,426	0.92%	89.782%	B
29	NARANJA TANGELO GRANEL X 500 g	17	\$ 1,100	\$ 18,351	0.92%	90.700%	B
30	UVA BANDEJA X 500 g	15	\$ 1,200	\$ 17,992	0.90%	91.599%	B
31	MAZORCA X 2un	9	\$ 1,882	\$ 17,120	0.86%	92.455%	B
32	BROCOLI X 500 g	4	\$ 3,898	\$ 15,967	0.80%	93.253%	B
33	PERA BABY BOLSA	13	\$ 1,200	\$ 15,641	0.78%	94.035%	B
34	ZANAHORIA BOLSA X 750g	15	\$ 1,054	\$ 15,481	0.77%	94.809%	B
35	ARVEJA X 200 g	6	\$ 2,004	\$ 11,735	0.59%	95.396%	C
36	APIO EN BOLSA X 700 g	10	\$ 1,176	\$ 11,609	0.58%	95.976%	C
37	LECHUGA BATAVIA UNIDAD	8	\$ 1,458	\$ 11,371	0.57%	96.544%	C
38	BOLSA ECONOMICA DE KIWI X 3un	6	\$ 1,991	\$ 11,177	0.56%	97.103%	C
39	PERA PROMOCIONAL GRANEL 500 g	2	\$ 6,000	\$ 9,931	0.50%	97.599%	C
40	PIMENTON A GRANEL 500 g	3	\$ 3,408	\$ 9,424	0.47%	98.071%	C
41	CEBOLLA BLANCA 500 g	5	\$ 1,938	\$ 9,274	0.46%	98.534%	C
42	AJO ESPAÑOL MALLA X 150 g	2	\$ 3,980	\$ 9,168	0.46%	98.992%	C
43	MANDARINA A GRANEL 500 g	2	\$ 2,806	\$ 5,961	0.30%	99.290%	C
44	MARACUYA A GRANEL 500 g M	1	\$ 3,669	\$ 4,934	0.25%	99.537%	C
45	TOMATE DE ARBOL X 500 g	1	\$ 2,178	\$ 2,538	0.13%	99.664%	C
46	NARANJA SWEET MALLA X 1500 g	1	\$ 1,995	\$ 1,648	0.08%	99.746%	C
47	MANZANA VERDE UNIDAD	2	\$ 889	\$ 1,645	0.08%	99.829%	C
48	MANZANA GALA UNIDAD	2	\$ 833	\$ 1,375	0.07%	99.897%	C
49	PEPINO COHOMBRO A GRANEL 500 g	1	\$ 1,545	\$ 1,215	0.06%	99.958%	C
50	LULO A GRANEL 500 g M	0	\$ 3,800	\$ 550	0.03%	99.986%	C
51	YUCA 500 g	0	\$ 2,200	\$ 212	0.01%	99.996%	C
52	GUAYABA A GRANEL 500 g	0	\$ 2,450	\$ 51	0.00%	99.999%	C
53	COLIFLOR X 500 g	0	\$ 3,300	\$ 23	0.00%	100.000%	C

Fuente: Elaboración propia

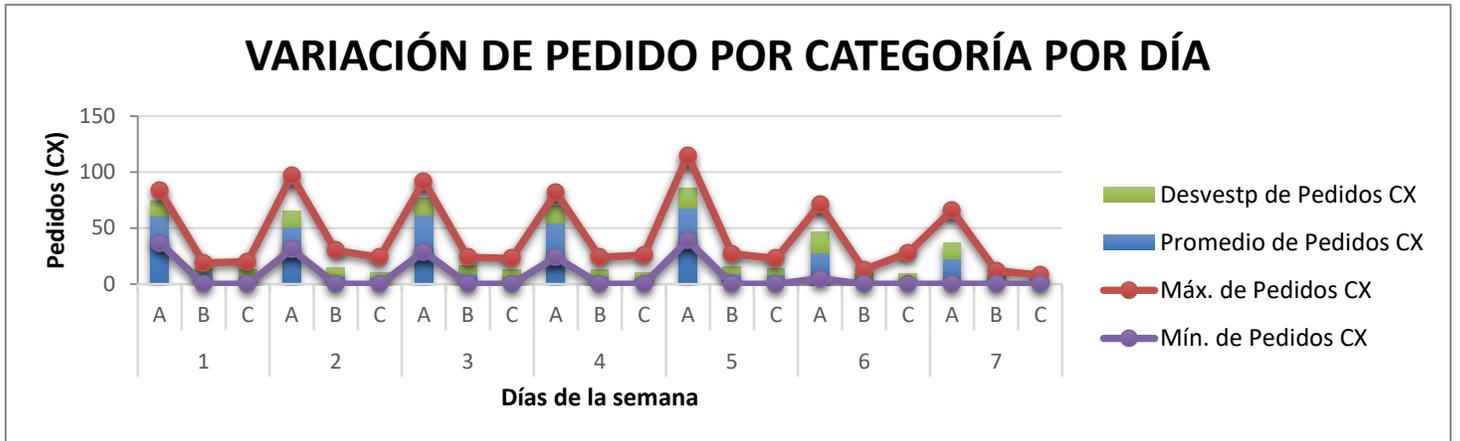


Figura 3. Variación de pedido por categoría por día
Fuente: Elaboración propia

Como muestra se utilizó el primer artículo de cada categoría según la clasificación ABC con el objetivo de graficar la desviación y el promedio contra el máximo y mínimo de pedidos que se han realizado al CEDI, como se puede observar en la ilustración 3 el inventario que se debe tener es igual al promedio por día de cada SKU y la variación a tener en cuenta en la planeación de compra no debe superar al límite de la desviación obtenida por los datos, ya que como consecuencia se obtendrían o un déficit de producto o sobre stock innecesario.

Teniendo en cuenta que la política de pedidos elegida es clave dentro de la gestión de perecederos e intentando contar con suficiente cantidad disponible [9] se plantea un modelo para determinar el inventario requerido por día, teniendo como base el promedio de pedidos por día y la desviación de este como se observa en la ecuación 1 con las restricciones 2,3 y 4.

$i = \text{días hábiles}$

$j = \text{Producto (desde 1 hasta 53)}$

$W_{ij} = \text{Pedidos generados al CEDI en el día } i \text{ del producto } j$

$X_{ij} = \text{Inventario en CEDI en el día } i \text{ del producto } j$

$Y_{ij} = \text{Transito para el día } i \text{ del producto } j$

$Z_{ij} = \text{Plan de Compra para el día } i \text{ del producto } j$

$\sigma_{ij} = \text{Desviación estandar del promedio de producto } j \text{ en el día } i$

$$\text{Min } Z_{ij} = (\sum_{i=2}^4 W_{ij}) - X_{ij} - Y_{(i+1)j} \quad (1)$$

Con las restricciones presentadas en las inecuaciones 2, 3 4 y 5.

$$X_{ij} < W_{(i+1)j} + \sigma_{ij} \quad (2)$$

$$X_{ij} > W_{(i+1)j} - \sigma_{ij} \quad (3)$$

$$X_{ij} / W_{ij} < 2 \quad (4)$$

$$X_{ij}, W_{ij}, Y_{ij}, Z_{ij}, \sigma_{ij} > 0 \quad (5)$$

Las ecuaciones 1 y 2 hacen referencia al límite superior e inferior en el cual debe estar el inventario en el tiempo i para cada producto j , ya que es lo máximo y mínimo que los puntos de venta pueden solicitar el CEDI en un día específico. La restricción número 3 hace referencia al número de días promedio que puede estar un producto j en un día específico, deben ser inferiores a dos ya que es el tiempo máximo que puede estar en CEDI la mayoría de los productos.

Con el fin de evaluar la fiabilidad del modelo se analizó el error de pronóstico para cada uno de los artículos en un día específico según la desviación media absoluta (unidades) y el error porcentual medio absoluto (porcentaje) por medio de las ecuaciones 5 y 6 respectivamente.

n = número de periodos

X_{ij} = Inventario real en el tiempo i del producto j

\bar{X}_{ij} = Inventario pronosticado en el tiempo i del producto j

Desviación media absoluta (MAD)

$$MAD = \left(\frac{\sum_{i=1}^n |X_{ij} - \bar{X}_{ij}|}{n} \right) \quad (5)$$

Error porcentual medio absoluto (MAPE)

$$MAPE = \left(\frac{100 \left(\frac{\sum_{i=1}^n |X_{ij} - \bar{X}_{ij}|}{X_{ij}} \right)}{n} \right) \quad (6)$$

Los resultados obtenidos con la aplicación del modelo, analizando el error de pronóstico obtenido antes de utilizar el modelo y con la utilización de este se puede observar en la Figura 4, obteniendo una mejora del 45% en promedio y en unidades una desviación estándar promedio de 217 CX para la Categoría A, 36 CX para la categoría B y de 17 CX para la categoría C.

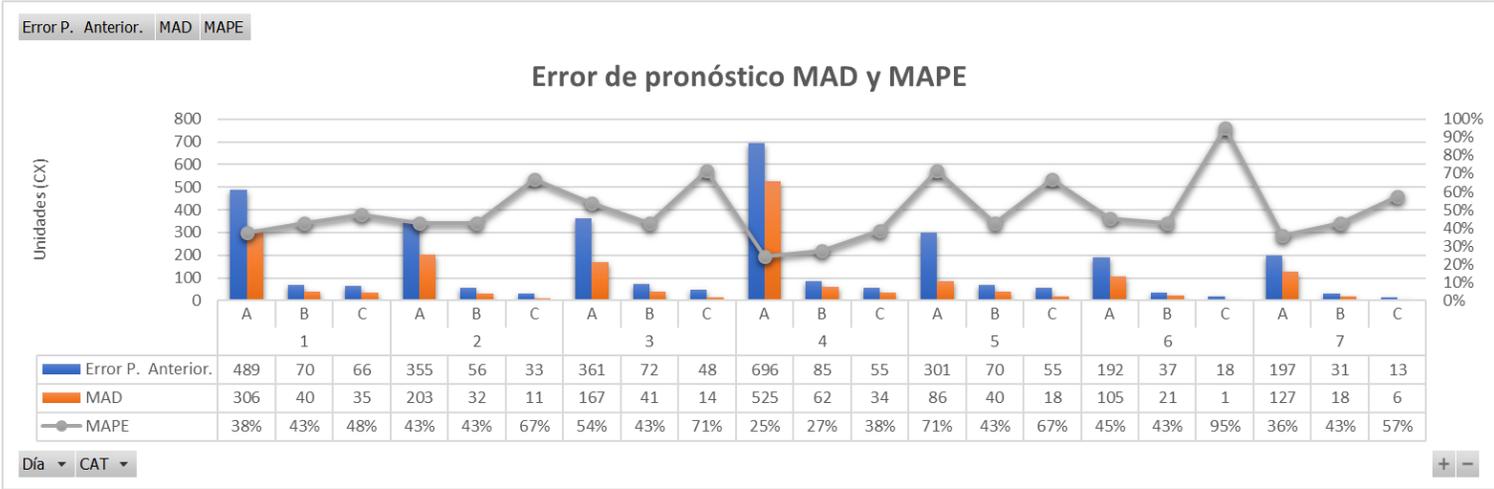


Figura 4. Error de pronóstico MAD y MAPE
Fuente: Elaboración propia

3. CONCLUSIONES

El presente artículo se ha realizado con el fin de presentar una mejora al diseño de planeación de compra de productos perecederos en una empresa de consumo masivo, cuyo objetivo principal se basó en identificar las variables que afectan la planeación y evaluar diferentes escenarios de series de tiempo en los pronósticos de compra. La identificación y análisis de cada una de las variables permitió concluir que es necesario conocer cada eslabón de la cadena de abastecimiento, desde el proveedor hasta el consumidor final en los puntos de venta, no se puede estudiar cada uno de los actores de manera individual.

Dentro de la empresa de consumo masivo en la cual se aplicó el modelo antes mencionado se identificaron cinco variables relevantes dentro del proceso de abastecimiento; caracterización de proveedores, vida útil del producto tanto en CEDI como en punto de venta, la vectorización del producto, categorización del producto por rotación y demanda variable en el tiempo.

Dentro de la caracterización de proveedores se encontró que la compañía cuenta con productores y distribuidores de alimentos perecederos, y cuya influencia en la planeación de compra radica en el catálogo de productos que ofrece el proveedor, ya que la planeación es diferente para cada uno de ellos, no es lo mismo comprar a un productor el cual es especializa en productos con características de siembra similares a comprar a distribuidores que se abastecen directamente de la central de abastos, por lo cual el tiempo de respuesta y disponibilidad del producto varía significativamente entre productores y distribuidores.

La vida útil en productos perecederos como las frutas y las verduras están relacionadas a las condiciones de almacenamiento de este, sin embargo, esta variable solo se puede controlar en el CEDI, por lo cual se identificaron diferentes parámetros de recibo para el proveedor y garantizar la adecuada maduración del producto en CEDI con el fin de abastecer los puntos de venta con un producto que este apto para el consumo humano. Esta variable impacta significativamente dentro de la planeación de compra ya que aproximadamente el 40% de los productos solo tienen una duración en CEDI de 2 días, lo cual significa que la compra que se realice no debe superar los dos días de rotación, esto con el fin de no liquidar el producto en CEDI.

Otra de las variables importantes que afectan la planeación de compra hace referencia a la vectorización de un producto, esto significa al número de tiendas para las cuales está habilitado para la venta. En el análisis realizado se identificó que hay productos que solo están habilitados para un punto de venta, y su rotación es mínima en comparación a otros artículos, lo cual se considera innecesario ejecutar un plan de compras en el cual el mínimo de entrega no supera la rotación por semana de este. Por lo tanto, el modelo antes mencionado aplica solo para productos cuyo número de tiendas es superior al mínimo de entrega por parte del proveedor.

La categorización del producto y la variabilidad en la demanda son las variables más importantes del modelo, ya que fueron la base de estudio para el desarrollo de este. Esto se debe a que los productos perecederos por su corta fecha de vencimiento (o indeterminada en algunos casos) no presentan un patrón de demanda estable y definido para mantener un stock de seguridad, por lo cual se propuso un modelo en el que se determine el inventario necesario para cumplir la solicitud de los puntos de venta, definiendo por día y por producto la planeación de compra con el fin mantener disponible en el CEDI la cantidad necesaria, sin sobrepasar los días de vida útil teniendo en cuenta la rotación del producto en días específicos.

REFERENCIAS

- [1] R. Cook L, «Tendencias internacionales en el sector,» *Economía Agraria*, vol. 181, nº 1, pp. 183-208, 1997.
- [2] A. Contreras Juarez, C. Atziry Zuñiga, J. L. Martinez Florés y D. Sanchez Partida, «Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos,» *ESTUDIOS GERENCIALES*, vol. 32, pp. 387-396, 2016.
- [3] J. Masini y F. Vazquez Ledesma, «Ebooks Google,» 2014. [En línea]. Available:
https://books.google.com.co/books?id=fnLcBQAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. [Último acceso: 26 Mayo 2019].
- [4] Z. H. Viancha Sanchez, «Modelos y configuraciones de cadenas de suministro en productos perecederos,» *Ingeniería y Desarrollo - Universidad del Norte*, vol. 32, nº 1, pp. 138-154, 2014.
- [5] J. W. Escobar, R. Linfati y W. Adarme Jaimes, «Gestión de Inventarios para distribuidores de productos perecederos,» *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 35, nº 1, pp. 219-239, 2017.
- [6] Y. L. Rubio Rodriguez y A. Bacca, «REPOSITORIO UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA,» 2014. [En línea]. Available:
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/12582/BUENAS%20PR%C1CTICAS%20DE%20RECIBO%20DE%20PROVEEDORES%20%20EN%20UNA%20PLATAFORMA%20DE%20CROSS%20DOCKING%20PARA%20PRODUCTOS%20MASIVOS.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 4 Mayo 2019].
- [7] C. J. Vidal Holguin, J. C. Londoño Ortega y F. Contreras Rengifo, «Aplicación de Modelos de Inventarios en una cadena de abastecimiento de productos de consumo masivo con un abodega y n puntos de venta,» *Ingeniería y Competitividad*, vol. 6, nº 1, pp. 35-52, 2004.
- [8] M. D. R. Calle Rodríguez, «Modelos de Pronósticos de series de tiempo,» *Ciencia y Poder Aéreo*, vol. 11, nº 1, pp. 42 - 56, 2016.
- [9] Días Fernandez, Belarmino; DEL Brío Gonzalez, J A; Gonzalez Torres, B; «MODELIZACIÓN DE UN DSS PARA LA GESTIÓN DE PRODUCTOS PERECEDEROS,» *QÜESTIIÓ*, vol. 25, nº 2, pp. 287 -300, 2001.
- [10] J. F. Garzón Hernandez, «Repositorio Universidad Militar Nueva Granada,» Diciembre 2018. [En línea]. Available:
<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/20771>. [Último acceso: 26 Mayo 2019].
- [11] J. A. Arango Marin, J. A. Giraldo Garcia y O. D. Castrillon Gomez , «Gestión de compras e inventarios a partir de pronósticos Holt-Winters y diferenciación de nivel de servicio por clasificación ABC,» *Scientia et Technica Año XVIII*, vol. 18, nº 4, pp. 743-477, 2013.