

Aplicación de un proceso analítico jerárquico (AHP) para mejorar la gestión de inventarios en cadenas de abastecimientos

Application of a hierarchical analytical process (AHP) to improve inventory management in supply chains

Gabriel Cordero¹, Jesús Guanín², y Kevin Luna³

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo optimizar las ganancias de la "Distribuidora de carnes FK", debido a la falta de stock de carne para fritada, ya que dichos productos son vendidos en alta demanda y no se lleva un buen control de su inventario. Esta problemática surge a partir de que el encargado del local no prevee la variación que podría surgir en el proceso de ventas. La carne que se vende fresca, sin necesidad de ser congelada, tendrá un mayor precio de venta que la que fue congelada. Esto conlleva que la distribuidora tenga la necesidad de implementar un sistema de inventario para poder llevar un correcto control en la planeación del abastecimiento. Y para cumplir con la finalidad del estudio se desarrolla un modelo cuya implementación incluye el uso del método multicriterio AHP, el cual nos permite escoger la mejor opción de abastecimiento, además se simula la demanda de productos del 2020 mediante simulación de Montecarlo con una distribución de probabilidad Normal tomando como referencia el volumen de ventas de los años 2017 al 2019. Los resultados demuestran que las ganancias de la carnicería aumentarían considerablemente en un 77% para el año 2020 debido a que cambió la cantidad de abastecimiento y la frecuencia de este.

Palabras clave: Inventarios, Simulación, Pronóstico, AHP, Probabilidad.

ABSTRACT

The purpose of this study is to optimize the profits of the "FK Meat Distributor", due to the lack of stock of meat for fries, since these products are sold in high demand and good inventory control is not maintained. This problem arises from the fact that the person in charge of the premises does not foresee the variation that could arise in the sales process. Meat that is sold fresh, without the need to be frozen, will have a higher selling price than that which was frozen. This implies that the distributor has the need to implement an inventory system to be able to maintain proper control in the planning of the supply. And to fulfill the purpose of the study, a model is developed whose implementation includes the use of the multi-criteria AHP method, which allows us to choose the best supply option, in addition, the demand for 2020 products is simulated by Monte Carlo simulation with a distribution of Normal probability based on the volume of sales from 2017 to 2019. The results show that the profits of the carnage would increase considerably by 77% by the year 2020 because the quantity of supply and its frequency changed.

Keywords: Inventories, Simulation, Forecast, AHP, Probability.

Fecha de recepción: Mayo 20, 2019.

Fecha de aceptación: Septiembre 5, 2019.

Introducción

El manejo de inventarios es una de las actividades más importantes en cualquier empresa, debido a que nos permite determinar cuánto y cuando comprar. Un mal manejo de inventarios puede afectar directamente las ganancias de un negocio. La aplicación de un sistema de inventarios permite a la empresa maximizar las

ganancias y minimizar la pérdida de productos debido a la caducidad de estos.

El problema latente para la distribuidora de Carnes FK es no contar con un pronóstico adecuado de pedidos de sus productos. Un error en el pronóstico de ventas o compras podría generarle un inventario demasiado grande, provocando así pérdidas, por otro lado, un abastecimiento menor de sus productos más demandados conlleva, a que la empresa se quede sin vender durante varios días.

¹ Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Universidad de Guayaquil, Ecuador. E-mail: kelugo_14@hotmail.com

² Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Universidad de Guayaquil, Ecuador. E-mail: jesus.guaninr@ug.edu.ec

³ Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Universidad de Guayaquil, Ecuador. E-mail: gabriel.corderoc@ug.edu.ec

Como citar: Luna, K., Guanin, J., & Cordero, G. (2019). Aplicación de un proceso analítico jerárquico (AHP) para mejorar la gestión de inventarios en cadenas de abastecimientos. Ecuatorian Science, 3(2), 25-32.
DOI: <https://doi.org/10.26911/issn.2602-8077vol3iss2.2019pp25-32p>.

Por ello, se determinó que para la simulación de la demanda y para determinar cada cuanto tiempo se debe realizar abastecimiento del inventario es necesario implementar métodos probabilísticos conjunto al método multicriterio AHP que permiten escoger la mejor opción de optimización según las necesidades de la empresa.

Córdoba García [1], propuso un Sistema de Gestión de Inventarios para la empresa AEX- Alimentos Exquisitos. Se realizó un análisis de clasificación ABC para encontrar los productos que más repercuten en los ingresos de la empresa. Posteriormente se presentó modelos de pronósticos por suavización exponencial simple y doble y se compararon los costos totales por cada producto versus los costos asumidos por la empresa. Se concluye se redujo los costos de administración del inventario en un 68,52%. Sin embargo, la metodología propuesta solo da solución a un conjunto de productos y reduce costos de inventario, por lo contrario, en esta investigación, se podrá solucionar problemas de inventarios de un determinado producto y saber cuánto y cuándo abastecerse mediante la implementación del método AHP el cual nos proporciona mediante matrices normalizadas la mejor opción de abastecimiento.

De acuerdo con Causado [2], en su trabajo de investigación se elaboró una propuesta de mejora en el sistema de inventarios para una comercializadora de alimentos en Colombia, con la finalidad de reducir los costos de inventario y un incremento en el beneficio económico de la empresa clasificando los productos mediante el método ABC y el modelo EOQ. Se concluye que la comercializadora debe invertir más capital en la implementación de este tipo de herramientas si quiere mantener su nivel de rentabilidad actual. Sin embargo, interpretar los resultados que se obtienen mediante el modelo mencionado requiere de un mayor esfuerzo, debido a que se muestra más de un valor, en cambio, en este trabajo podremos elegir la mejor opción mediante simulaciones de Montecarlo y proyectar las ganancias de años futuros de un producto específico de acuerdo con las opciones de abastecimiento dadas por el proveedor.

Ileana Pérez y otros [3], presentaron en un trabajo investigativo que tiene como objetivo, mejorar el servicio al cliente de una empresa de productos alimenticios la cual no alcanzaba la meta propuesta de 95%, sino solo el 75%. Se propuso un sistema de revisión periódica (RS), un modelo matemático para el pronóstico de demanda donde sus autores lo consideran el más apropiado. Se concluyó que el nivel de servicio incrementó al 87.23 %, mejoró las utilidades en \$675.458,08. Sin embargo, no se mostraron soluciones a la problemática de dicha investigación debido a que solo está enfocado en aumentar las ventas y no en solucionar problemas de falta de stock. En comparación con lo expuesto anteriormente, la metodología propuesta en este trabajo es la apropiada para solucionar la problemática de falta de stock mediante la simulación de las ventas y elección de la mejor opción de abastecimiento mediante el método AHP.

Capel y otros [4], elaboraron una propuesta de análisis de un modelo econométrico para determinar los parámetros a tener en cuenta en una cadena logística de frío para alimentos perecederos a fin de que ellos se conserven y lleguen al consumidor final en la cantidad y calidad requeridas. El modelo presentado se basa en el sistema MRP para el cálculo de necesidades de producción. Se concluye que el modelo genera un impacto significativo en las reducciones de costos. Sin embargo, el modelo presentado, no es la apropiada para la solución de problemas de stock, debido a que solo permite determinar la caducidad de cada producto. En la presente investigación por su parte, permite realizar la predicción

necesaria para que el stock se mantenga disponible mediante la obtención de la distribución de probabilidad que siguen los datos reales proporcionados por la empresa para así evitar la pérdida de ganancias por falta de este.

Según Ordoñez y otros [5], en su artículo de investigación, se planteó un modelo analítico de programación lineal para la gestión de inventarios de Carne de cerdo con el objetivo de poder arrojar la cantidad óptima de pedido y poder maximizar la utilidad. La solución se basa en considerar costos de faltantes y sobrantes, así como costos por mantener inventario y por pérdida del valor del producto. Se concluye que comprar por canal es más económico y puede suplir la demanda de todos los cortes. Sin embargo, los resultados obtenidos generan mayor dificultad para determinar el momento en que se debe reabastecer el stock, a diferencia de lo dicho anteriormente en la presente investigación con la simulación de ventas ofrecemos una manera más fácil de escoger la mejor opción para reabastecer el inventario tomando en cuenta las posibles ganancias y pérdidas que arroja la simulación de Montecarlo.

El trabajo de Carlos Carvajal T [6], muestra el análisis del modelo de inventarios con demanda determinística con los algoritmos de programación dinámica. El objetivo es el diseño de un software para la toma de decisiones en el manejo de inventarios de entubamiento. La metodología es la orientada a objetos mediante el uso del lenguaje Java. El autor afirma que para desarrollar un software con altos componentes matemáticos se debe hacer en dos fases: la primera fase se desarrolla el modelo matemático y en la segunda se implementa el Proceso Racional Unificado. Este artículo solo muestra la implementación de un programa en Java que controla el modelo de inventarios de manera compleja. Por otra parte, en esta investigación, se usan herramientas más sencillas, como la opción de programación en VBA que ofrece Microsoft Excel, desarrollando un algoritmo para la simulación de demanda semanal

Materiales y métodos

Cualquier actividad involucra, de una u otra manera, la evaluación de un conjunto de alternativas en términos de un conjunto de criterios de decisión, donde muy frecuentemente estos criterios están en conflicto unos con otros, La Figura 1 ilustra la situación compleja a la que se ve enfrentado el responsable de la distribuidora de tomar una decisión al momento de pedir por su reabastecimiento de productos. Es por eso por lo que al someter dichos aspectos a una evaluación metodológica AHP se llegará a un mejor resultado ya que dicho modelo se basa en los criterios de expertos y brinda el resultado óptimo.

Simulación

Según Salas Perea y Ardanza Zulueta [7] la simulación consiste en situar a una persona en un contexto que imite algún aspecto de la realidad y en establecer en ese ambiente situaciones, problemáticas o reproductivas, similares a las que él deberá enfrentar, de forma independiente, pero todo esto simulándolo de una manera sistemática y práctica.

Para Cevallos y Botto [12] simulación es una forma de abordar el estudio de cualquier sistema dinámico real donde es factible tener un modelo de comportamiento, y en el que las variables y parámetros que lo caracterizan se puede distinguir. Para hacer esto posible, procedemos al uso de herramientas matemáticas y probabilísticas.

A través de una simulación podemos dar solución a problemas muy sencillos e incluso a problemas más complicados mediante métodos probabilísticos. la metodología de simulación consta cuatro pasos fundamentales:

1. Recolectar los datos pertinentes para poder realizar los cálculos correspondientes que luego serán introducidos en el software seleccionado.
2. Con la información organizada se procede a realizar un análisis de la información para determinar la manera óptima de cómo abordar el problema.
3. Una vez seleccionada la forma de realizar el modelo, se procede a la elaboración como tal de la estructura de simulación.
4. Se procede a realizar el respectivo análisis de los resultados obtenidos.
5. Si bien, la simulación nos ayuda a obtener resultados, en ocasiones es difícil optar por una decisión debido a la complejidad del problema, para ello nos podemos apoyar de algoritmos metaheurísticos.

Método AHP

El Proceso de Análisis Jerárquico, desarrollado por Thomas L. Saaty (The Analytic Hierachy Process, 1980) [8]. Está diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples. El proceso requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios y que, después, especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio. El resultado de AHP es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión.

El método AHP consiste en jerarquizar los criterios de evaluación del problema, los cuales se clasifican mediante la tabla 1.

Tabla 1. Tabla de evaluación de criterios para el método AHP.

Valor Numérico	Descripción
1	Ambos criterios tienen igual de importancia.
3	Débil o moderada importancia del uno sobre el otro.
5	Importancia fuerte de un criterio sobre el otro.
7	Importancia muy fuerte de un criterio sobre el otro.
9	Importancia absoluta de un criterio sobre el otro.

Modelo matemático de AHP

El modelo AHP está definido de la siguiente forma:

Sea A una matriz nxn, donde $n \in \mathbb{Z}^+$. Sea a_{ij} el elemento (i, j) de A, para $i = 1, 2, \dots, n$, y, $j = 1, 2, \dots, n$. Decimos que A es una matriz de comparaciones pareadas de n alternativas, si a_{ij} es la medida de la preferencia de la alternativa en el renglón i cuando se le compara con la alternativa de la columna j. Cuando $i = j$, el valor de a_{ij} será igual a 1, pues se está comparando la alternativa consigo misma:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Además, se cumple que: $a_{ij} \cdot a_{ji} = 1$; es decir:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

El AHP sustenta esto con los siguientes axiomas:

Axioma No. 1: Referido a la condición de juicios recíprocos: Si A es una matriz de comparaciones pareadas se cumple que $a_{ij} = 1 / a_{ji}$.

Axioma No. 2: Referido a la condición de homogeneidad de los elementos: Los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud, o jerarquía.

Axioma No. 3: Referido a la condición de estructura jerárquica o estructura dependiente: Existe dependencia jerárquica en los elementos de dos niveles consecutivos.

Axioma No. 4: Referido a la condición de expectativas de orden de rango: Las expectativas deben estar representadas en la estructura en términos de criterios y alternativas.

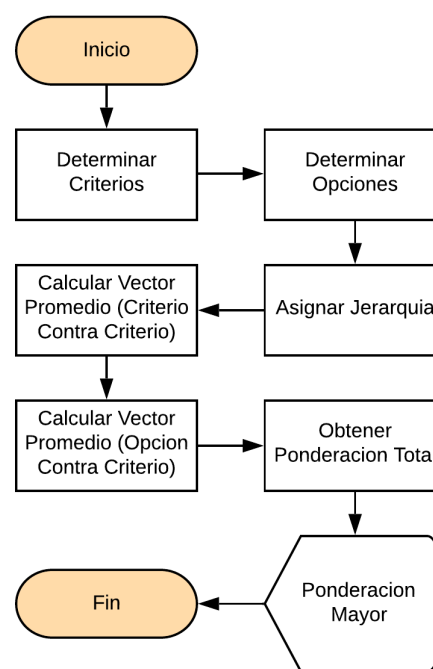


Figura 1. Diagrama de flujo del método AHP.

Herramientas

Para la realización del modelo de simulación se usó la herramienta de Microsoft Excel 2016, debido a su fácil uso y a sus potentes herramientas, como la herramienta de desarrollo que usa el lenguaje de programación Visual Basic.

Para obtener la distribución de los datos obtenidos mediante la observación de las compras de los clientes de la empresa en estudio, fue necesario el uso de la herramienta Stat::Fit del software "ProModel":

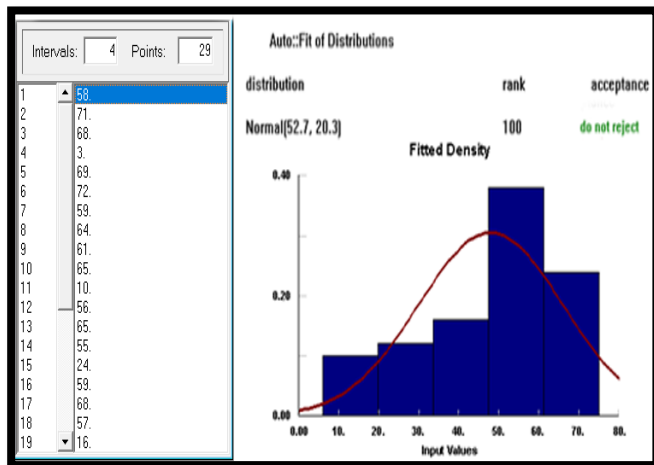


Figure 2. Representación gráfica de la distribución de probabilidad (normal), obtenida con los datos de las ventas del 2019.

Para obtener la distribución de probabilidad de los datos obtenidos mediante la observación de las compras de los clientes de la empresa en estudio, fue necesario el uso de la herramienta StatCrunch del software "ProModel". El cual nos muestra de manera gráfica la distribución que siguen los datos obtenidos como se ve en Fig 2.

Simulación Montecarlo

De acuerdo con José Ignacio Illana [9] el término Monte Carlo se aplica a un conjunto de métodos matemáticos que se empezaron a usar en los 1940s para el desarrollo de armas nucleares en Los Álamos, favorecidos por la aparición de los ordenadores digitales modernos. Consisten en resolver un problema mediante la invención de juegos de azar cuyo comportamiento simula algún fenómeno real gobernado por una distribución de probabilidad (e.g. un proceso físico) o sirve para realizar un cálculo (e.g. evaluar una integral).

Según Cevallos et al. [13] el método de Monte Carlo es una técnica de análisis numérico que se basa en uso de una secuencia de números aleatorios, con el propósito de muestrear los valores correspondientes a las variables probabilísticas de un determinado problema.

Más técnicamente, un Monte Carlo es un proceso estocástico numérico, es decir, una secuencia de estados cuya evolución viene determinada por sucesos aleatorios. Recordemos que un suceso aleatorio es un conjunto de resultados que se producen con cierta probabilidad.

Algoritmo 1 simularFritada()

```

Dim j, n As Integer
Dim r, r1, r2, r3, r4, r5, r6, r7 As Double
n = 7
r1 = 0
r2 = CDBl(Worksheets("Hoja5").Cells(2, 4))
r3 = CDBl(Worksheets("Hoja5").Cells(3, 4))
r4 = CDBl(Worksheets("Hoja5").Cells(4, 4))
r5 = CDBl(Worksheets("Hoja5").Cells(5, 4))
r6 = CDBl(Worksheets("Hoja5").Cells(6, 4))
r7 = CDBl(Worksheets("Hoja5").Cells(7, 4))
j = 1
For i = 1 To n
    j = j + 1
    r = Rnd()
    Cells(j, 3) = r
    If (r1 <= r And r < r2) Then

```

```

Cells(j, 2) = 8
End If
If (r2 <= r And r < r3) Then
    Cells(j, 2) = 9
End If
If (r3 <= r And r < r4) Then
    Cells(j, 2) = 9
End If
If (r4 <= r And r < r5) Then
    Cells(j, 2) = 9
End If
If (r5 <= r And r < r6) Then
    Cells(j, 2) = 10
End If
If (r6 <= r And r < r7) Then
    Cells(j, 2) = 11
End If
If (r7 <= r And r < 1) Then
    Cells(j, 2) = 12
End If
Next i
End

```

El Algoritmo 1. Simula la demanda de los 7 días de la semana, tomando los valores de los rangos obtenidos en la tabla de distribución, el número de productos vendidos en cada día se obtendrá de acuerdo al número aleatorio obtenido con la función "Rnd()", es evaluado en las condiciones del algoritmo, las cuales contienen los rangos mencionados con anterioridad.

Distribución Normal

Según Pértegas [10] al iniciar el análisis estadístico de una serie de datos, y después de la etapa de detección y corrección de errores, un primer paso consiste en describir la distribución de las variables estudiadas y, en particular, de los datos numéricos. Una de las distribuciones teóricas mejor estudiadas en los textos de bioestadística y más utilizada en la práctica es la distribución normal, también llamada distribución gaussiana. Su importancia se debe fundamentalmente a la frecuencia con la que distintas variables asociadas a fenómenos naturales y cotidianos siguen, aproximadamente, esta distribución.

Según Cevallos et al. [14] para simular datos de una muestra real, debe determinar el comportamiento que sigue estos datos. Para esto, debe saber qué tipo de distribución de probabilidad es la más adecuado. Luego, usamos la transformación inversa, para poder determinar una fórmula eso genera tantos valores como sea posible.

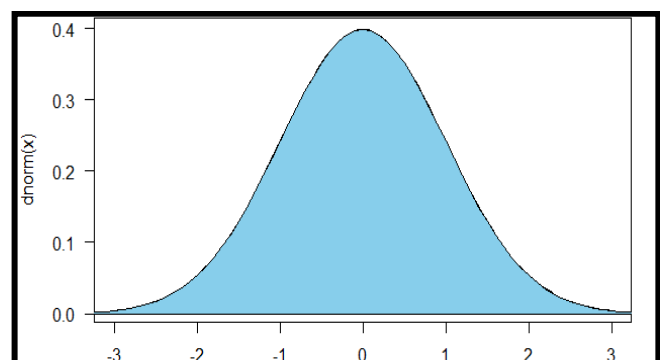


Figura 3. Gráfica de una Distribución Normal.

La distribución normal fue reconocida por primera vez por el francés Abraham de Moivre (1667-1754). Posteriormente, Carl Friedrich Gauss (1777-1855) elaboró desarrollos más profundos y formuló la ecuación de la curva; de ahí que también se la conozca, más comúnmente, como la "campana de Gauss". La distribución

de una variable normal está completamente determinada por dos parámetros, su media y su desviación estándar, denotadas generalmente por μ y σ . Con esta notación, la densidad de la normal viene dada por la ecuación:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right\}; -\infty < x < \infty$$

que determina la curva en forma de campana que tan bien conocemos (Figura 2). Así, se dice que una característica X sigue una distribución normal de media μ y varianza σ , y se denota como:

$$X \approx N(\mu, \sigma)$$

si su función de densidad viene dada por la Ecuación 1.

Como se deduce de este último apartado, no existe una única distribución normal, sino una familia de distribuciones con una forma común, diferenciadas por los valores de su media y su varianza. De entre todas ellas, la más utilizada es la distribución normal estándar, que corresponde a una distribución de media 0 y varianza 1. Así, la expresión que define su densidad se puede obtener de la Ecuación 1, resultando:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{z^2}{2}\right\}; -\infty < z < \infty$$

Es importante conocer que, a partir de cualquier variable X que siga una distribución $N(\mu, \sigma)$, se puede obtener otra característica Z con una distribución normal estándar, sin más que efectuar la transformada:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Caso de Estudio

En estos tiempos, la palabra inventario ha alcanzado una notoriedad muy alta; ya que los problemas de inventario pueden llevar a la quiebra de un negocio, si mantenemos un stock muy grande de productos en bodega esto puede generar a la larga problemas de liquidez financiera, esto ocurre cuando un inventario “parado” inmoviliza recursos que podrían ser mejor utilizados en funciones más productivas para la distribuidora de carnes FK. Además, el inventario parado tiende a tornarse dañino u obsoleto, a quedar no apto para el consumo si no se mantiene los estándares de refrigeración de las carnes al tener tanto producto en refrigeración o al no tener espacio suficiente en donde poder mantener el producto en un estado apto para el consumo humano al ser perecible. Por otro lado, si se mantiene un nivel insuficiente de inventario, podría no atenderse a los clientes de forma satisfactoria, lo cual generará que los clientes busquen un mejor lugar en el cual los productos requeridos siempre estén al momento del día que ellos lo requieran y no a la espera de su distribuidora de confianza FK, por lo cual buscarán otros negocios y esto generará pérdida de clientes y reducción de ganancias.

De acuerdo con los datos suministrados por el dueño de la empresa, se inició la venta de carne para fritada en el año 2017, cada vez que se reabastece inventario se compran 200 libras a un costo de \$1.50 es de \$1.90. Adicional el costo de transporte por cada vez que se reabastece es de \$3. Dada a la gran demanda que genero

el producto, varias veces se quedaban sin stock y no abastecía a los clientes.

Se obtuvieron datos históricos de los años 2017, 2018 y parte del 2019 en donde se detallan las ventas semanales del producto en estudio, además de la semana en que se llama al proveedor para reabastecer el inventario. Los cuales sirven para el respectivo análisis y simulación de datos. También se establecieron los criterios importantes para la elaboración del método Multicriterio AHP. Las opciones de abastecimiento a elegir fueron dadas por el distribuidor, con las cuales se realizaron simulaciones para obtener las proyecciones de ventas y ganancias para el año 2020 y se detallan en Tabla 2.

Resultados

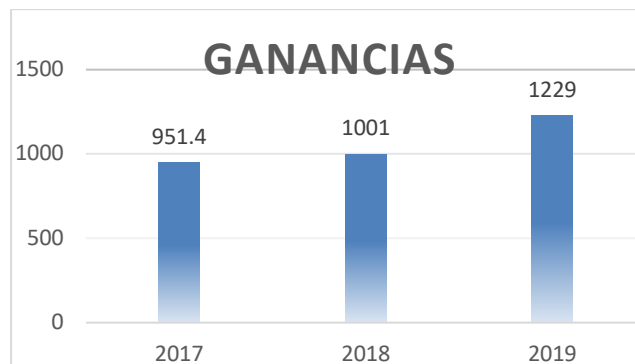


Figura 4. Ganancias de los años 2017, 2018, 2019 por la venta del Producto “Carne para fritada”

El Gráfico 1 representa las ganancias totales obtenidos por la venta del producto “carne para fritada” de los años 2017, 2018 y 2019 y se puede observar que las ventas incrementan cada año debido a la alta demanda. Dichos datos fueron proporcionados por la empresa.

Tabla 2. Criterios y opciones utilizadas en el método AHP

Opciones	Gasto anual de reabastecimiento	Sobrante	Utilidad	Ganancias Perdidas
3s 200 lb	51	0	2169.8	36.4
3s 225 lb	51	553	1370.3	0
4s 200 lb	39	0	2181.8	306.8
4s 250 lb	39	0	2181.8	116.4

En Tabla 2 se observa los resultados de las simulaciones de cada opción de reabastecimiento que brinda el proveedor de la empresa. Estos resultados se obtuvieron mediante la demanda generada por el Algoritmo I.

A continuación, en Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7 se detallan los valores obtenidos a través del Método AHP por medio de una matriz normalizada, los cuales sirven para establecer el vector promedio de cada uno de los criterios y opciones de abastecimiento para finalmente obtener la ponderación final para escoger la mejor opción.

Tabla 3. Asignación de jerarquías a los criterios establecidos según escala de Tabla 1.

Criterios				
	Gasto	Sobranante	Utilidad	Perdidas
Gasto	1	0,33333333	5	0,33333333
Sobranante	3	1	5	0,33333333
Utilidad	0,2	0,2	1	0,11111111
Perdidas	3	3	9	1
SUMA	7,2	4,53333333	20	1,77777778

En Tabla 3 se observa la evaluación de todos los criterios implementados. Se hace una comparativa entre pares. Los iguales, se asignan por defecto el valor de 1, porque al ser del mismo criterio, son de igual importancia, si un criterio es más importante sobre otro, se asigna un valor, en base a la Tabla 1. Si un criterio es menos importante sobre otro, se divide el valor de 1 entre el valor asignado en la comparación inversa y luego se procede a realizar una matriz normalizada para obtener el vector resultante.

Tabla 4. Tabla de vector Promedio, Criterio: Gasto Anual de Reabastecimiento.

Criterio: Gasto anual de reabastecimiento				
	3s 200	3s 225	4s 200	4s 250
3s 200	1	1	5	5
3s 225	1	1	5	5
4s 200	0,2	0,2	1	1
4s 250	0,2	0,2	1	1
SUMA	2,4	2,4	12	12

A partir de la Tabla 4 hasta la Tabla 7, se hacen evaluaciones por criterios específicos, comparando entre opciones. En Tabla 4. Se observa la evaluación del Gasto anual de reabastecimiento, aplicando el mismo procedimiento realizado en la Tabla 3. Primero, asignando valores a las comparaciones por importancia. Luego, se crea una matriz normalizada donde se reemplazan los valores dividiendo el valor de cada comparación sobre la suma de los valores de las comparativas por opción para finalmente obtener el vector promedio para cada una de las opciones.

Tabla 5. Tabla de vector Promedio, Criterio: Inventario Sobranante.

Criterio: Inventario Sobranante				
	3s 200	3s 225	4s 200	4s 250
3s 200	1	0,11111111	1	1
3s 225	9	1	9	9
4s 200	1	0,11111111	1	1
4s 250	1	0,11111111	1	1
SUMA	12	1,33333333	12	12

En Tabla 5 se observa la evaluación del Inventario Sobranante, aplicando el mismo procedimiento realizado en la Tabla 3. Se asigna valores a las comparaciones por importancia. Luego, se crea una matriz normalizada donde se reemplazan los valores dividiendo el valor de cada comparación sobre la suma de los valores de las comparativas por opción. Se obtiene el vector promedio por cada opción con los valores de la dicha matriz en cada fila.

Tabla 6. Tabla de vector Promedio, Criterio: Utilidad Anual.

Criterio: Utilidad				
	3s 200	3s 225	4s 200	4s 250
3s 200	1	0,2	3	3
3s 225	5	1	7	7
4s 200	0,33333333	0,14285714	1	1
4s 250	0,33333333	0,14285714	1	1
SUMA	6,66666667	1,48571429	12	12

En Tabla 6 se observa la evaluación por Utilidades, aplicando el mismo procedimiento de la Tabla 4. Se realizan las asignaciones correspondientes de los valores por comparación de opciones y luego se crea la matriz normalizada y se calcula el valor de cada elemento, como se mencionó anteriormente para finalmente, obtener el vector promedio por cada opción con los valores de la dicha matriz en cada fila.

Tabla 7. Tabla de vector Promedio, Criterio: Ganancias perdidas por no vender.

Criterio: Ganancias perdidas por no vender				
	3s 200	3s 225	4s 200	4s 250
3s 200	1	3	0,14285714	0,14285714
3s 225	0,33333333	1	0,11111111	0,11111111
4s 200	7	9	1	5
4s 250	7	9	0,2	1
SUMA	15,33333333	22	1,45396825	6,25396825

En Tabla 7 se observa la evaluación por Ganancias perdidas por no vender, aplicando el mismo procedimiento en la Tabla 4. Se realizan los mismos procedimientos mencionados anteriormente para utilizarlos en la Tabla 8, donde se obtiene el valor final por cada opción.

Tabla 8. Tabla de resumen de ponderaciones y vectores promedio del método AHP.

	Final				Total
	Gasto	Sobranante	Utilidad	Perdidas	
3s 200	0,41666667	0,08333333	0,19615385	0,08066924	0,6204
3s 225	0,41666667	0,75	0,6474359	0,04034485	1,2573
4s 200	0,08333333	0,08333333	0,07820513	0,58821949	1,149
4s 250	0,28333333	0,28333333	0,77820513	0,49076643	1,4789
PONDERACION	0,89313326	0,93331771	0,18191845	1,67046765	

En la Tabla 8 se aplica el método de consistencia o centroide para la elección de la mejor opción el cual consiste en:

Calcular la proporción de cada elemento del autovector normalizado en relación con la sumatoria de los elementos del autovector.

$$T = \left(\frac{w_1}{\sum w_i} \quad \frac{w_2}{\sum w_i} \quad \frac{w_3}{\sum w_i} \quad \dots \quad \frac{w_n}{\sum w_i} \right)$$

Donde T es el autovector normalizado y es utilizado para cuantificar y ponderar la importancia de las características o atributos en análisis.

Un paso o etapa importante del método AHP es la prueba de consistencia de la respuesta dada por los especialistas, o sea si los datos están o no lógicamente relacionados.

Se estima inicialmente el autovector (λ_{max}), donde la estimativa está dada por:

$$\lambda_{max} = T * W$$

donde w es el número triangular que representa la sumatoria de las columnas de la matriz de comparaciones.

Posteriormente se calcula el Índice de Consistencia (IC) a través de la expresión:

$$IC = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$$

Como, según la operatoria para obtener el (λ_{\max}) , de esta manera proponemos usar aquí el valor central que representa (por su simetría) la posición del centroide que corresponde al número máximo.

Para la elección de la mejor opción se debe escoger el número total más alto entre cada una de las opciones, en Tabla 8. se observa que la opción de reabastecerse cada 4 semanas con 250 libras es la mejor opción ya que arroja el resultado total más alto. Al escoger esta opción y mediante una nueva simulación de ventas para el año 2020, se puede observar que las ganancias aumentan considerablemente en comparación al año en curso (2019), esto se puede apreciar en Gráfico 2.

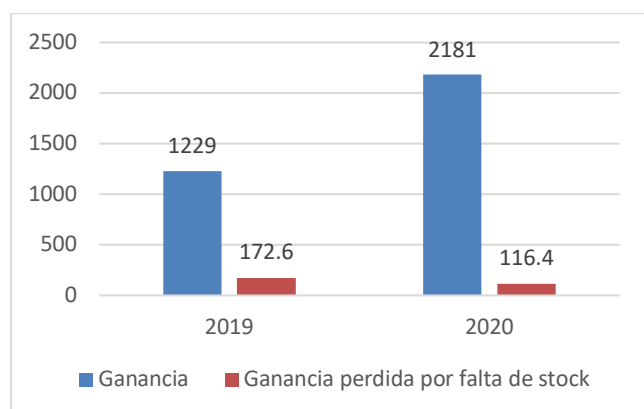


Figura 5. Ganancias y ganancias perdidas por falta de stock de los años 2019 y 2020 por la venta del Producto "Carne para fritada".

Como se puede notar en Gráfico 2 las ganancias en el 2020 incrementaron en un 77% en comparación al año 2019 debido a que se cambió la cantidad de abastecimiento y la frecuencia de este.

Conclusiones

Desafortunadamente la Distribuidora de Carnes Fk, no cuenta con un buen manejo de inventarios, el solo hecho que las existencias de un producto vendible que no posee un control o administración adecuada puede hacer que una empresa pequeña o mediana baje sus utilidades de forma brusca, por otra parte, la mala fluidez en el manejo de los productos de necesidad básica para los consumidores de diferentes tipos de carnes que se venden al día en la distribuidora de carnes FK pueden llevar a la pérdida de utilidades o hasta la pérdida de clientes. Es por eso por lo que es de vital importancia el conocer los inventarios, así como también es de vital importancia el saber administrarlos.

Adicionalmente, se puede evidenciar que la empresa al abastecer su inventario de forma empírica conlleva a generar ganancias no tan altas, tales como en el año 2017, 2018 y 2019. Mediante simulaciones del año 2020 de acuerdo con opciones de abastecimiento dadas por el proveedor y gracias al método AHP, la empresa al abastecerse cada 4 semanas con un stock de 250 lb de carne para fritada lograría incrementar sus ganancias en un 77% en comparación al año 2019.

Finalmente, para trabajos futuros se espera crear un modelo utilizando combinación de algoritmos heurísticos de inventarios que abarque todos los productos que son comercializados por la

empresa para así abastecer la demanda de sus clientes y obtener la máxima ganancia posible por sus operaciones..

Referencias Bibliográficas

- [1] J. I. Córdoba García. "Propuesta de un sistema de gestión de inventarios de producto terminado para la empresa Alimentos Exquisitos de la ciudad de Palmira, Valle Del Cauca". 11 Enero 2016.
- [2] E. Causado Rodríguez, "Modelo de inventarios para control económico de pedidos en empresa comercializadora de alimentos". Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 14, n° 27, pp. 163-178, 2015.
- [3] Pérez-Vergara, C. Vásquez-García, D. Marcela-Ocampo y A. M. Cifuentes-Laguna. "Un modelo de gestión de inventarios para una empresa de productos alimenticios". Ingeniería Industrial, vol. 34, n° 2, pp. 227-236, 2013.
- [4] E. Espinoza O. "Modelo de gestión de inventarios para la toma de decisiones gerenciales aplicado a empresas productoras de alimentos" Diciembre 2007.
- [5] A. Ordoñez Castano, J.P. Orejuelo Cabrera, J.J. Bravo. "Modelo de Gestión de inventarios de carne de cerdo en puntos de venta". "Pensamiento y Gestión", vol. 39, n° 2, pp. 30-51, 2015.
- [6] Carlos Carvajal T. "Diseño de un software en Java para la toma de decisiones en el manejo de inventarios determinísticos". "Ingeniería Solidaria", vol. 8, n° 15, pp. 33-45, 2012
- [7] Ramón S. Salas Perea y Plácido Ardanza Zulueta. "La simulación como método de enseñanza y aprendizaje". Educ Med Super v.9 n.1 Ciudad de la Habana ene.-dic. 1995
- [8] Thomas L. Saaty. "Decision making with the analytic hierarchy process". *Int. J. Services Sciences*, vol. 1, n° 1, pp. 83-98, 2008.
- [9] José Ignacio Illana. "Métodos Monte Carlo " v.1 ene.-2013, pp.1-55
- [10] Pértegas Díaz, Pita Fernández. "La Distribución Normal". Cad Aten Primaria 2001
- [11] Toskano Hurtado Gerard Bruno. "El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como Herramienta para la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores", 2015
- [12] Lorenzo Cevallos-Torres, Miguel Botto-Tobar. "The system simulation and their learning processes." *Problem-Based Learning: A Didactic Strategy in the Teaching of System Simulation*. Springer, pp. (pp.1-2), 2019.
- [13] Lorenzo Cevallos-Torres, Miguel Botto-Tobar. "Monte Carlo Simulation Method" *Problem-Based Learning: A*

Didactic Strategy in the Teaching of System Simulation.
Springer, pp. (pp.87-88), 2019.

- [14] Lorenzo Cevallos-Torres, Miguel Botto-Tobar. " Case Study: Project-Based Learning to Evaluate Probability Distributions in Medical Area" *Problem-Based Learning: A Didactic Strategy in the Teaching of System Simulation.* Springer, pp.113., 2019.

- [15] J. I. Córdoba García. "Propuesta de un sistema de gestión de inventarios de producto terminado para la empresa Alimentos Exquisitos de la ciudad de Palmira, Valle Del Cauca". 11 Enero 2016.