



CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE SOLUCIÓN

4.1 Introducción

A lo largo de este capítulo se desarrolla ampliamente y de manera ilustrada la metodología empleada para lograr los objetivos planteados en el primer capítulo de este proyecto de tesis, de los cuales se derivan la elaboración de pronósticos de ventas de cada tipo de taco y la elaboración de procedimientos para el control de inventario.

4.2 Pronósticos de Ventas

Uno de los factores más importantes en la administración de cualquier industria o negocio, es el conocer con cierto grado de confianza las ventas esperadas para un cierto periodo de tiempo, es decir, conocer con anticipación las posibles ventas futuras.

De esta forma los datos que describen la situación de decisión deben ser representativos de lo que ocurra en el futuro. Por ejemplo, en control de inventarios las decisiones se basan en la naturaleza de la demanda del artículo controlado durante un horizonte de planeación específico. Es por esto que para el desarrollo de este proyecto de tesis se analizaron diferentes opciones de modelos de pronósticos y se seleccionó el mejor para pronosticar las ventas de ‘Taquísimos’ con el objetivo de tener información confiable para garantizar el abastecimiento de materia prima.



Cabe mencionar que se debe tener en cuenta que es imposible tener un pronóstico perfecto, ya que pueden influir demasiados factores para predecir con el menor error posible.

4.2.1 Modelos de pronósticos

Existen dos tipos de modelos de pronósticos o de predicción según Winston [5] los métodos de extrapolación y los métodos de predicción casual. Los métodos de extrapolación se utilizan para pronosticar los valores futuros de series de tiempos a partir de valores anteriores de una serie temporal. En un método de pronóstico por extrapolación se supone que los patrones anteriores y las tendencias en las ventas continuarán en los meses futuros. Por lo tanto, la información anterior acerca de las ventas se utiliza para generar los pronósticos para las ventas de los meses futuros.

Los métodos de extrapolación, a diferencia de los métodos de predicción causal, no toman en cuenta qué ‘ocasionó’ los datos anteriores; simplemente se asume que las tendencias y los patrones continuarán en el futuro. Los métodos de pronóstico causales pretenden pronosticar los valores futuros de una variable, llamada variable dependiente, con ayuda de información anterior, a fin de estimar la relación entre la variable dependiente y una o más variables independientes.



4.2.2 Medición del Error del Pronóstico

Como se ha mencionado anteriormente el objetivo principal al estudiar la demanda es el obtener un pronóstico confiable para un periodo en el futuro. Una medida de comparación que se utiliza comúnmente para seleccionar los diferentes métodos es el error. El error en el pronóstico es la diferencia numérica entre la demanda pronosticada y la real, para indicar la efectividad al utilizar alguno de los modelos de pronóstico.

Existen diferentes métricas para el análisis del error; sin embargo, algunos autores como Winston [5] consideran que las métricas más útiles son el MAD, y el MSE.

La desviación absoluta de la media (mean absolute deviation, MAD) mide la precisión de un pronóstico mediante el promedio de las diferencias absolutas entre la demanda pronosticada y los valores reales.

El error cuadrático de la media (MSE) mide el error del pronóstico en unidades de la demanda al cuadrado.

Para la comparación de los modelos de pronósticos en esta tesis, se usarán estos dos tipos de error.



4.3 Elaboración del pronóstico

Según John E. Hanke [2] todos los procedimientos formales de pronóstico comprenden la extensión de las experiencias del pasado al futuro incierto. La aceptación de que las técnicas de pronóstico funcionan sobre los datos generados en sucesos históricos pasados conduce a la identificación de cuatro pasos en el proceso del pronóstico:

1. Recopilación de datos.
2. Reducción o condensación de datos.
3. Construcción del modelo.
4. Extrapolación del modelo (el pronóstico en sí)

4.3.1 Recopilación de Datos

‘Taquisimo’ cuenta con la información histórica de las ventas diarias de cada uno de sus tipos de taco desde el inicio de operaciones de cada carrito a la fecha. Por este motivo, no fue difícil recopilar ni obtener la información para el análisis.

4.3.2 Reducción o Condensación de Datos

Para este proyecto, se utilizó la información de las ventas del mes de marzo ya que durante este mes, estuvieron en funcionamiento ambos carritos. Esta información puede ser consultada en el apéndice 3 de este proyecto de tesis.



4.3.3 Construcción y Extrapolación del Modelo

La construcción del modelo se refiere al ajustar los datos reunidos en un modelo de pronóstico que sea adecuado para minimizar el error del pronóstico; y la extrapolación se refiere a la aplicación del mismo y a la determinación del valor pronosticado.

La construcción del modelo involucra el análisis de los datos, ya que existen diferentes modelos de pronósticos que requieren ciertas características de los datos, como puede ser la presencia de datos aleatorios, estacionales o cíclicos.

Por la cantidad de datos que se están analizando, es difícil detectar estacionalidad y tendencia clara en los mismos. La tendencia en una serie de tiempo es el componente que representa el crecimiento o disminución en la serie sobre un periodo amplio, por lo que se dificulta su análisis en series de tiempo cortas. De la misma forma, la estacionalidad de los datos se refiere al patrón de cambio que se repite año tras año.

Al analizar los datos con los que se cuenta, se pudo detectar gráficamente que no existe una estacionalidad o tendencia en los mismos. Para el análisis, se tomaron en cuenta los modelos de pronóstico: promedios móviles, promedios móviles ponderados, suavizamiento exponencial simple, los modelos de suavizamiento exponencial con tendencia aditiva y multiplicativa, los de

suavizamiento exponencial con estacionalidad aditiva y multiplicativa, los de tendencia aditiva con estacionalidad aditiva y multiplicativa, los de estacionalidad multiplicativa y tendencia aditiva.

Los datos se analizaron con los modelos de pronóstico para seleccionar el mejor modelo para cada uno de los 6 tipos de taco. Como medida de comparación se seleccionó el MAD y el MSE, como lo recomiendan Norman Gaither y Greg Fraizer en su libro ‘Operations Management’(2002) y Wayne L. Winston en su libro ‘Investigación de Operaciones’(2005). Las formulas utilizadas para cada uno de los modelos de pronóstico, así como las de los errores, se encuentran en el apéndice 4.

Una vez analizados los datos, se elaboró la tabla 4.1 donde se muestra el modelo de pronóstico seleccionado para cada tipo de taco. La selección de cada modelo fue en base al que arrojara el menor error.

El análisis completo de cada tipo de taco se muestra en los apéndices 5 al 10.

Tabla 4.1 Resumen de los Modelos de Pronóstico de Demanda Seleccionados

	MODELO PROPUESTO	PARAMETROS		ERROR	
		Base	α	MAD	MSE
ARRACHERA	Suavizamiento Exponencial Básico	-	0.1	6	83
BISTEC	Promedios Mviles	4	-	6	63
CECINA	Suavizamiento Exponencial Básico	-	0.1	2	8
CHULETA	Suavizamiento Exponencial Básico	-	0.2	3	19
PASTOR	Suavizamiento Exponencial Básico	-	0.1	4	19
QUESO CON CHORIZO	Suavizamiento Exponencial Básico	-	0.2	2	6

Fuente: Elaboración Propia



Como se puede ver en la tabla 4.1 se eligió el modelo de promedios móviles para los tacos de bistec, mientras que para los demás tipos de taco se eligió el suavizamiento exponencial básico con valores de α pequeños. Esto genera buenos resultados ya que mientras más pequeño sea el valor de α , mayor será el suavizamiento del efecto de la aleatoriedad.

Cabe mencionar que el valor de α que minimiza el MAD no sobrepasa 0.5, lo cual indica que no hay presente tendencia, estacionalidad o variación cíclica, por lo cual el suavizamiento exponencial simple proporciona un buen pronóstico.

4.4 Modelos de Inventarios

Los inventarios son la cantidad de artículos o recursos en control de una empresa y almacenados por un tiempo en un estado relativamente ocioso o improductivo, esperando su uso o venta. Los inventarios existen debido a que el abastecimiento y la demanda difieren en las cantidades en la que estos procesos proveen o requieren material.

El control y mantenimiento de un inventario es un problema común para todas las empresas. Su resultado final tiene gran transcendencia en la posición financiera y competitiva de la empresa, puesto que afecta directamente al servicio, a los clientes, a las utilidades y a la liquidez del capital de trabajo.



El propósito de la teoría de inventarios es determinar las reglas que pueden usar la administración para minimizar los costos asociados con mantener el inventario y satisfacer la demanda de los clientes.

Existen diferentes modelos de inventarios que se pueden desarrollar dependiendo de las condiciones que se presenten en cada situación. Los modelos de inventario se clasifican de manera general según Winston [5] en dos grandes grupos dependiendo del comportamiento de las variables que lo conforman, los Modelos Determinísticos y los Modelos Estocásticos o Probabilísticos.

Otra división que se puede encontrar dentro de los sistemas de inventarios es con respecto a la periodicidad con que se revisa el inventario: los sistemas de revisión continua y los modelos de revisión periódica. Según Winston [5] estos modelos varían según la forma en que se revisa el inventario, ya sea continua o periódicamente. En un sistema de revisión continua se asume el conocimiento del nivel del inventario en todo momento y los pedidos se colocan cuando el nivel del inventario baja del punto de reorden especificado. En los sistemas de revisión periódica, se verifica el nivel del inventario en intervalos de tiempo discretos y sólo en estos momentos se toma la decisión para ordenar.

Debido a que la carne es una materia prima de tipo perecedero, es importante revisar continuamente el inventario, por esta razón los sistemas de revisión continua son los más adecuados para ‘Taquisimo’.



4.4.1 Modelos de Inventarios Determinísticos

Los modelos determinísticos asumen que la demanda es conocida o fija y el tiempo de entrega a partir de que se hace el pedido es también conocido y fijo. Los modelos mas utilizados de este tipo son los EOQ o modelos de lote económico del cual se desprenden muchas variantes.

Los modelos de EOQ funcionan bajo varias suposiciones; sin embargo la más importante es que la demanda debe ser constante. Para determinar si la demanda es lo bastante regular para justificar el uso de modelos EOQ, Peterson y Silver (1998) recomiendan estimar la variabilidad de la demanda mediante el coeficiente de variación (CV). Wayne L. Winston en su libro ‘Investigación de Operaciones’(2005) indica que se debe usar EOQ si el coeficiente de variación es menor que 0.20; de lo contrario, la demanda es muy irregular para justificar el uso de un modelo EOQ.

La formula para calcular el CV es la siguiente:

$$CV = \frac{S}{\bar{x}}$$

donde S = desviación estándar y

\bar{x} = la media de los datos.

En la tabla 4.2 se puede comprobar que el coeficiente de variación de los diferentes tipos de taco no es menor a 0.20 para todos los casos, por tal motivo NO se puede decir que su demanda sea constante.

Tabla 4.2 Coeficientes de Variación de la Demanda de los Seis Tipos de Taco

NUMERO DE ORDENES VENDIDAS EN CARRITO 1 Y CARRITO 2 (MARZO 2008)							
FECHA	DIA	Arrachera	Cecina	Bistec	Chuleta	Pastor	Queso
1	S	14	1	14	2	3	1
3	L	11	3	12	6	1	2
4	MA	21	6	31	13	13	2
5	MI	12	2	10	6	2	2
6	J	12	4	30	7	10	2
7	V	7	5	17	4	5	4
8	S	25	7	22	8	12	7
9	D	2	1	7	1	1	1
10	L	7	4	14	7	8	5
11	MA	14	8	20	9	5	1
12	MI	11	1	13	4	7	1
13	J	15	7	19	9	7	3
14	V	16	8	37	15	8	10
15	S	14	2	31	7	7	1
17	L	11	1	29	8	8	6
18	MA	19	10	24	16	14	4
19	MI	17	6	31	9	17	5
22	S	15	10	18	15	12	8
23	D	49	2	25	20	3	2
24	L	16	3	29	11	13	1
25	MA	11	3	23	9	19	3
26	MI	14	2	21	8	7	1
27	J	5	1	11	6	4	2
28	V	6	4	25	10	10	3
29	S	19	2	13	3	5	3
31	L	5	3	19	7	8	2
MEDIA		14.15	4.08	20.96	8.46	8.04	3.15
DESVIACION ESTANDAR		8.89	2.83	7.92	4.47	4.73	2.39
CV		0.63	0.69	0.38	0.53	0.59	0.76

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que los modelos EOQ con demanda constante no aplicaron para este estudio, se analizaron los modelos probabilísticos para encontrar el que satisfaga las necesidades de ‘Taquisimo’.



4.4.2 Modelos de Inventarios Probabilísticos

Los modelos probabilísticos o estocásticos, a diferencia de los determinísticos, son aquellos en los que la demanda y/o el tiempo de entrega no son conocidos ni fijos, sin embargo se sabe si sus variables tienen comportamientos similares a alguna distribución de probabilidad.

En estos modelos se incluyen algunas versiones del modelo EOQ para demanda incierta, en los cuales se incorporan conceptos importantes como el inventario de seguridad y el nivel de servicio.

Las suposiciones más importantes para estos modelos de EOQ, son las siguientes:

1. Cada aplicación se refiere a un solo producto. Lo que significa que no se pueden incluir dos o más productos a la vez; es decir independencia de productos.
2. El nivel de inventario está bajo revisión continua, por lo que su valor actual se conoce.
3. Existe un tiempo de entrega entre la colocación de una orden y la recepción de la cantidad ordenada. Este tiempo de entrega puede ser fijo o variable.



4. La demanda para retirar unidades del inventario y venderlas durante este tiempo de entrega es incierta. Sin embargo, se conoce o se puede estimar la distribución de probabilidad de la demanda.

Una estrategia de revisión continua del inventario es la estrategia (r, q) , donde 'r' se identifica como punto de reorden y 'q' denota la cantidad a ordenar.

Una política de inventario basada en estos dos números críticos funciona de una manera muy simple. Siempre que el nivel de inventario de un producto baje a 'r' unidades, se coloca una orden de 'q' unidades para reabastecer el inventario.

RYC Alimentos surte a La Campiña S.A. de C.V. cajas conteniendo 30 paquetes de carne y cajas con 35 quesos. Esta restricción fue impuesta por el proveedor, lo cual impide ser modificada, esto quiere decir que la cantidad a ordenar es fija.

El punto de reorden se determina por medio de la estimación de la demanda en el tiempo que transcurre entre poner una orden y que dicha orden sea recibida. La cantidad de producto que se encuentre en existencia debe satisfacer la demanda durante este tiempo.



Hay distintos métodos para calcular el punto de reorden y el inventario de seguridad existen diferentes modelos. Sin embargo, hay dos modelos que toman en cuenta el nivel de servicio.

- 1) **Modelo I:** Establecimiento de un nivel de inventario de seguridad a niveles de servicio para una demanda durante el tiempo de entrega (DDLT) de distribución normal.

- 2) **Modelo II:** Establecimiento de niveles de inventario de seguridad para niveles de servicio para un plazo de entrega constante y una demanda distribuida normalmente.

La suposición más importante de estos modelos es que la demanda se distribuye de una manera normal. Para comprobar esto, se utilizó el programa ARENA por ser una herramienta de simulación confiable. En el apéndice 11 se presenta el resumen de todas las distribuciones estadísticas que comparó este software. Por tener el error más pequeño, se puede ver que los datos de los diferentes tipos de taco se ajustan a una distribución normal.

Una vez que se determinaron los valores de la media, desviación estándar, los dos modelos se probaron para cada uno de los tipos de carne.



El primer modelo, como ya se mencionó anteriormente, considera que los datos obtenidos se distribuyen normalmente con media (EDDLT) y desviación estándar (σ_{DDLT}).

Los resultados que se obtuvieron al aplicar las fórmulas del primer modelo se muestran en la tabla 4.3. Las formulas que se aplicaron se encuentran en el apéndice 12.

Tabla 4.3 Resultados del Modelo I

	Media	Desviación Estándar	R=	SS=
Arrachera	14.2	8.89	29	15
Bis tec	20.96	7.92	34	13
Cecina	4.08	2.83	9	5
Chuleta	8.86	4.47	16	7
Pastor	8.04	4.73	16	8
Queso con Chorizo	3.165	2.39	7	4

Fuente: Elaboración Propia

En algunas ocasiones es difícil obtener datos del tiempo de plazo de entrega (DDLT). En estos casos es conveniente obtener datos de la demanda diaria y suponer un plazo de entrega constante. Dado que los datos de la demanda diaria están disponibles y el plazo de entrega por lo general esta sujeto a menor variación que la demanda diaria, el modelo 2 puede resultar mucho más útil en este caso, según lo explica Gaither y Fraizer [1].



El segundo modelo supone que el tiempo de entrega es constante y que la demanda diaria presenta una distribución normal. Para la aplicación de este modelo se toma en cuenta el tiempo de entrega, el cual en este caso es de 0.5 días en promedio.

Los resultados obtenidos después de aplicar las formulas se muestran en la tabla 4.4. Las formulas utilizadas se encuentran en el apéndice 11.

Tabla 4.4 Resultados del Modelo II

	EDDLT	σ DDLT	R=	SS=
Arrachera	7.1	6.29	17	10
Bistec	10.48	5.60	20	9
Cecina	2.04	2.00	5	3
Chuleta	4.43	3.16	10	5
Pastor	4.02	3.34	10	5
Queso con Chorizo	1.5825	1.69	4	3

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar, los resultados obtenidos mediante el modelo II fueron menores para el valor del punto de reorden, esto se debe a que el modelo II toma en cuenta el tiempo de entrega, el cual tiene un valor es de 0.5 días en promedio.

Asimismo, el valor del inventario de seguridad es menor utilizando el Modelo II.



Los resultados de las tablas 4.3 y 4.4 son en número de órdenes de tacos. Como se mencionó en el capítulo II, cada paquete de carne contiene suficiente producto para surtir 4 órdenes de tacos, por tal motivo se llevó a cabo una conversión del punto de reorden obtenido y del inventario de seguridad de cantidad de órdenes a paquetes de carne. Esto se muestra en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Conversión de Cantidad de Órdenes a Paquetes de Carne

	Cantidad de órdenes		Paquetes de carne	
	R =	SS =	R =	SS =
Arrachera	17	10	4	3
Bistec	20	9	5	2
Cecina	5	3	1	1
Chuleta	10	5	2	1
Pastor	10	5	2	1
Queso con Chorizo	4	3	1	1

Fuente: Elaboración Propia

Estos datos resultan de gran importancia para ‘Taquísimo’ ya que se puede ver que no es necesario almacenar grandes cantidades de inventario para poder satisfacer su demanda, tomando en cuenta que el tiempo de entrega es relativamente corto.

En el capítulo II se mencionó que el proveedor (RYC) surte la carne en cajas conteniendo 30 paquetes de carne y 35 quesos. Por esta razón la cantidad mínima a ordenar es una caja de carne.



En base a la restricción impuesta por RYC y los resultados obtenidos del punto de reorden, lo más conveniente para ‘Taquísimo’ es comprar una caja de cada uno de los diferentes tipos de carne y en cuanto llegue al punto de reorden de paquetes de carne, vuelva a comprar otra caja.