

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"

SERIES DE TIEMPO Y LA ESTIMACION A FUTURO DEL VOLUMEN DE VENTAS EN LA INDUSTRIA PANIFICADORA.

-PRECISION DE LAS TECNICAS DE EXTRAPOLACION



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: LICENCIADA EN MATEMATICAS APLICADAS Y COMPUTACION PRESENTA: GUILLERMINA SANCHEZ RUIZ

ASESOR: ING ELVIRA BEATRIZ CLAVEL DIAZ.

SANTA CRUZ ACATLAN, EDO. DE MEX., FEBRERO DE 1999.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

25/02/99



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los dos seres que amo y respeto y que gracias a ellos puedo disfrutar del increíble don de la existencia:

## **A Mis PADRES**

*PAPA. Gracias por enseñarme, a través de tu ejemplo, que el trabajo y la constancia son parte fundamental en la cosecha de un triunfo. Gracias por formarme y convertirme en una profesionalista de bien para la sociedad.*

*MAMA: Gracias por saber ser una verdadera madre y tener el valor de enfrentar la difícil tarea de educar a una hija. Gracias por inculcarme tus valores, tu gusto por los retos, tu forma de imponerte a los obstáculos, tu personalidad tan especial y todo lo que siempre he admirado de ti*

# DEDICATORIAS

Quiero dedicar este trabajo a todas aquellas personas que de alguna manera forman parte de mi mundo

**A Ray:** *Te dedico de todo corazón este trabajo por todo lo que representas para mí; y comparto con tigo ésto expresandote ¡LO LOGRAMOS!*

**A Mis Hermanos;** *Les dedico este trabajo por los buenos momentos en que crecimos juntos*

**A Mis Amigos de la Carrera;** *Magda, Marielba, Marcela, Lupita, Norma, Luis Guillermo, Bernardo, Miguel Angel, Erick, Lorenzo, Javier y Susy. Por su gran amistad y por formar parte de la inolvidable generación "92".*

Series de tiempo y la estimación a futuro del volumen de ventas en la industria panificadora.

- Precisión de las Técnicas de Extrapolación -

## OBJETIVO

*Identificar la técnica de extrapolación que permita pronosticar con mayor precisión el volumen de ventas en la industria panificadora, a partir del estudio, análisis y evaluación de las características, propiedades, fundamentos, supuestos y criterios de aplicación de los modelos de pronósticos de series de tiempo.*

# CONTENIDO

## Introducción

<b>Capítulo 1 ADMINISTRACIÓN Y CONTROL</b> .....	1
1.1 Marco Contextual .....	1
1.2 Planeación en la producción del pan. ....	4
1.3 Dispositivos de Ayuda para Predecir las Ventas en la Empresa Pastelera.....	9
1.3.1 Modelos Matemáticos .....	11
1.3.2 El Modelo de Series de Tiempo .....	13
1.4 El proceso Administrativo.....	16
<b>Capítulo 2 VISIÓN DEL FUTURO MEDIANTE SERIES DE TIEMPO</b> .....	19
2.1 Exploración de los patrones de los datos de venta panaderas.....	19
2.1.1 Análisis de Autocorrelación.....	19
2.1.2 Análisis de 13 productos panaderos.....	22
<b>capítulo 3 SUAVIZAMIENTO O FILTRADO</b> .....	39
3.1 Metodología de Suavizamiento Exponencial.....	39
3.1.2 Método de Análisis .....	39
3.2 Metodología de Box-Jenkins.....	43
3.2.1 Antecedentes.....	43
3.2.2 Conceptos Preliminares.....	43
3.2.2.1 Diferentes Modelos para las series de tiempo.....	44
3.2.3 Método de Análisis.....	46
3.2.3.1 Etapa de Identificación.....	46
3.2.3.2 Etapa de Estimación.....	47
3.2.3.3 Etapa de Diagnóstico.....	47
3.2.3.4 Etapa de Pronóstico .....	48
<b>Capítulo 4 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	49
4.1 Pronósticos generados con Box-Jenkins.....	49
4.1.1 Modelos ARIMA que presentan el mejor ajuste para los diferentes productos.....	50
4.1.2 Tablas de resultados de los pronósticos con Box Jenkins.....	53
4.2 Pronósticos generados con atenuación exponencial de Winter.....	58
4.2.1 Tabla de Resultados de los pronósticos con Atenuación Exponencial.....	58

Conclusiones .....	63
Bibliografía .....	64

# INTRODUCCIÓN

La planeación de la producción de productos perecederos o no perecederos marca una diferencia en cuanto a sus niveles de inventario. Mientras que las empresas de productos no perecederos se preocupan por establecer un balance de inversión apropiado en aquellos niveles, en comparación con los costos a que tiene que incurrir la compañía; en cambio con los productos perecederos o productos de inventario con un solo pedido los artículos no vendidos, de ese pedido, se consideran desecho. El problema consistirá entonces en determinar el tamaño del pedido.

El pan se consume durante las primeras horas después de su elaboración porque sufre procesos de "envejecimiento" y la apetencia por él disminuye progresivamente desde el momento en que sale del horno. El proceso de envejecimiento del alimento está dado por una serie de cambios: correosidad de la corteza, pérdida de volumen, aumento de opacidad de la miga y disminución de almidón soluble, que alteran la apariencia y sabor de éste provocando el rechazo por parte del consumidor, generando así el desperdicio.

El desperdicio en la industria de la panificación, por lo menos en nuestro país, representa considerables pérdidas económicas. Además, los productores de este alimento tienen que absorber el costo del desperdicio lo que provoca un aumento en el costo de fabricación y por lo tanto en el precio de venta del producto.

De este modo, prever la producción en la industria panificadora resulta muy importante. La planeación de la producción del pan está relacionada con la predicción de ventas. Es decir, hay que estimar el volumen de ventas a futuro.

Algunas metodologías basadas en modelos matemáticos marcan un camino y proporcionan buenas expectativas de desarrollo para presagiar ventas en la industria del pan, inclusive, para pronosticar la demanda de cualquier producto perecedero. Estas técnicas son utilizadas ampliamente en un gran número de países. En México, estas técnicas comienzan a hacerse presentes y a adquirir mayor importancia debido al cada día más complejo mundo de los negocios.

De todo este planteamiento surge el interés de identificar, a través de este trabajo, las metodologías adecuadas para predecir ventas en una industria de panificación y evaluar la precisión con que predice cada una de aquellas.

Este trabajo está orientado a dar respuesta a algunas interrogantes tales como: ¿Cuáles son las metodologías que se adecuan de mejor forma a los patrones de la información de ventas de una empresa panificadora?, y una vez identificadas a

aquellas surge una nueva pregunta ¿cuál de estas metodologías pronostica con mayor precisión?

El trabajo comienza con un análisis de las organizaciones vistas como sistemas. Entre estos sistemas se encuentra el sistema administrativo. Éste está encargado de llevar a cabo las tareas importantes de planeación y tomas de decisiones necesarias en la empresa panadera para disminuir el desperdicio. Los modelos de series de tiempo se proponen para pronosticar el volumen de venta de los productos panaderos que oferta una empresa pastelera.

En el capítulo 2 se analizan las serie de tiempo de los 13 productos pasteleros por medio del análisis de autocorrelación. Es aquí donde se observa que la mayoría de los productos presentan factores sistemáticos como tendencia y/o estacionalidad. Con base en esto se proponen las metodologías de Suavizamiento Exponencial de Winter y la de Box-Jenkins para realizar los pronósticos de estos productos.

En el capítulo 3 se estudian cada una de las metodologías elegidas y por último, en el capítulo 4 se lleva a cabo una comparación de la precisión de cada metodología con base en la media aritmética (MAD) resultando más preciso, para este caso particular, el método de Atenuación Exponencial de Winter.

# Capítulo 1

## ADMINISTRACIÓN Y CONTROL

### 1.1 Marco Contextual

#### ORIGEN DE LA INDUSTRIA PANIFICADORA

De acuerdo con vestigios encontrados en diversas tumbas egipcias, se cree que la panificación se fue sofisticando de tal manera que desde hace aproximadamente 3000 años antes de Cristo, los panes podían contener harina de nenúfares, miel, aceite de olivo, almendras, dátiles e higos. Para el pueblo egipcio, este alimento era básico y llegó a ser una unidad de peso y de medida, e incluso unidad monetaria.

Posteriormente, el pan empezó a contener nuevas formas, sabores y consistencias. Estas nuevas cualidades del pan se difundieron rápidamente entre los pueblos vecinos y quienes las adoptaron incluyeron nuevos y diversos ingredientes que lo enriquecían bastante. Tal es el caso de la cultura romana, de la cual los testimonios indican la existencia de panaderías ampliamente dotadas de hornos, molinos y expendios.

En la edad media la producción de productos panificables (una variedad de tipos diferentes de pan) era restringida al ámbito de los monasterios y conventos o a las casas de los señores feudales, donde se elaboraba para autoconsumo. En esta época la producción familiar desplazó a las panaderías hasta desaparecerlas. Pero, el consumo de panes se mantuvo y datos históricos revelan que durante los siglos XII y XIII la corte francesa disfrutaba de al menos 20 tipos de estos productos.

Posteriormente, el sector panadero se fue proliferando con gran auge. Hoy en día el pan es de alto consumo en el mundo, constituye uno de los alimentos básicos del hombre y es importante fuente de energía en la dieta diaria.

#### MÉXICO Y TRADICIÓN

El pan, esa pieza de innumerables formas y sabores que hoy llega a nuestras mesas y que hace la delicia de nuestro paladar no solo cumple la importante función de alimentarnos. También forma parte de la cultura y tradición de muchos pueblos en nuestro país.

En los cultos religiosos judeocristianos, por ejemplo, se utiliza como objeto ritual, al tiempo que se ofrenda a vivos y a muertos o a quienes protagonizan ceremonias sociales y religiosas de gran trascendencia, como bodas, quince años, día de reyes, por citar algunas de las más cotidianas. Por todo lo anterior se puede afirmar que los productos de panificación forman parte ineludible de nuestra cultura y tradición. Incluso, y en virtud de la diversidad cultural que existe en nuestro país, cada región de México tiene, por lo menos, una especialidad que ofrecer al mundo entero.

## LA PANADERIA MEXICANA

Por lo que respecta a México, la elaboración de pan inicia con la llegada de los españoles en 1429, y la consecuente introducción del cultivo del trigo. Así se inicio la elaboración de pan con harina americana en la nueva tierra. Los primeros cultivos se realizaron en zonas aledañas a la capital de la nueva España y posteriormente se extendieron al bajo y a los valles de Puebla y Tlaxcala. Poco a poco los indígenas aprendieron varias técnicas de cultivo y la aceptación del trigo y del pan cada vez era mayor.

Durante la colonia la producción y la venta del pan fueron permanentemente reglamentadas y para fines del siglo XVIII este alimento era parte de la alimentación de criollos, mestizos e indígenas que, en el caso de la ciudad de México, contaban con 50 panaderías para adquirir el producto de su selección.

La mecanización y el desarrollo de diferentes manufacturas no se tradujo en cambios inmediatos en la producción y venta del pan. Éste se distribuía de casa en casa mediante repartidores en bicicleta. Posteriormente se expendía en misceláneas y panaderías.

En la década de 1940 ya de este siglo, los panaderos lograron presentar su producto de una manera atractiva e higiénica debido a la mecanización de algunos procesos que facilitaron la labor de los obreros. El autoservicio, es decir, la colocación de los productos en repisas al alcance de los clientes, fue uno de los avances más significativos en la industria panadera de México, el cual se vio reforzado tanto por la introducción de hornos de "columpio", como de revolvedoras, amasadoras, molinillos, cortadoras y cámaras de fermentación y de reposo, que fueron perfeccionadas y adecuadas a las necesidades de producción y de consumo.

A partir de este momento, la industrialización y la profesionalización de la industria que nos ocupa se ha ido consolidando hasta conformar, actualmente, una industria competitiva

## PROBLEMATICA

La situación que enfrenta el sector panadero mexicano no es muy favorable. a pesar de la gran tradición y valor nutricional que significa el consumo de pan en nuestro país éste ha mostrado una tendencia a la baja. En entrevista al Act. Leopoldo González Casas presidente de la Cámara Nacional de la Industria Panificadora manifiesta que.

Entre los principales problemas que enfrenta la industria panificadora nacional se puede mencionar a la proliferación de homós clandestinos; la competencia desleal; el ambulante, que además de no pagar impuestos crea problemas de salud; la falta de apoyos crediticios; la exagerada rotación de personal especializado; la apertura a productos extranjeros; los altos precios de insumos de origen agropecuario que utiliza nuestra rama industrial, con relación a los estándares internacionales, lo cual implica que muchos productos "chatarra", como galletas o pasteles, entren a nuestro país en forma indiscriminada y con precios más bajos<sup>1</sup>

En la actualidad, la industria panificadora nacional cuenta con aproximadamente 18 mil empresas, de las cuales 40% son artesanales y negocios familiares, 45% semi-industrializadas y el 15% son automatizadas, dependiendo del grado de intervención de la mano humana en la mezcla, amasado, forja, terminado y horneado de los productos panificables.

Desde el punto de vista de la comercialización, las empresas mencionadas se clasifican en: 40% despacho tradicional; 52% con autoservicio del producto; 5% con opción a misceláneos o diversificación de mercancías y 3% tipo "boutique" de panes y repostería fina.

La empresa que nos ocupa en este trabajo, y a la que a lo largo del mismo denominaremos "*la empresa pastelera*", es semi-industrializada ya que la fabricación de pan se genera de forma artesanal pues son las manos del panadero las que elaboran las tan diversas formas en que se presenta este producto y los molinos y hornos modernos sólo se utilizan para producir la harina y para coser el pan, respectivamente. Todo inicia con la fabricación de pan en la planta semi-industrial de la empresa pastelera. En cuanto al proceso de comercialización, nuestra empresa opera de la siguiente manera:

Una vez que se fabrican los diferentes tipos de pan son enviados a diferentes sucursales, que también son propiedad de la empresa pastelera. Una sucursal es una especie de expendio grande en donde los productos panificables (elaborados en la planta) se presentan de una forma atractiva en repisas para que los consumidores lo elijan según su gusto.

La empresa pastelera es una organización que, a pesar de la gran problemática

---

<sup>1</sup> "INDUSTRIA" Organó Oficial de Información de la Industria Nacional / vol 7 No 70 Enero 1995

que enfrenta, busca medidas remediadoras mediante proyectos y programas que van desde asesorías en materia fiscal, laboral y jurídica en general, hasta estudios en administración, procesos de mejora continua, aseguramiento de la calidad, nuevas tecnologías y métodos eficaces de comercialización entre otros.

La planeación de la producción en la empresa pastelera representa un proyecto en el ámbito administrativo. La planeación en la empresa en estudio debe organizarse de tal manera que el pan se expendan en el momento preciso antes de su consumo ya que la apetencia por aquel disminuye progresivamente desde el momento en que sale del horno y esto genera desperdicio.

El desperdicio en la industria de la panificación por lo menos en nuestro país representa considerables pérdidas económicas. Además los productores de este alimento tienen que absorber el costo del desperdicio lo que provoca un aumento en el precio de venta del producto.

El planear la producción en la empresa pastelera haciendo uso de una metodología formal de pronóstico que apoye la toma de decisiones incrementa la posibilidad de ofrecer un pan "calientito" pues los consumidores no aceptan el pan frío. La producción en grandes cantidades no funciona y los industriales que han intentado elaborar pan en serie no han tenido éxito. Los volúmenes tienen que ser de la medida exacta del consumo diario. Es por esto que no es fácil decidir de que tamaño será el volumen de la producción para un día específico; principalmente por que nos enfrentamos a una situación aleatoria donde además factores externos, como el clima, juegan un papel importante en la demanda del producto

Es por lo anterior que en este trabajo se hace uso de un modelo matemático de series de tiempo como técnica para predecir el volumen de venta y así buscar que esta cantidad sea lo más parecida posible a la realidad.

El hecho de determinar con precisión el volumen diario de pan a consumirse resulta benéfico para nuestra empresa en estudio principalmente porque ofrece productos de calidad y el desperdicio, que provoca el pan no vendido, se reduce.

Por último, es importante enfatizar que el pan forma parte de nuestra cultura y tradición así como fuente de una buena nutrición. El sector panadero en México es una de las principales fuentes de empleo por lo que es importante impulsarlo; este trabajo es una aportación para el crecimiento de esta industria.

## **1.2 Planeación en la producción del pan**

La planeación se define como un proceso que se conduce a la realización de uno o más estados futuros deseados y que no es probable que ocurra sin hacer nada

al respecto<sup>1</sup>

La planeación de la producción en la empresa panadera es importante por dos principales razones: En primera porque el departamento de producción debe estar preparado con las cantidades de materias primas, maquinaria y capacidad humana necesaria para fabricar el volumen de pan que se ofertará para determinado día; y en segunda porque se desea que la cantidad producida y la cantidad vendida sean lo más parecidas posibles, y así reducir el desperdicio.

## TOMA DE DECISIONES EN LA PLANEACIÓN

Los administradores constantemente toman decisiones para planear y controlar el esfuerzo organizacional y lograr las metas preestablecidas.

Una **decisión** es la conclusión de un análisis racional de alguna situación en interés, este análisis puede ser intensivo o no según las características de la situación en particular. Según Fremont E. Kast (1994) *decidir significa adoptar una posición. Implica dos o más alternativas bajo consideración y la persona que decide tendrá que elegir entre ellas.*

El individuo que toma una decisión desea lograr algún estado distinto a su situación original y actúa como él cree que es lo más conveniente para conseguir las metas que se planteo de antemano. Su actuación depende de sus recursos limitados. De ahí la importancia de tener claros y jerarquizados los objetivos.

En el contexto de tomar decisiones, los **estados de la naturaleza** son situaciones que están fuera del control del individuo que decide y afectan o intervienen en el logro de los propósitos especificados.

En la práctica, existen diferentes clases de problemas. Podemos simplificar esta cantidad de problemas de acuerdo con los dos grupos de situaciones siguientes: Por un lado están las situaciones bien definidas que se repiten constantemente y para las cuales existe una información adecuada; este grupo recibe el nombre de **situaciones programables**. En el otro lado, se encuentran las **situaciones no-programables** las cuales son mal definidas, ocurren con poca frecuencia y no existe una información adecuada para decidir.

### *Situaciones programables*

En las organizaciones se decide acerca de situaciones rutinarias que se tienen controladas por parte del administrador. Ejemplos de éstas son el nivel de inventarios, la colocación de las maquinas y de los trabajadores, la determinación

---

<sup>1</sup> José Antonio Fernández Arena "El proceso Administrativo" Ed. Limusa 1976 México D.F.

computadora.

### *Situaciones no-programables*

Éstas no pueden resolverse sin hacer uso del juicio y experiencia del administrador. Dentro de la gama de estas situaciones se encuentran las que sólo se presentan muy esporádicamente o las que ocurren periódicamente pero requieren de enfoques modificados porque cambian los estados de la naturaleza.

Las características más importantes de una situación no programable son:

- a) Una extensa base de datos, es decir, más extensa de lo que los administradores pueden convenientemente tratar sobre una base manual.
- b) Altos requerimientos para el manejo de los datos, es decir, los datos tienen que procesarse a través de un conjunto de filtros para aportar señales, que posean un significado para el decisor.
- c) Existe un juicio para determinar cuál es el problema fundamental implicado en la situación y para generar las alternativas adecuadas.
- d) Existen interrelaciones complejas entre las variables de interés, lo cual dificulta el detectar los eslabones de causa y efecto entre ellas.
- e) Existe la multidimensionalidad: el problema posee varias dimensiones a lo largo de las cuales uno puede medir las ejecuciones, y la más relevante no se conoce siempre por adelantado.
- f) Unos grupos funcionales distintos de la organización formal están implicados: cada grupo posee una habilidad o una información necesaria, la cual debe combinarse con la información de los especialistas antes de que se llegue a un curso de acción aceptable.
- g) Existe un beneficio económico, el cual se deriva de una solución aceptable.
- h) Existe un ambiente o contexto dinámico del problema, el cual cambia rápidamente con el paso del tiempo.

El pronosticar las ventas diarias para cumplir con los dos principales objetivos en la empresa pastelera definitivamente es una situación no-programable ya que cumple con casi todas las características que se mencionan anteriormente. Una vez que se relaciona el pronosticar el volumen de ventas diarias con una situación no-programable se debe llevar a cabo el proceso racional de toma de decisiones para resolver nuestro problema, o lo que es lo mismo tomar una

situación no-programable se debe llevar a cabo el proceso racional de toma de decisiones para resolver nuestro problema, o lo que es lo mismo tomar una *decisión* que nos ayude a acercarnos a nuestro objetivo, en pocas palabras "planear"

## FASES DEL PROCESO RACIONAL DE TOMA DE DECISIONES

Los administradores desempeñan la importante tarea de resolver problemas o si se prefiere de tomar decisiones. Aunque el decidir es sólo una fase del proceso de resolver problemas, muchas veces se usan los términos "resolver problemas" o "tomar decisiones" indistintamente.

Las fases en la solución de problemas son: identificación del problema, determinación de las alternativas de solución, comparación y análisis de las alternativas posibles, selección de la alternativa más conveniente.

### \* Identificación del problema

Generalmente se reconoce la existencia de un problema cuando el administrador observa la realidad y se da cuenta de que lo que percibe no concuerda con su idea de como deben ser las cosas. Esta fase comienza con una serie de "síntomas" o situaciones que sugieren una acción remediadora. Ejemplos de estas situaciones pueden ser:

- 1.-Las ganancias brutas disminuyen
- 2.-El costo de fabricación por unidad del producto terminado se eleva
- 3.-La devolución de mercancías aumenta

Se debe, antes que nada, identificar el mayor número de signos posibles que nos lleven a admitir que existe un problema. Una vez que se afirma que existe un problema se esta en condiciones de formularlo.

La formulación de un problema comprende la delimitación del sistema y de las interrelaciones de sus partes, así como la definición de los elementos controlables y no controlables del sistema y de los objetivos que se persiguen en la solución del problema.

### \* Determinación de las alternativas de solución

Una vez que el problema se ha reconocido y delimitado se buscan los cursos de acción posibles que pueden ayudar a la solución del problema. Es importante tener definido y comprendido el sistema y su medio ambiente, para poder predecir los efectos de llevar a cabo soluciones alternativas.

Frecuentemente el administrador hace uso de su experiencia, creatividad e

ingenio para desarrollar alternativas de solución; es por esto que la gama de experiencias que haya tenido el decisor es muy importante y lo coloca en una posición superior a un tomador de decisiones sin experiencia.

En esta fase el conocer si la situación es programable o no-programable auxilia al decisor a encontrar más rápidamente una solución al problema. Por ello cabe definir una clasificación de las decisiones, que se ubica dentro de los polos programable y no-programable. Dado que la información es la materia prima para el proceso de toma de decisiones debido a que ésta se procesa y utiliza para generar soluciones posibles. Nuestra clasificación siguiente se basa en el grado de información con que cuenta el individuo que soluciona problemas con respecto a la frecuencia con que ocurren los diferentes estados de la naturaleza pertinentes.

#### a) Decisiones en condiciones de certidumbre:

Éstas ocurren cuando el individuo que decide sabe de antemano el estado de la naturaleza que ocurrirá con absoluta certeza. En tales situaciones se conoce el conjunto de estrategias posibles; así como los resultados correspondientes a cada curso de acción posible.

#### b) Decisiones en condiciones de riesgo

Cuando, por lo menos, se pueden asignar probabilidades de ocurrencia a los estados de la naturaleza pertinentes, existirá una situación de decisiones en condiciones de riesgo. Por lo regular el administrador determina las probabilidades de ocurrencia haciendo uso de su experiencia y criterio personal.

#### c) Decisiones en condiciones de incertidumbre

En estas situaciones se desconoce totalmente la probabilidad de ocurrencia de los distintos estados de la naturaleza. El administrador se enfrenta a esta clase de problemas cuando se encuentra con situaciones que nunca antes habían ocurrido. Un ejemplo de estos problemas puede ser el hecho de que una empresa, por alguna razón, requiere determinar la demanda a largo plazo de un producto nuevo lanzado al mercado.

La empresa en estudio cuenta con una fructífera información de las ventas de pan. Al analizar ésta se pueden predecir volúmenes de ventas en términos de probabilidades. Por lo tanto, la situación es de riesgo ya que aunque no sabemos que estado de la naturaleza ocurrirá si estamos en condiciones de predecir con cierto rango de error.

- Comparación y análisis de las alternativas posibles

Para evaluar dos o más cursos alternativos de acción es indispensable contar con objetivos bien definidos y establecidos en forma jerarquizada. Suena bastante lógico que la alternativa que más se acerca a nuestro objetivo establecido será la que se elija

Para llevar a cabo esta fase, el tomador de decisiones debe escoger un criterio de valoración, es decir comparar los resultados en función de los objetivos planteados.

- Selección de la alternativa más conveniente

Después de que el problema se ha reconocido y delimitado, se buscan medios alternativos para tratar el problema. La evaluación de estos medios se realiza teniendo siempre presentes los objetivos que llevaron al análisis. Finalmente la persona que soluciona problemas debe elegir la alternativa que más le convenga.

En este trabajo, el medio para hacer una comparación entre dos alternativas de pronóstico será la precisión.

### **1.3 Dispositivos de ayuda para predecir las ventas en la empresa pastelera**

Recordemos que la **toma de decisiones** es una actividad fundamental para la planeación y ésta a su vez es necesaria para administrar cualquier empresa. Pero, la empresa eficiente de nuestra época debe hacer uso en gran parte de las computadoras y de los métodos cuantitativos para manejar sus innumerables situaciones problemáticas tanto las programables como las no programables.

En la empresa pastelera se llevan a cabo enfoques tradicionales para predecir ventas. Éstos generalmente están apoyados en la intuición y experiencia de expertos. Es decir, utilizan el enfoque convencional siguiendo técnicas y soluciones pasadas y como es tan estático, a menudo tiene muy poco que ofrecer para el mejoramiento del problema porque está en contraposición con la dinámica de la situación.

Aquí se pretende utilizar un enfoque diferente el cual corresponde a una sistematización, que utiliza el concepto de sistemas teóricos que pueden ser ligeramente distintos del problema actual que se estudia. Este enfoque nos conduce a la Investigación de Operaciones.

# INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

## *Antecedentes*

Durante la historia de la humanidad, los eventos que imponen incertidumbre se han presentado siempre. Estos sucesos se relacionan con hechos importantes, que han llamado la atención de muchos especialistas. En el siglo XVI se practicaban con gran auge los juegos de azar (ruleta, cartas, etc.) habiendo de por medio pérdidas de grandes fortunas. Estos juegos azarosos comenzaron a ser tratados en términos de probabilidades por Pascal y Fermat. Más adelante algunos estudiosos como Bernoulli, Abraham Moivre, Laplace, Balles y Rémond de Montmort contribuyeron a la construcción de la teoría de la probabilidad y sus diversas aplicaciones. Por esa misma época se incrementa la necesidad de poseer datos en cifras sobre la población y sus condiciones de existencia, con lo que la palabra estadística es introducida por el economista alemán Gottfried achenwall. Durante más de un siglo, el desarrollo de la estadística prosiguió en los campos demográficos y económicos, en vistas a la consecución de cuadros descriptivos de una situación. A partir del siglo XIX Laplace en su teoría de las probabilidades, demostró el papel que la estadística puede desempeñar en el estudio de los fenómenos naturales, lo cuál condujo al método estadístico.

Por otra parte, a partir del siglo XVIII surgen transformaciones económicas y sociales producidas en diversas partes del mundo con el desarrollo de la industria moderna. Estas transformaciones caracterizadas, principalmente, por una aceleración de la producción, de la productividad y de la inversión se denominaron "Revolución Industrial", la cual conlleva a la masificación de la producción.

En el comienzo del siglo actual se hace patente la necesidad de construir los conceptos administrativos y su práctica debido al enorme crecimiento de las organizaciones y a la masificación de la producción provocado todo esto por la Revolución Industrial.

La segunda guerra mundial creó problemas de asignación de recursos, programación de la producción y control de calidad nunca antes vistos. En un intento por darles solución a éste tipo de problemas, haciendo uso de modelos matemáticos surge lo que conocemos en nuestros días como "Investigación de Operaciones"<sup>1</sup>. Simultáneamente, aparece una herramienta crucial: la **Computadora**, y ésta con sus atributos viene a revolucionar el campo de los modelos matemáticos, facilitando su uso.

La Investigación de Operaciones, la Probabilidad, la Estadística y la Computadora significan una unión que sirve de apoyo para tratar problemas administrativos,

---

<sup>1</sup> Ciencia en la que se analizan los problemas a través de la construcción de modelos matemáticos

entre ellos el hacer pronósticos de hechos futuros que no pueden ser determinados sin experimentar incertidumbre.

### *Definición*

La ciencia que resuelve problemas regularmente administrativos por medio del planteamiento y solución de modelos es ampliamente conocida y usada en varios países desarrollados. Esta ciencia llamada Investigación de Operaciones *"proporciona los medios para determinar normas eficaces sin el menor error posible. Básicamente la Investigación de operaciones es una extensión adicional de los instrumentos administrativos para la toma de decisiones"*(Buffa, 1994).

Tomando en cuenta las herramientas que hay para la mejora de la administración y la toma de decisiones en las empresas, por medio de modelos matemáticos; La empresa pastelera cuenta con la alternativa de utilizar los métodos cuantitativos para así obtener beneficios.

### **1.3.1 Modelos Matemáticos**

Un **modelo** es un dispositivo mediante el cual se representa de forma simplificada un sistema o fenómeno con el fin de aumentar la comprensión y manipulación de este último<sup>2</sup>.

En la administración, es importante que el modelo, que representa una situación problemática, incluya las características esenciales de la situación en estudio así como las interrelaciones de sus elementos que determinan causas y efectos.

Existen diferentes clases de modelos. Sin embargo, en la administración, los modelos matemáticos son esencialmente los que se utilizan. Debido a su fácil comprensión y manipulación de los elementos que conforman el sistema.

En la actualidad, debido al gran desarrollo de las computadoras, estos modelos resultan más fáciles de aplicar en la solución de problemas administrativos y así obtener mejoras de mucho mayor alcance en la toma de decisiones.

Es indudable que el uso de la Computadora como herramienta de trabajo ha mejorado los procesos administrativos de rutina. Pero ahora también es de gran utilidad en la aplicación de modelos matemáticos para resolver problemas más complejos como el de la toma de decisiones para planear la producción. Por lo anterior es importante destacar la colaboración de las computadoras, ya que unidas a los modelos más avanzados están comenzando a cambiar las prácticas administrativas y los conceptos de toma de decisiones dentro de las empresas de negocios.

---

<sup>2</sup> Buffa "Ciencias de la Administración e Investigación de Operaciones" De. Limusa 1994

En el campo de las ciencias administrativas<sup>1</sup> el administrador o tomador de decisiones debe ser capaz de reconocer situaciones donde algún modelo se pueda utilizar con eficacia. Uno de los auxiliares más poderosos en la solución de problemas es el empleo de analogías, es decir mostrar agilidad en la identificación de un problema real con algún modelo ya establecido.

Por otro lado, hay que recordar que el proceso de solución de problemas consiste de encontrar un problema, definirlo, escoger alternativas de solución y seleccionar la mejor para llevarla a la práctica. Es evidente que cada función de aquel proceso requieren insumos de juicio por parte del administrador. Pero ¿En qué momento del proceso de toma de decisiones se emplean los modelos matemáticos? los modelos se emplean como auxiliares para cubrir funciones que se encuentran después de haber delimitado el problema y antes de la selección de la alternativa de solución; entre estas funciones se encuentra el predecir el medio ambiente (caso de estudio), proporcionar una definición del sistema que ayude a pronosticar éste, determinar la estrategia de evaluación e identificar alternativas de solución. De acuerdo a las anteriores funciones los modelos se pueden clasificar en:

### 1) Modelos Evaluativos

Este grupo de modelos son requeridos generalmente para seleccionar la alternativa que más concordancia tenga con la idea de "como deben ser las cosas". Estos dispositivos son requeridos en situaciones donde se sabe, ya sea con certeza o por medio de probabilidades, como operan las cosas, haciendo uso de la teoría de las decisiones.

### 2) Modelos Predictivos

En este grupo cabe una clasificación más que corresponde a los modelos para predecir el medio<sup>1</sup> y los modelos para predecir el comportamiento del sistema. Los primeros predicen el comportamiento futuro de algún fenómeno como es el caso de las ventas panaderas. En lo que respecta a los segundos ayudan a comprender el funcionamiento del sistema y de esta forma se hace posible el poder pronosticarlo. Este tipo de modelos son necesarios cuando no se es capaz, por situaciones de riesgo e incertidumbre, de controlar los efectos del medio ambiente en el sistema. Muchos de estos dispositivos, los cuales involucran incertidumbre, se basan en los campos de la teoría de líneas de espera y de simulación de Monte Carlo

### 3) Modelos de optimización

Esta tercera clase de modelos es una combinación de los anteriores según

---

<sup>1</sup> área de la Administración dedicada a la resolución de problemas a través de modelos matemáticos

<sup>1</sup> Este tipo de modelos son precisamente los que se utilizan en este trabajo

finalidad del modelo Pero, si hablamos de su construcción tendríamos que referirnos a modelos analíticos/numéricos; lineales/no-lineales; aleatorios/determinísticos; estáticos/dinámicos; fabricados/prefabricados.

### 1.3.2 El modelo de Series de Tiempo

Una serie de tiempo es una sucesión de datos ordenados a través del tiempo. El análisis de series de tiempo en los últimos años a tomado gran fuerza en la toma de decisiones debido a sus características de descripción, explicación, pronóstico y control

Conforme al criterio de Box and Jenkins 1976, una serie de tiempo formada por los datos numéricos de algún fenómeno es un modelo que cuenta con patrones sistemáticos pasados que es muy probable que se repitan en el plazo inmediato. Estos patrones básicos en las series de tiempo son:

*Horizontalidad.* Se dice que existe horizontalidad cuando una serie de tiempo no muestra una tendencia determinada.

*Tendencia.* Esta componente determina la dirección que siguen los datos en un periodo de tiempo largo. La tendencia puede ser ascendente o descendente.

*Vanación Estacional.* Es el comportamiento de los datos que se repiten durante la serie, en periodos no mayores de un año. Algunas de sus causas se deben a condiciones climatológicas y festividades. En el caso de las ventas del pan existe una variación estacional que se repite cada siete días debido a que los fines de semana las ventas se incrementan.

*Ciclo.* Este patrón es un poco parecido al de la estacionalidad solo que las fluctuaciones ocurren más lentamente. Es decir, representa los movimientos a muy largo plazo de la serie.

*Fluctuación Aleatoria.* Son movimientos impredecibles, que no pueden ser determinados o explicados.

El análisis de series de tiempo, suele descomponer éstas en sus componentes anteriores. La tendencia y la estacionalidad en una serie se pueden medir fácilmente, por el contrario, el ciclo y la fluctuación aleatoria son difíciles de medir. Así, podemos considerar que la tendencia y estacionalidad constituyen la parte determinística de la serie de tiempo.

El análisis de series de tiempo tiene múltiples aplicaciones, dentro de las más importantes tenemos, el análisis para obtener pronósticos a corto plazo haciendo uso de metodologías de pronóstico para las cuales su desarrollo resulta sencillo usando paquetes estadísticos computacionales. Entre las metodologías apropiadas para el corto plazo se encuentran las llamadas extrapolativas:

Así, podemos considerar que la tendencia y estacionalidad constituyen la parte determinística de la serie de tiempo.

El análisis de series de tiempo tiene múltiples aplicaciones, dentro de las más importantes tenemos, el análisis para obtener pronósticos a corto plazo haciendo uso de metodologías de pronóstico para las cuales su desarrollo resulta sencillo usando paquetes estadísticos computacionales. Entre las metodologías apropiadas para el corto plazo se encuentran las llamadas extrapolativas: Promedios Móviles, Suavizamiento Exponencial, Box- Jenkins y Métodos de Descomposición.

A continuación se describirán cada una de estas metodologías con el fin de estudiar en que consisten y que requerimientos de datos necesitan. La metodología de Atenuación Exponencial y la metodología Box- Jenkins son las que se utilizan para trabajar con las ventas de la empresa pastelera debido a que, como se verá más adelante, son las más adecuadas.

## METODOLOGÍAS DE EXTRAPOLACIÓN

Las metodologías extrapolativas proporcionan pautas útiles a los dirigentes de los negocios para proyectar tendencias futuras sobre todo a corto plazo. El utilizar aquellas en casos específicos como complemento del juicio y la experiencia para preanunciar alguna variable resulta apropiado.

En el caso de la empresa pastelera; lo que se desea es pronosticar las ventas diarias (a corto plazo) de los distintos productos a través de una metodología extrapolativa. Si el hecho de que los factores del pasado se repitieran o tuvieran un comportamiento similar en el futuro corto, como lo suponen los métodos extrapolativos se cumpliera, éstos serían apropiados y efectivos para predecir las ventas de los productos panaderos. Por el contrario, estas metodologías, resultan ser no muy apropiadas para el mediano o el largo plazo debido a que es más probable que los factores del pasado se repitan.

A continuación se explica en qué consiste cada una de las metodologías extrapolativas

### • Promedios Móviles

Un promedio móvil es la media de  $m$  datos que pertenecen a un conjunto mayor de  $n$  datos, donde  $m$  es el subconjunto de datos más recientes. Es decir, el promedio móvil es un promedio de observaciones ponderadas ya que se le da mayor peso a las observaciones recientes<sup>1</sup>.

La metodología de promedios móviles pretende "suavizar" la serie de tiempo

---

<sup>1</sup> Makridakis/Wheeler/McGEE "Forecasting. Methods and Applications" Wiley, 1983

eliminando los valles a través del promedio obteniendo así una gráfica más suave.

Este tipo de modelo funciona mejor con datos estacionarios, es decir datos que no contengan tendencia. Para llevar a cabo pronósticos con esta metodología se requiere un número reducido de datos.

- Suavizamiento Exponencial

El suavizamiento exponencial es un tipo específico de promedio móvil, dado que se basa en el promedio de valores anteriores de una serie pero realizando éste en forma decreciente.

Este procedimiento es en sí una operación de ajuste en los errores del pronóstico anterior y esto se realiza dando un peso *diferido entre cero y uno* a los datos pasados; ahí el promedio está pesándose o modificándose en proporción al error del periodo de datos previo. El error del pronóstico se define como el valor real menos el valor pronosticado; la fracción debe estar comprendida entre cero y uno y se le llama **constante de atenuación**.

Este procedimiento es uno de los más solicitados en el rango del corto plazo. Se debe, quizás, a que es una técnica de fácil manejo y requiere de poca información pasada, ventaja que resulta muy especial en la práctica sobre todo para empresas que manejan un cierto volumen de productos y servicios, en las cuales el almacenamiento y procesamiento de la información hace que hasta un sencillo promedio se convierta en algo abrumador.

Esta metodología para datos estacionarios también se adapta para manejar datos con tendencia y estacionalidad.

- Box- Jenkins

La metodología más compleja en cuanto a su comprensión matemática pero también la más certera en cuanto a la precisión de los pronósticos. Haciendo uso de modelos matemáticos de tipo estocástico ARMA (autorregresivos y de medias móviles).

Los modelos de Box- Jenkins utilizan la autorregresión (AR) y los promedios móviles (MA). La autorregresión es el proceso que permite determinar la relación estadística entre las cifras de una serie de tiempo. Ésta se basa en el supuesto de que algún elemento de la serie depende de los elementos anteriores. Por otro lado están los promedios móviles (MA) los cuales tienen su esencia en los errores anteriores y del promedio de datos pasados. La suma promedio de los datos pasados y una proporción del error se usan para preparar el pronóstico.

costo de un computador eficiente y tiempo empleado para todo lo anterior.

- Métodos por descomposición

Un enfoque al análisis de series de tiempo lo representa el procedimiento de descomposición; el cual es un intento de identificar los factores que ejercen influencia sobre cada uno de los valores periódicos de una serie. Así, para analizar la serie se da un proceso de descomposición haciendo uso de las distintas componentes de una serie de tiempo. Una vez que se han identificado las componentes éstas se reintegran a la serie para generar el pronóstico.

Esta metodología es útil cuando, por algunas circunstancias, más que generar un pronóstico se desea identificar los factores de tendencia y estación en una serie de tiempo y con esto tener conocimiento del comportamiento del fenómeno que representa dicha serie.

El método de descomposición no resulta muy ideal para generar pronósticos porque estudia al todo en partes separadas sin establecer relaciones.

- Métodos utilizando curvas de tendencia

Si tuviéramos una serie semejante a una línea recta o a alguna curva; pronosticar un estado futuro suponiendo que el patrón de los datos permanecerá constante en un futuro corto resultaría sencillo.

Los procedimientos utilizando curvas de tendencia resultan ser los más sencillos en cuanto a su desarrollo matemático fáciles de usar y de comprender, añadiendo a lo anterior que para su desarrollo es requerido un número pequeño de datos.

Su desarrollo se reduce a graficar los datos y pronosticar con base en la ecuación de la gráfica que sugieran éstos. Realmente este método no es muy recomendable en el ámbito administrativo; esto se debe a que en la práctica empresarial no es muy común encontrar series de tiempo tan ideales.

## 1.4 El Proceso Administrativo

La administración es el proceso de alcanzar ciertos fines mediante la planeación, la organización y la integración de recursos, así como la dirección y control de esfuerzos de los miembros de las organizaciones tal como los demás recursos de ella para alcanzar las metas establecidas.

En cuanto a los fines, según Ackoff(1991), son los resultados que persiguen las acciones y son de tres tipos:

- 1) La metas; Son los fines que se esperan alcanzar dentro del periodo cubierto

la organización y la integración de recursos, así como la dirección y control de esfuerzos de los miembros de las organizaciones tal como los demás recursos de ella para alcanzar las metas establecidas.

En cuanto a los fines, según Ackoff(1991), son los resultados que persiguen las acciones y son de tres tipos:

- 1) La metas; Son los fines que se esperan alcanzar dentro del periodo cubierto por el plan
- 2) Los objetivos, Son los fines que no se esperan alcanzar sino hasta después del período para el que se planea, pero hacia lo que sí se puede avanzar dentro de este periodo.
- 3) Los ideales; Los ideales son los fines que se suponen inalcanzables pero hacia los cuales se cree que es posible alcanzar.

A partir de las conceptualizaciones anteriores se concluye que en la fijación de objetivos; las metas representan medios para alcanzar objetivos y éstos a su vez ayudan a perseguir ideales.

Administrar como ya se mencionó es dirigir y controlar; éstas son las funciones *básicas de quien asume la responsabilidad de administrar la totalidad o parte de la organización*. En sí, el proceso de establecer los controles y las direcciones necesarias obliga al o a los administradores a fijar objetivos, elaborar planes, poner en práctica esos planes y evaluar su resultado. Para realizar estas actividades el administrador toma decisiones, las cuales pueden ser tomadas con ayuda de técnicas matemáticas, para que sean realmente de gran utilidad para los fines de cada situación.

En cuanto a los medios para alcanzar los fines (planeación, integración de recursos, organización, aplicación y control) Fremont E. Kast, 1994 los define de la siguiente manera.

## PLANEACION

Cuando se tienen establecidos los propósitos del sistema; al procedimiento de definir los mejores medios de alcanzarlos se le llama Planeación. Es claro que este proceso equivale a tomar decisiones pero la toma de decisiones no siempre equivale a planear.

## INTEGRACION DE RECURSOS

Para ejecutar planes establecidos por la Organización los recursos financieros, materiales, humanos y tecnológicos deben ser integrados eficazmente por parte

del administrador.

## ORGANIZACION

Después de que se integran los recursos necesarios, el administrador desarrolla un diseño estructural para la mejor realización posible de las tareas.

## APLICACION

Es la implementación de los medios elegidos para llegar a los objetivos preestablecidos. Esto comprende el esfuerzo de la organización tal como fue planeado.

## CONTROL

Controlar es la función administrativa referente a mantener la actividad de la organización dentro de los límites permitidos de acuerdo con las expectativas. Esta función se encuentra estrechamente relacionada con la planeación ya que los planes son un marco de referencia para el control.

En resumen, la empresa moderna debe hacer uso de los sistemas computacionales no sólo para realizar sus tareas rutinarias sino también para apoyar la toma de decisiones en la planeación.

La planeación de la producción del pan es una *tarea fundamental en la administración de la empresa pastelera*, aquella consiste, entre otras cosas, en predecir las ventas del pan de modo que la cantidad pronosticada sea lo más parecida posible a la cantidad vendida.

Los modelos matemáticos especialmente el de series de tiempo son un dispositivo que ayuda a predecir de mejor forma un conjunto de datos numérico como es el caso de la colección de ventas diarias de pan.

Las metodologías de suavizamiento exponencial y de Box-Jenkins son recomendadas para series de tiempo al corto plazo y resultan convenientes para predecir las ventas de productos panaderos ya que son reconocidas como mejores medios de pronóstico en comparación con los métodos de descomposición, promedios móviles y curvas de tendencia.

## Capítulo 2

# VISIÓN DEL FUTURO MEDIANTE SERIES DE TIEMPO

En el capítulo anterior se mencionó a los modelos de series de tiempo como una herramienta importante para llevar a cabo el pronóstico de ventas de los productos panaderos a partir de sus datos históricos.

En el presente capítulo se analizarán las series de tiempo de 13 productos panaderos que oferta la empresa pastelera, así como la función de autocorrelación de cada uno de ellos. Dichas series representan las ventas diarias del mes de abril al mes de junio del año de 1996.

El análisis que se llevará a cabo es de suma importancia ya que, debido al papel que juegan los pronósticos de ventas en la industria del pan por tratarse de productos perecederos, es necesario conocer el comportamiento de las series para elegir una metodología adecuada para generar un pronóstico lo más preciso posible.

### 2.1 Exploración de los patrones de los datos de ventas panaderas

Recordemos que un conjunto de datos ordenados cronológicamente se denomina serie de tiempo. Los componentes de una serie de tiempo son: tendencia, estacionalidad, ciclo y aleatoriedad. La importancia de conocer con cuales de estos componentes cuenta una serie específica radica en que, en base a esto, se puede elegir una metodología de pronóstico que explote al máximo la información contenida en los datos.

#### 2.1.1 Análisis de Autocorrelación

##### CORRELACIÓN

Como se sabe, la correlación entre dos variables se refiere al grado de asociación lineal entre ellas. Así, en el análisis de correlación se mide esta asociación lineal por medio del coeficiente de correlación.

Al coeficiente de correlación puede tomar un valor entre  $-1$  y  $1$ , dos variables con una asociación negativa linealmente perfecta (si la primera variable aumenta y la segunda disminuye) tienen un coeficiente de correlación igual a  $-1$ . Por el

contrario, dos variables con una relación positiva perfecta tienen un coeficiente de correlación igual a 1.

Por lo tanto un valor de cero para dicho coeficiente entre dos variables indica que no se puede explicar una variable en base de la otra.

### AUTOCORRELACIÓN<sup>1</sup>

De la misma forma que se puede medir la correlación o el grado de asociación entre dos variables, también es posible medir la correlación que existe entre un valor de una serie de tiempo con otro valor que está un número fijo de periodos atrás de él. Esto lo ejemplificaremos de la siguiente manera:

Supongamos que se tienen los siguientes datos; 1,2,5,6,7,8,9,5 al desfazar éstos un periodo y relacionarlos con los datos originales se tendrá lo siguiente

Datos originales	Datos desfasados
1	
2	1
5	2
4	5
7	4
2	7
3	2
5	3

Este conjunto de datos se analiza de la misma manera que en la correlación. Es decir cada columna de datos se toma como una variable y con esto se analiza si se puede explicar una variable en base a la otra aunque sabemos que se trata de la misma variable pero desfasada un número fijo de periodos.

Formalmente, la autocorrelación es la correlación existente entre una variable desfasada uno o más periodos y la misma variable.

Comúnmente se usa la siguiente ecuación para calcular el coeficiente de autocorrelación de primer orden:

---

<sup>1</sup> Hanke Reitsch "Pronósticos en los Negocios" Quinta Edición, México 1996

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{n-1} (y_t - \bar{y})(y_{t-1} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2}$$

donde:

$r_1$ : = coeficiente de autocorrelación de primer orden

$\bar{y}$  = media de los valores de la serie

$y_t$  = observación en el periodo t

$y_{t-1}$  = observación en un periodo anterior.

Para calcular este coeficiente en el periodo de orden k se utiliza la siguiente ecuación

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (y_t - \bar{y})(y_{t-k} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2}$$

donde:

$r_k$  = coeficiente de autocorrelación de orden k

$\bar{y}$  = media de los valores de la serie

$y_t$  = observación en el periodo t

$y_{t-k}$  = observación en k periodos anteriores

## CORRELOGRAMA

Un correlograma es una útil herramienta gráfica para exhibir autocorrelaciones para varios desfases o valores de k de una serie de tiempo. Esta gráfica genera la mayoría de los paquetes de cómputo para serie de tiempo y es muy usada para indagar patrones en una serie.

Así, el correlograma es la gráfica por medio de la cual se representa la función de Autocorrelación de una serie de tiempo y esta se define como la colección de autocorrelaciones individuales correspondientes a los retrasos  $k=1,2,3$ , hasta algún retraso máximo seleccionado.

Una autocorrelación mide la correlación entre un valor observado y otro, separándolos cierta longitud k. Una autocorrelación parcial (PACF) mide el efecto "parcial" de algún valor en una serie de tiempo para explicar el comportamiento del valor anterior a éste manteniéndose fijos los valores preestablecidos de aquel. Esta función se estudiará en el capítulo 3.

La función de autocorrelación sirve para identificar, en una serie de tiempo, aspectos importantes como la existencia de: aleatoriedad, tendencia o no estacionaridad y estacionalidad.

Si una serie de tiempo es aleatoria o no presenta ningún patrón sistemático los coeficientes de autocorrelación en la FAC serán cercanos a cero. Lo anterior refleja que los valores sucesivos de la serie de tiempo no guardan relación entre sí

Si una serie de tiempo tiene tendencia, los valores estarán altamente correlacionados y los coeficientes de autocorrelación serán diferentes de cero de manera significativa para los primeros periodos de desfase y decrecerán lentamente a cero al incrementarse el número de periodos. Lo anterior refleja que los valores de la serie están altamente correlacionados.

Si una serie tiene un patrón estacional el correlograma expresará un coeficiente de autocorrelación significativo en el periodo de desfase correspondiente al periodo estacional "s". Por ejemplo, en el caso de los productos panaderos los coeficientes de autocorrelación resultarán significativos cada 7 periodos debido a que los fines de semana las ventas son más altas con respecto a los demás días<sup>2</sup>

### 1.2.2 .Análisis de 15 productos panaderos

La empresa pastelera cuenta con una gran variedad de productos, entre los cuales se encuentra una clase especial que se caracteriza por contener productos que son pastelillos dulces. A continuación se dará la descripción de cada producto con el fin de tener mayor conocimiento de cada variable y así relacionar los resultados obtenidos en el próximo análisis de este capítulo con las características de cada producto.

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN
1	Suave pastelito de pan de pasta choux relleno de crema chantilly y decorado con azúcar glass.
2	Suave pastelito alargado de pan de pasta choux relleno de crema chantilly sabor café y decorado con ralladura de chocolate.
3	Suave pastelito alargado de pan de pasta choux, relleno de crema sabor chocolate y cubierto con fondant sabor moka.

<sup>2</sup> IDEM

4	Tarta redonda con base de pasta sable rellena de crema pastelera, decorada con durazno en almíbar, crema chantilly y mermelada de mango.
5	Tarta redonda con base de pasta sable rellena de crema pastelera, decorada con piña en almíbar, crema chantilly y mermelada de piña
6	Tarta alargada con base de pasta sable rellena de mermelada de fresa y decorada con fresas enteras.
7	Tarta redonda con base de pasta sable rellena de crema pastelera acompañada de trozos de piña en almíbar.
8	Tarta redonda con base de pasta sable sabor chocolate rellena de crema de chocolate y decorada con salsa y ralladura de chocolate.
9	Tarta redonda con base de pasta sable rellena con crema de maracuya y amaranto o chispas de chocolate
10	Vaso que contiene pequeños círculos de mamón salón bañados con jarabe marrasquino y cubiertos con crema salón y ralladura de chocolate.
11	Galleta envinada rellena con crema de vainilla, café, chocolate o fresa y cubierta con fondant del mismo sabor
12	Pastelito de chocolate con nuez acompañado de mantequilla sabor chocolate y decorado con crema de chantilly sabor café y ralladura de chocolate.
13	Crujiente merengue horneado relleno con crema chantilly

A continuación se muestran dos gráficas de cada producto; la primera es la serie de tiempo que muestra las ventas registradas desde el lunes 1 de abril hasta el domingo 30 de junio de 1996; la serie cuenta con 91 registros de ventas diarias, tomando en cuenta que abril consta de 30 días, mayo de 31 y junio de 30 se tienen 91 datos. La segunda es la función de autocorrelación que muestra más de 20 periodos desfasados, lo cual es suficiente para interpretar esta gráfica. La interpretación de las 2 gráficas de cada producto se realiza de la siguiente manera: En la serie de tiempo se analiza a simple vista si los datos graficados muestran crecimiento, decrecimiento o estabilidad; la función de autocorrelación

es la forma de observar matemáticamente lo que a simple vista sugiere la serie de tiempo. En la gráfica de autocorrelación el eje de las abscisas representa el número de periodos desfasados y el eje de las ordenadas representa el valor del coeficiente de autocorrelación; un coeficiente significativo es aquel que rebasa las bandas de confianza que se pueden observar con líneas puntiagudas en la gráfica de la función de autocorrelación. Por lo regular un coeficiente de autocorrelación con un valor de 0.3 ya se puede considerar significativo.

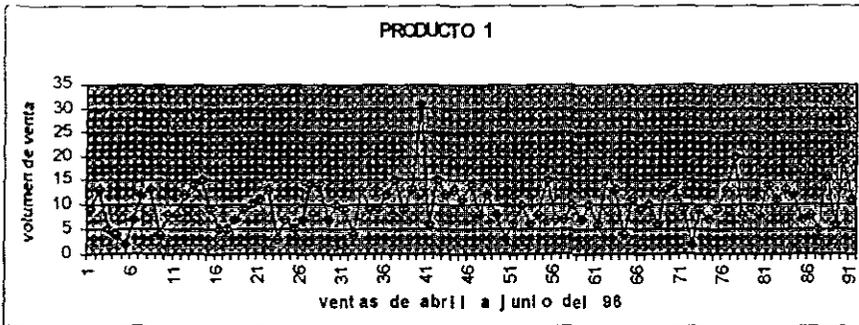
En general para las 13 series de tiempo que se analizan enseguida, se observa en la mayoría de éstas la existencia de un patrón estacional con periodo de siete días el cual se verifica observando en la gráfica de la función de autocorrelación que en los periodos multiples de 7 el valor es significativo.

La mayoría de las series presentan un crecimiento en el último mes. Pero algunas muestran un decrecimiento también en el último mes. Esto se verifica en la función de autocorrelación observando que el valor de los primeros coeficientes es significativo

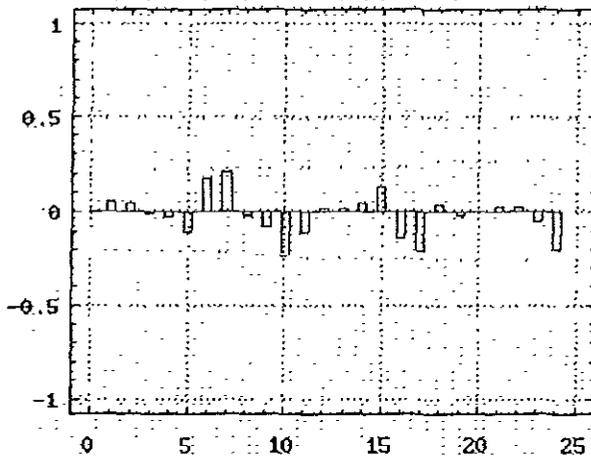
Por último cabe hacer mención que la mayoría de las series muestran un máximo correspondiente al día 10 de mayo.

También es importante mencionar que hay algunos productos que tienen comportamientos parecidos.

# PRODUCTO 1



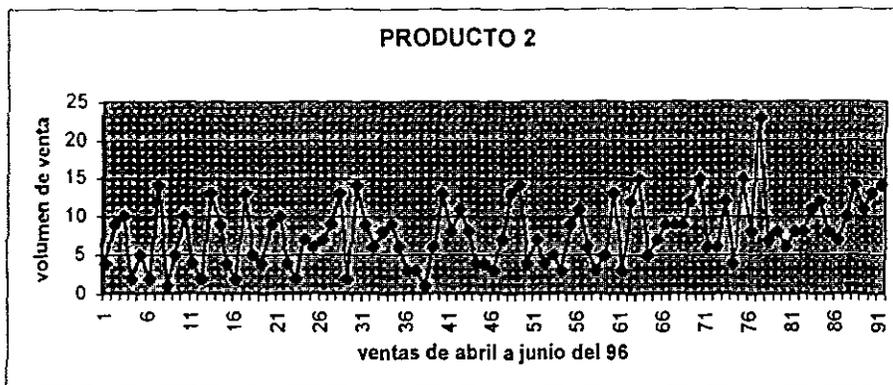
Gráfica 2.1



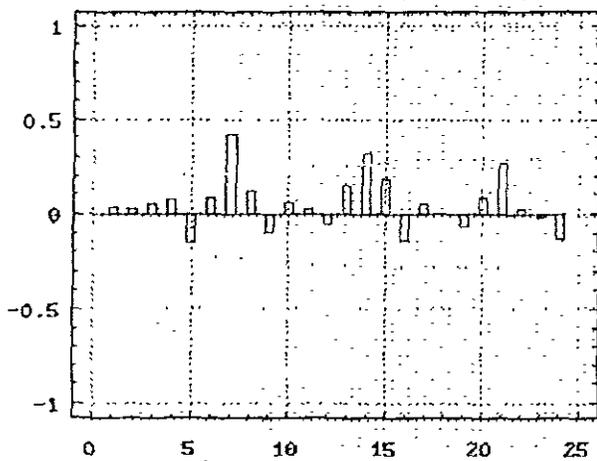
Gráfica 2.2

Las presentes gráficas muestran que la serie de tiempo no tiene tendencia ya que como se mencionó anteriormente si existiera ésta los coeficientes de autocorrelación en la gráfica 2.2 serían altamente significativos en los primeros períodos. Además en la gráfica 2.1 no se observa algún crecimiento o decrecimiento.

PRODUCTO 2



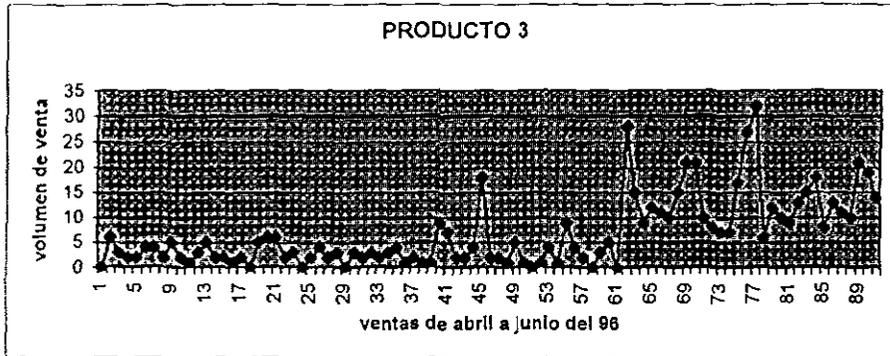
Gráfica 2.3



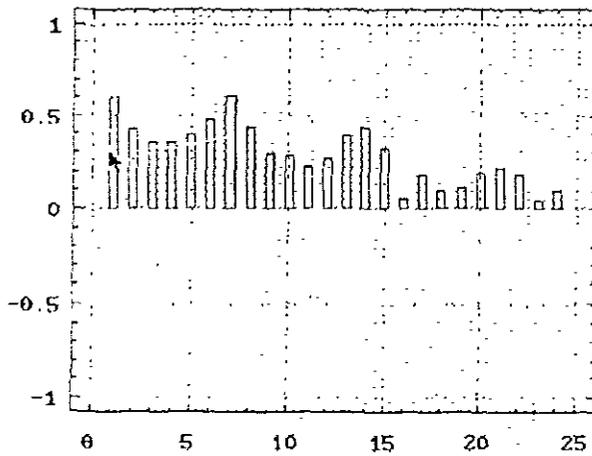
Gráfica 2.4

En la serie de tiempo se observa una varianza irregular debido a que en el último mes ya no existen registros de ventas menores a las cinco piezas. Sin embargo no hay una tendencia clara ya que ni la gráfica de la serie ni el correlograma lo sugieren. El correlograma expresa la existencia de coeficientes significativos cada siete periodos.

### PRODUCTO 3



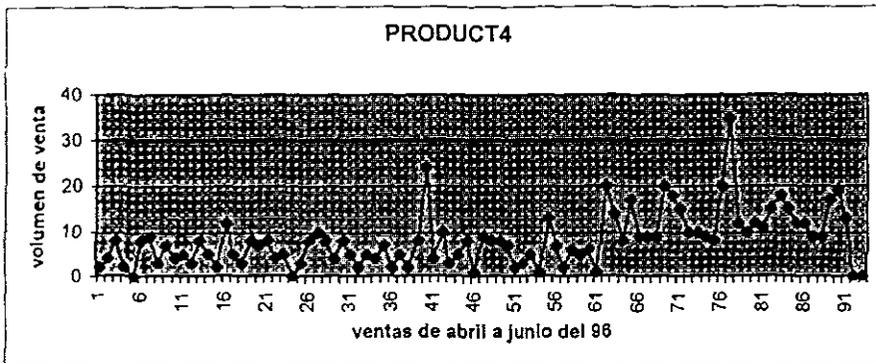
Gráfica 2.5



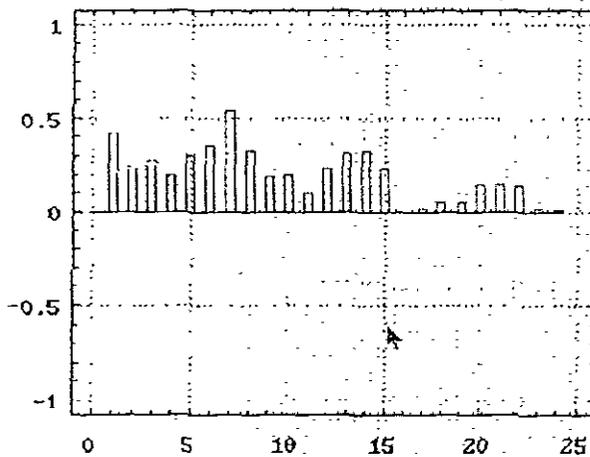
Gráfica 2.6

Tanto el correlograma como la serie de tiempo reflejan una tendencia muy marcada. El correlograma muestra que los coeficientes más significativos aparecen cada siete periodos

## PRODUCTO 4



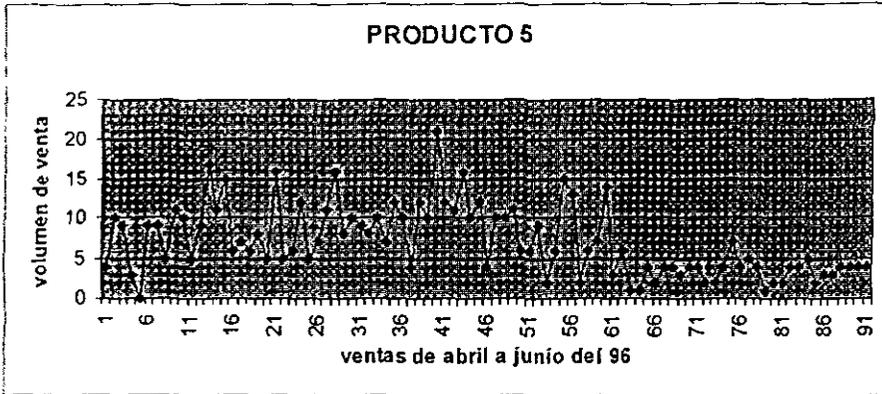
Gráfica 2.7



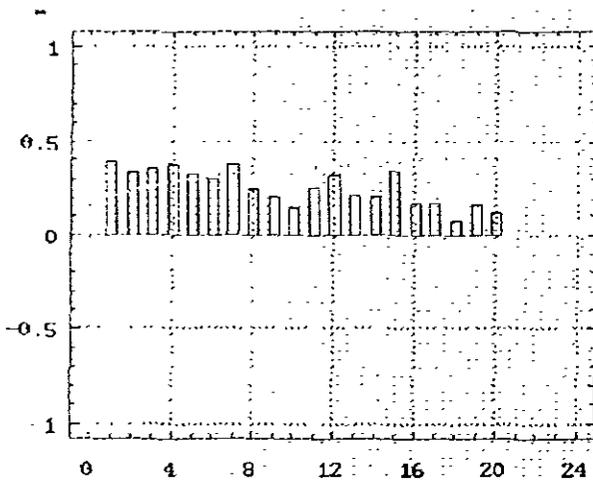
Gráfica 2.8

La serie de tiempo como el correlograma exhiben una notable tendencia creciente. Ya que a partir del último mes las ventas se elevaron. Este producto presente un comportamiento muy similar al producto anterior (producto3)

PRODUCTO 5



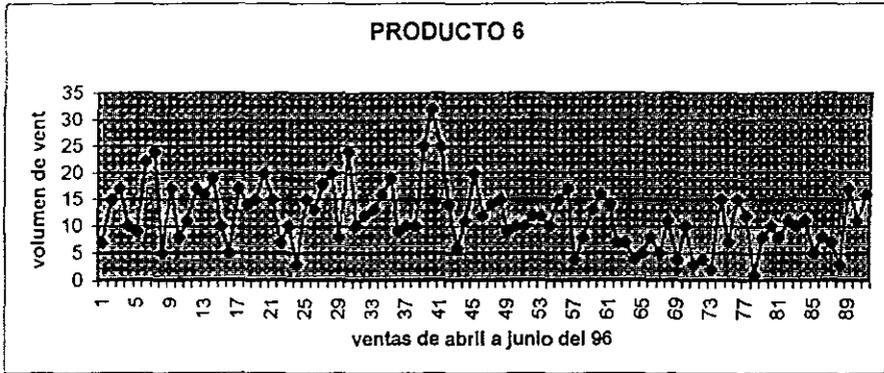
Gráfica 2.9



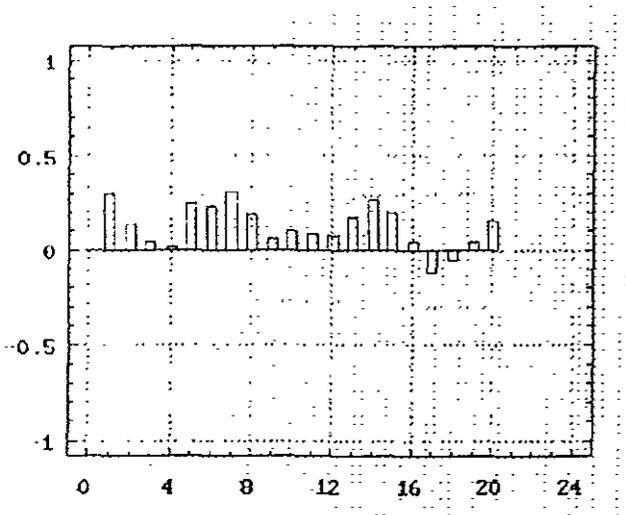
Gráfica 2.10

La serie de tiempo y el correlograma muestran la existencia de tendencia decreciente. En el correlograma se puede observar que los coeficientes significativos son cada siete periodos. Es curioso hacer notar que este producto se comporta en forma opuesta a los dos productos anteriores. Es decir mientras que en los dos productos anteriores las ventas aumentaron en el último mes en el presente producto las ventas disminuyeron.

PRODUCTO 6



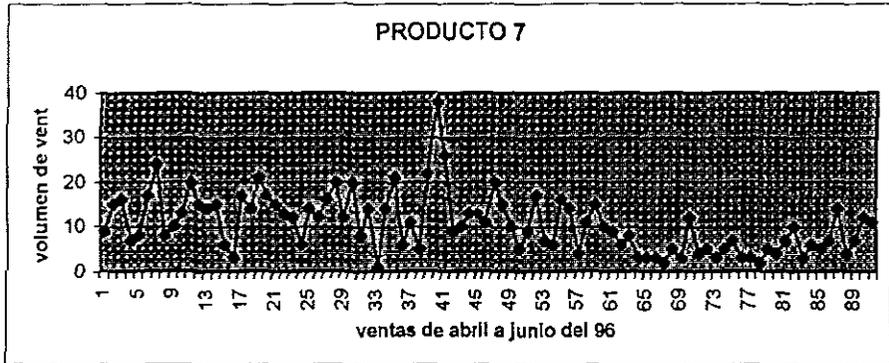
Gráfica 2.11



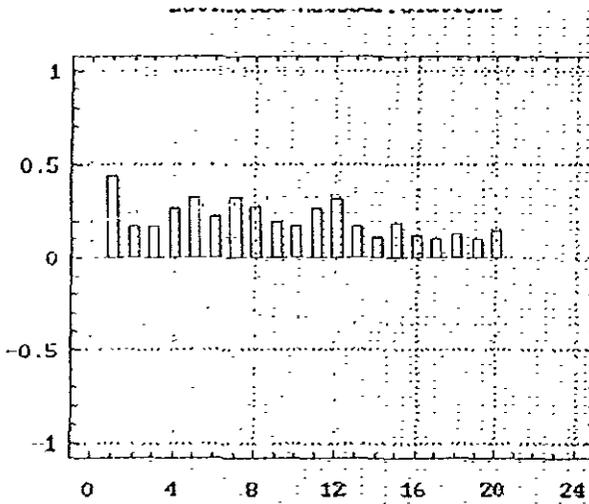
Gráfica 2.12

La serie de tiempo refleja una varianza irregular. Se observan tres periodos correspondientes a cada mes. Es posible que exista una tendencia ligeramente decreciente a lo largo de la serie misma que se refleja en el correlograma.

## PRODUCTO 7



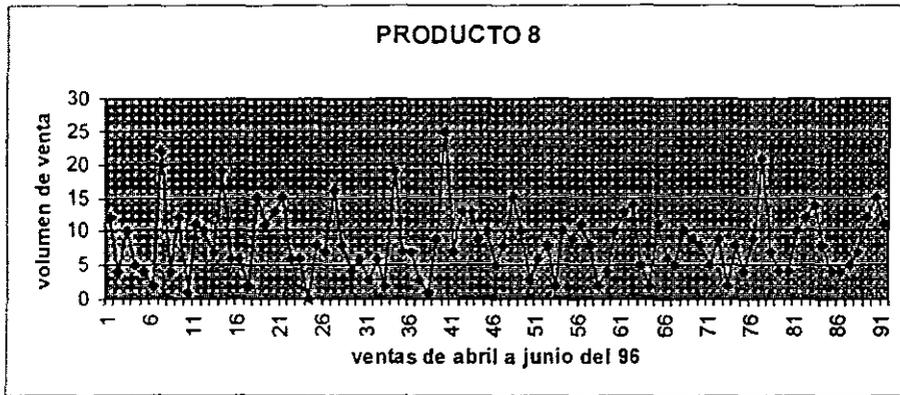
Gráfica 2.13



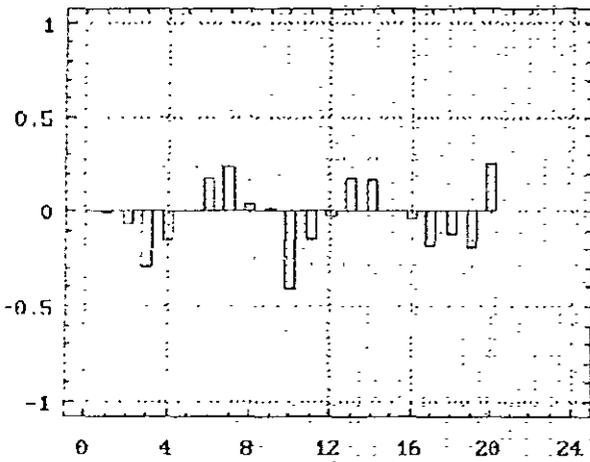
Gráfica 2.14

La gráfica de la serie de tiempo, al igual que la gráfica 2.11 muestra una varianza irregular. La gráfica muestra la existencia de tres periodos que corresponden a cada mes. Tanto el correlograma como la serie de tiempo presentan una tendencia ligeramente decreciente.

# PRODUCTO 8



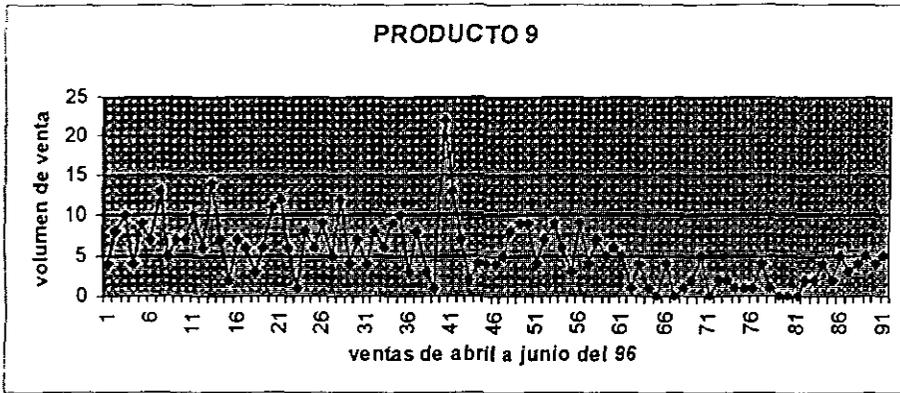
Gráfica 2.15



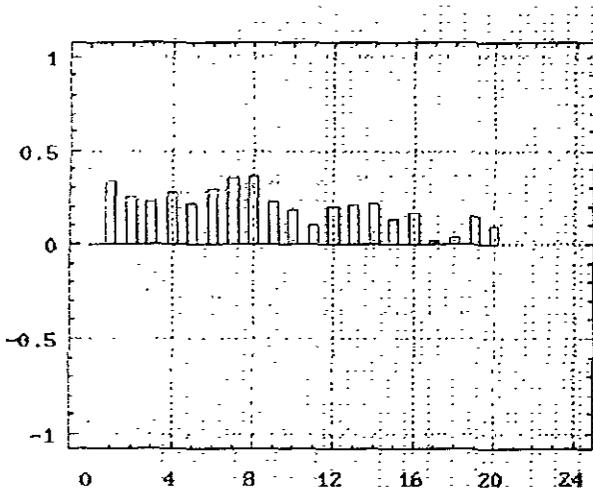
Gráfica 2.16

La serie de tiempo no tiene tendencia pero sí una varianza irregular. El correlograma muestra que no hay coeficientes de autocorrelación significativos excepto en los periodos 3 y 10 lo cual no nos indica nada ya que el fenómeno tiene estacionalidad de 7 días.

PRODUCTO 9



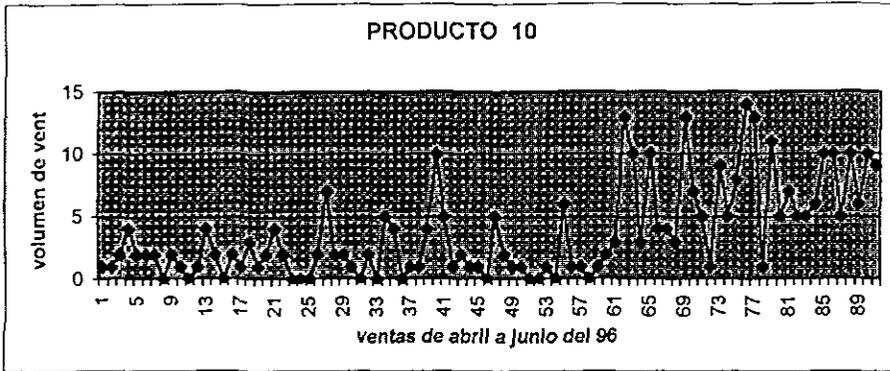
Gráfica 2.17



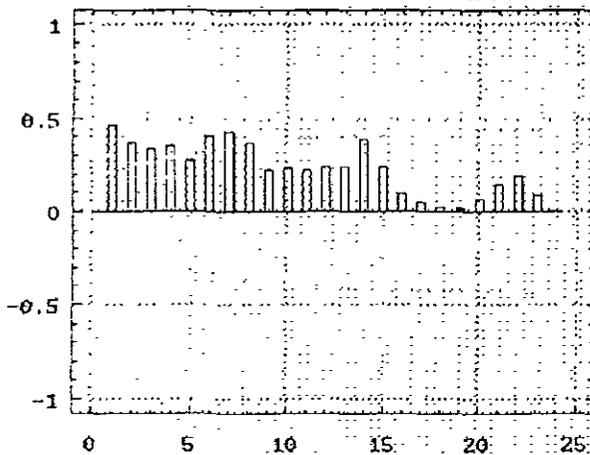
Gráfica 2.18

Tanto en el correlograma como la serie de tiempo de este producto se observa tendencia decreciente. Las ventas disminuyen ligeramente en el segundo mes. Pero, a partir del inicio del tercer mes esta disminución se hace más latente.

## PRODUCTO 10



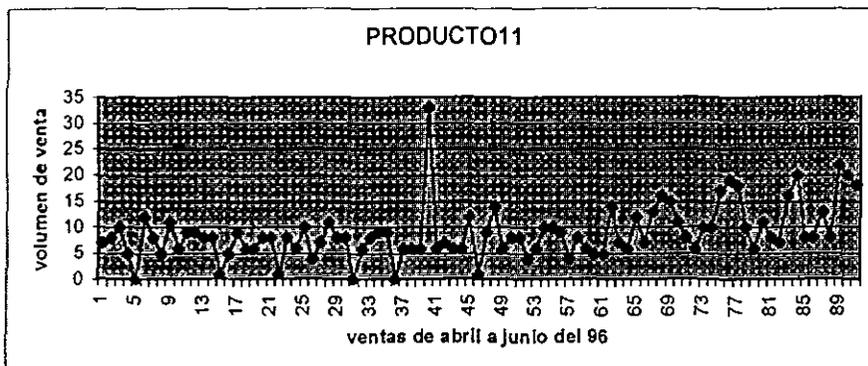
Gráfica 2.19



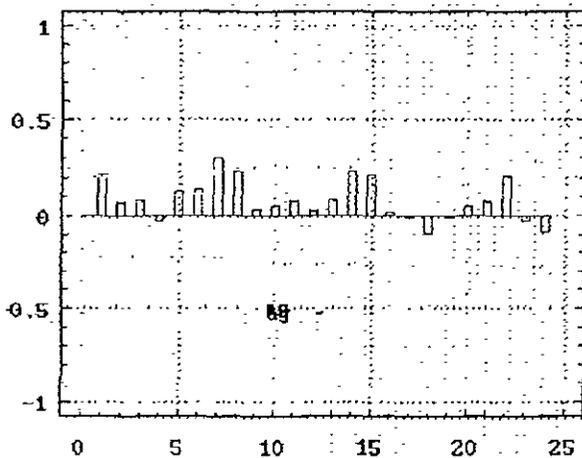
Gráfica 2.20

La serie de tiempo, igual que el correlograma, muestran una tendencia creciente muy marcada debido a que en el último mes las ventas se disparan. Cabe hacer notar que el comportamiento de este producto es muy semejante a los productos 3 y 4 analizados anteriormente.

PRODUCTO 11



Gráfica 2.21

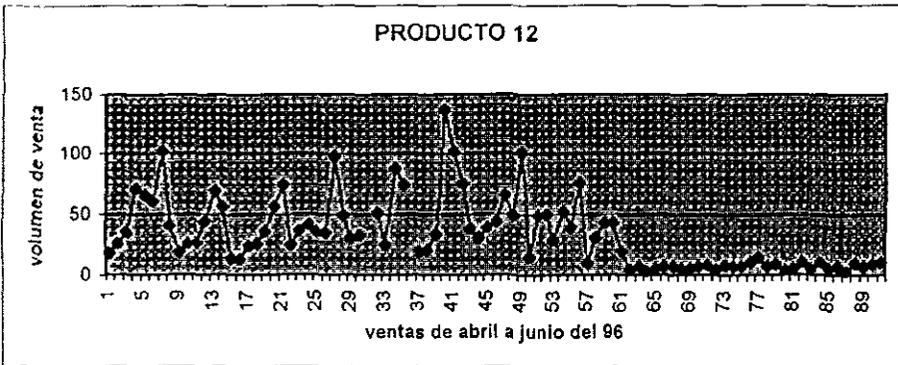


Gráfica 2.22

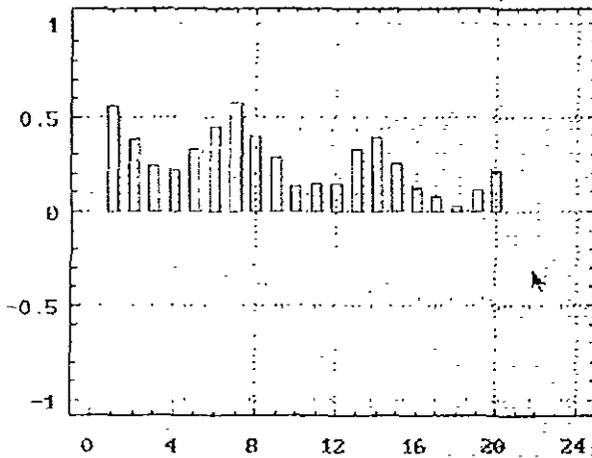
La serie de tiempo presenta una ligera tendencia creciente, a partir del último mes, aunque no es muy marcada; lo que provoca que la varianza deje de ser constante al final de la serie. El correlograma sólo exhibe dos datos significativos que corresponden a los periodos 1 y 7. Éste no muestra la existencia de una

tendencia Sin embargo la serie de tiempo, como ya se dijo, sugiere una muy ligera tendencia creciente.

## PRODUCTO 12



Gráfica 2.23



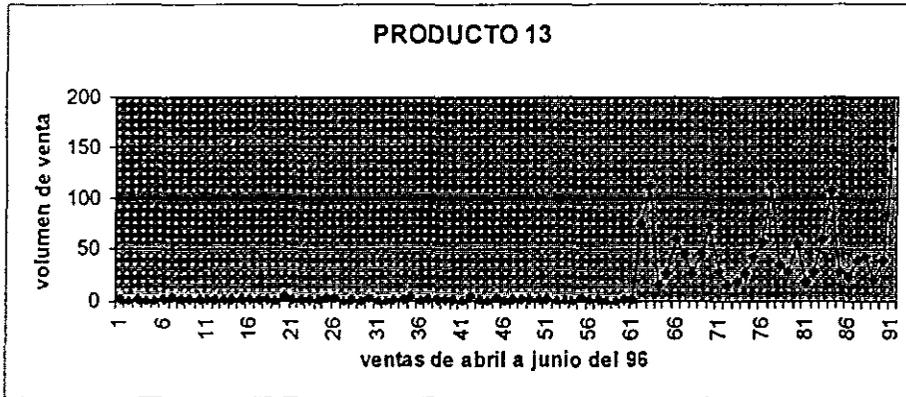
Gráfica 2.24

En la serie de tiempo se observa una varianza irregular la cual se debe a la existencia de un fuerte decrecimiento de las ventas en el último mes. El

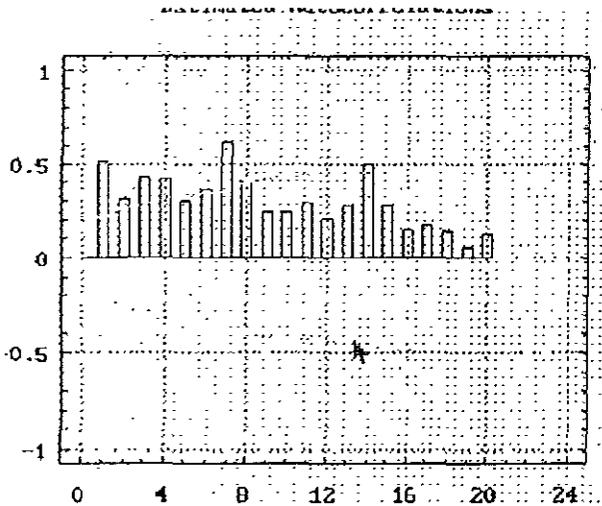
correlograma, por su parte, indica que la serie cuenta con tendencia y estacionalidad al mismo tiempo.

Es curioso observar que el comportamiento de este producto sea un poco similar a los productos 9,7 y 5, pero ninguno de estos resulta tan extremo como el presente.

PRODUCTO 13



Gráfica 2.25



Gráfica 2.26

La serie de tiempo, al igual que la anterior, muestra una varianza irregular debido al notable crecimiento de las ventas en el último mes. Sin embargo, este producto se comporta de manera opuesta al anterior ya que la tendencia en este caso es

creciente y el producto 12 muestra tendencia decreciente. El correlograma sugiere la existencia de tendencia y estacionalidad al mismo tiempo. Concluimos este capítulo afirmando que las series de tiempo analizadas muestran un comportamiento similar ya que casi todas las series presentan estacionalidad con periodo de siete días. También se observó que la mayoría de las series de tiempo cuentan con tendencia, en algunos casos creciente y en otros decreciente.

Esta tendencia la provoca un aumento o disminución en las ventas del mes de junio; ya que en todos los productos se observa un cambio en el último mes. Además, las series cuentan con un valor muy grande, en comparación con los demás en el registro que corresponde a un día festivo, el 10 de mayo.

Por último, la metodología de Suavizamiento Exponencial y la metodología de Box – Jenkins, que se estudiaran a continuación, pueden parecer adecuadas para predecir el fenómeno de ventas panaderas, debido a lo que se observó en este capítulo.

# Capítulo 3

## SUAVIZAMIENTO O FILTRADO

### 3.1 Metodología de Suavizamiento Exponencial

La metodología de suavizamiento exponencial surge como una necesidad de dar mayor peso a la experiencia más reciente en los diferentes análisis de promedio móvil; ya que, al generar pronósticos a un futuro inmediato, las observaciones recientes son más importantes que las antiguas.

La metodología de suavizamiento exponencial es un método de promedio móvil ponderado exponencialmente, a diferencia de un promedio móvil simple, en el cual se asignan estimaciones iguales a las observaciones históricas. El proceso de suavizamiento asigna la estimación mayor a la observación más reciente de la serie de tiempo y valores exponencialmente decrecientes a las observaciones históricas más antiguas.

El modelo más simple de suavizamiento exponencial estima la demanda suavizada promedio para el periodo venidero, añadiendo o restando una fracción de la diferencia entre la demanda real y el último promedio suavizado. Este modelo se puede hacer más complejo si se ajusta la tendencia y/o estacionalidad, según lo sugiera la serie de tiempo que se desea pronosticar.

La aplicación más amplia de los distintos modelos de este método ha tenido lugar en las áreas de la producción y la distribución debido a que este modelo de pronóstico goza de una buena precisión a corto plazo, simplicidad de comprensión y de requerir de pocos datos.

#### 3.1.2 Método de Análisis

El modelo más sencillo para generar un pronóstico a partir de un conjunto de datos que no muestran tendencia ni estacionalidad, sino sólo variaciones aleatorias alrededor de una media es el siguiente:

$$Y_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) Y_{t-1}$$

Donde:

$Y_{t+1}$  = pronóstico para el período  $Y_{t+1}$

$\alpha$  = constante de atenuación que va de 0 a 1 ( $0 < \alpha < 1$ )

$Y_t$  = valor real de la serie en el período  $t$

$Y_{t-1}$  = pronóstico anterior

Como se puede apreciar en el modelo anterior, la constante de atenuación  $\alpha$  sirve Como el factor para ponderar. El valor real de esta constante determina el grado hasta el cual la *observación más reciente* puede influir en el valor del pronóstico. Por ejemplo, si asignáramos a  $\alpha$  un valor de 0.10 estaríamos dando un peso Del 10% al nuevo dato real y un peso del 90% al último pronóstico o promedio suavizado. Luego, obviamente los valores pequeños de  $\alpha$  tendrán un efecto suavizante más fuerte que los valores grandes. Recíprocamente, valores grandes de dicha constante reaccionarán más rápido a los cambios reales, pero también a variaciones aleatorias. Es por lo anterior que la designación para la constante de atenuación queda a criterio del pronosticador.

Nótese que el modelo anterior proporciona *peso a todos los datos reales* pasados; esto ocurre a través de la cadena de cálculos periódicos que se necesitan realizar para producir promedios suavizados para cada periodo. Para efectuar el primer promedio suavizado es necesario dar un valor inicial a  $y_t$ , por lo regular se usa el primer valor de los datos reales con los que se cuenta.

A continuación se estudian las variantes del modelo anterior que resultan al ajustar factores sistemáticos Como *tendencia y/o estacionalidad*. Nunca hay que olvidar que la filosofía de los próximos modelos es la misma que la del modelo anterior.

#### AJUSTE DE LA TENDENCIA LINEAL EN LA SUAVIZACION EXPONENCIAL

Si hubiera tendencia lineal en una serie de tiempo y ésta se pronosticara con el *modelo anterior*, los pronósticos generados se ubicarían por debajo de los valores reales. A continuación se presenta el método de dos parámetros de Holt el cual es un modelo de suavizamiento exponencial que toma en cuenta la tendencia:

$$1) A_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) (A_{t-1} + T_{t-1})$$

$$2) T_t = \beta (A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1}$$

3)  $Y_{t+p} = A_t + pT_t$  con esta ecuación se obtienen "p" pronósticos .

En general, para las tres ecuaciones anteriores:

$A_t$  = Nuevo valor atenuado ó pronosticado

$\alpha$  = Constante de atenuación de los datos ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

$Y_t$  = Nueva observación ó valor real de la serie en el período t.

$\beta$  = Constante de atenuación de la estimación de la tendencia ( $0 \leq \beta \leq 1$ )

$T_t$  = Estimación de la tendencia

$p$  = Períodos a pronosticar en el futuro

$Y_{t+p}$  = Pronóstico de "p" períodos en el futuro.

## AJUSTE DE LA TENDENCIA LINEAL Y LA VARIACION ESTACIONAL EN LA SUAVIZACION EXPONENCIAL

Al examinar los datos de ventas en la empresa pastelera (capítulo 2), se observa que las ventas de la mayoría de los productos son consistentemente altas durante los fines de semana y que son menores durante los otros días. Aparentemente existe estacionalidad en los datos. El modelo de Winter es el modelo de atenuación exponencial que toma en cuenta tanto la tendencia como la estacionalidad en una serie de tiempo. El modelo es el siguiente:

a) La serie exponencial atenuada .

$$A_t = \alpha (Y_t / (S_{t-L})) + (1 - \alpha) (A_{t-1} + T_{t-1})$$

b) La estimación de la tendencia .

$$T_t = \beta (A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1}$$

c) La estimación de la estacionalidad

$$S_t = \gamma (Y_t / A_t) + (1 - \gamma) S_{t-1}$$

d) La ecuación para pronosticar "p" períodos en el futuro.

En general para las 4 ecuaciones anteriores, que forman el modelo de Winter:

$A_t$  = Nuevo valor atenuado ó pronosticado

$\alpha$  = Constante de atenuación ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

$Y_t$  = Nueva observación ó valor real de la serie en el período t

$\beta$  = Constante de atenuación de la estimación de la tendencia ( $0 \leq \beta \leq 1$ )

$T_t$  = Estimación de la tendencia

$\gamma$  = Constante de atenuación de la estimación de la estacionalidad ( $0 \leq \gamma \leq 1$ )

$S_t$  = Estimación de la estacionalidad

$p$  = Períodos estimados para el futuro

$L$  = Longitud de la estacionalidad ó período estacional

$Y_{t+p}$  = Pronóstico de "p" periodos a futuro

Como se observa en la explicación anterior, la tendencia y la estacionalidad se estiman por  $T_t$  y  $S_t$  respectivamente. Estas estimaciones se atenúan por medio de las constantes  $\beta$  y  $\gamma$ .

La metodología de los 3 parámetros de Winter utiliza la igualdad:

$$S_t = \gamma(Y_t/A_t) + (1-\gamma)S_{t-L}$$

Para estimar la estacionalidad. Esta expresión indica que la estimación del índice estacional  $Y_t/A_t$  se multiplica por la constante  $\gamma$ , se suma después a  $(S_{t-L})$ , multiplicada por  $(1-\gamma)$ . Por último, la razón  $Y_t$  se divide entre  $A_t$  para expresar el valor en forma de índice y no en términos absolutos, de forma que se logre promediar con el índice estacional atenuado al período  $t-L$ .

Por otro lado la ecuación:

$A_t = \alpha(Y_t/(S_{t-L})) + (1-\alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$  actualiza la serie atenuada, el hecho de dividir  $(Y_t)$  entre  $S_{t-L}$  es precisamente para ajustar  $Y_t$  a la estacionalidad eliminando así los efectos estacionales que pudieran existir en el dato original  $Y_t$ .

Una vez que se efectúan la atenuación de la estimación de la estacionalidad y la tendencia se pueden obtener pronósticos a partir de la ecuación:

$$Y_{t+p} = (A_{t-p} T_p) S_{t-L+p}$$

En la que observamos que, ha diferencia de la ecuación correspondiente en el modelo de Holt, la estimación para un período futuro  $t+p$ , se multiplica por  $S_{t-L+p}$ . Este índice estacional es el último disponible, de ahí que se utilice para ajustar el pronóstico a la estacionalidad.

Las constantes de atenuación  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  se manejan de igual forma que se maneja la constante  $\alpha$  en la atenuación exponencial simple.

## 3.2 Metodología de Box-Jenkins

### 3.2.1 Antecedentes

La metodología de Box-Jenkins surge como una necesidad de contar con un modelo dotado de fuertes bases estadísticas con las que ninguna metodología de pronóstico para el plazo corto cuenta.

Debido a que para predecir el futuro se requiere de herramientas más poderosas que ayuden en la toma de decisiones, Box-Jenkins es una metodología en la cual una clase general de modelos autorregresivos se postula para una situación en particular. El proceso consta desde identificar tentativamente un modelo específico, ajustar dicho modelo a los datos históricos disponibles, hasta la realización de algunas pruebas estadísticas para aceptar o rechazar el modelo tentativo. De esta manera podemos decir que el método de Box-Jenkins es iterativo y hace a la selección del modelo dependiente del análisis estadístico de datos, de tal manera que el modelo específico más apropiado se seleccione.

En pocas palabras, el método consiste en filtrar los factores predecibles de un conjunto de datos a través de descomponerlos en varios componentes llamados filtros y obtener una serie aleatoria bastante predecible. Así, esta metodología es apropiada para generar pronósticos a partir de un conjunto de datos dependientes estadísticamente o relacionados entre sí.

El problema práctico de Box-Jenkins radica en la elección de un modelo de pronóstico recurriendo a una gran interpretación personal de muestreo estadístico obtenido de los datos reales. Pero también es precisamente este punto el que hace a la metodología tan poderosa, ya que los modelos construidos no sólo deben ser adecuados para representar el comportamiento de los datos observados, sin que su selección debe ser sugerida por los datos mismos.

### 3.2.2 Conceptos Preliminares

#### AUTOCORRELACION Y AUTOCORRELACION PARCIAL

Como se mencionó en el capítulo 2 una autocorrelación mide la correlación entre los valores de la serie de tiempo, separados por un número fijo de períodos. Entonces, la autocorrelación para  $k$  períodos mide la correlación entre la serie de tiempo original y la misma serie de tiempo desplazada  $k$  períodos hacia delante.

Una autocorrelación parcial es una autocorrelación condicional entre la serie de tiempo original y la misma serie trasladada hacia delante un número fijo de períodos, manteniendo fijo el efecto de los otros espacios de tiempo.

## SERIES ESTACIONARIAS Y NO ESTACIONARIAS

Una serie de tiempo estacionaria es aquella que se encuentra en un estado de equilibrio estadístico, es decir, fluctúa alrededor de una recta. Para mantener dicho equilibrio se requiere que las medidas resumen de dicha serie sean constantes. Por lo tanto la media y la varianza en una serie estacionaria son constantes. Además, el valor del coeficiente de autocorrelación entre  $Z_t$  y  $Z_{t-k}$  sólo depende de  $k$ .

Supóngase que se cuenta con una serie de tiempo la cual puede ser descrita a través de un modelo que puede representar efectivamente las series estacionarias y no estacionarias. Cuando una serie de tiempo no es estacionaria y por alguna razón se requiere que lo sea es importante transformar los valores de la serie no estacionaria a valores que puedan ser descritos por series de tiempo estacionarias.

Un método que se usa para volver estacionaria una serie que no lo es el método de las diferencias; éste consiste en restar los valores de las observaciones uno del otro. Si los valores de una serie de tiempo son no estacionarios, los valores transformados, que resultan al aplicar una diferencia a la serie, son usualmente estacionarios. Pero si aún no son estacionarios será necesario aplicar una segunda diferencia a la serie original.

## SERIES ESTACIONALES

La fluctuación estacional en una serie de tiempo se manifiesta claramente después de eliminar la tendencia y muchas veces aún con ésta.

Es importante hacer notar que las fluctuaciones estacionales no sólo se consideran como un comportamiento periódico a lo largo de un año. Por ejemplo, en el comportamiento de los datos de ventas panaderas se observa una estacionalidad semanal a través de los meses. Por lo anterior, es conveniente hablar genéricamente de un periodo estacional que comprenda  $D$  observaciones contiguas, en donde  $D$  no es necesariamente igual a 12 para series mensuales, ni igual a 4 para series trimestrales.

El operador diferencia que se utilizó para no estacionarias también es aplicable para series estacionales con el fin de ajustar la estacionalidad. Esto es donde  $s$  es la longitud del periodo estacional

### 3.2.2.1 Diferentes Modelos Para Series De Tiempo

#### MODELO AUTORREGRESIVO DE ORDEN $P$ : $AR(P)$

Una serie estacionaria  $Z_t$  está gobernada por un proceso autorregresivo de orden " $P$ " si los valores actuales de la serie, pueden expresarse como una función lineal

de los  $P$  valores anteriores y un choque aleatorio  $e_t$ . El modelo autorregresivo de orden  $P$  queda representado por la siguiente igualdad:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + e_t$$

donde:

$Z_t$  = variable dependiente

$Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-p}$  = variables independientes que son variables dependientes desfasadas un número  $t-1, t-2, \dots, t-p$  de periodos

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$  = parámetros o coeficientes autorregresivos.

### MODELO ESTACIONAL AUTORREGRESIVO DE ORDEN $p$ : SAR( $p$ )

Este modelo es parecido al anterior con la única diferencia de que los valores anteriores de las variables desfasadas se toman en múltiplos de " $s$ ". Donde  $s$  es un número de periodos específico.

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-s} + \phi_2 Z_{t-2s} + \dots + \phi_p Z_{t-ps} + e_t$$

donde:

$Z_t$  = variable dependiente

$Z_{t-s}, Z_{t-2s}, \dots, Z_{t-ps}$  = variables independientes que son variables dependientes desfasadas cada  $s$  periodos

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$  = parámetros o coeficientes autorregresivos estacionales.

### MODELO DE PROMEDIO MOVIL DE ORDEN $Q$ : MA( $Q$ )

Una forma alternativa de representar una serie estacionaria es con base en los errores aleatorios, los cuales tienen cierto peso a lo largo del tiempo.

La diferencia entre un modelo autorregresivo y un modelo de promedio móvil es que este último se basa en una combinación lineal de errores aleatorios mientras que aquel expresa a la serie de tiempo como una función lineal de las observaciones pasadas.

El modelo queda representado por la siguiente igualdad:

$$Z_t = e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q}$$

donde:

$Z_t$  = variable dependiente

$e_{t-1}, e_{t-2}, \dots, e_{t-q}$  = valores previos de residuos

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$  = parametros o coeficientes de medias moviles

$e_t$  = residual

### MODELO ESTACIONAL DE PROMEDIO MOVIL DE ORDEN q: SMA(q)

Este modelo es semejante al modelo de promedio móvil anterior con la diferencia de que los errores anteriores se toman en múltiplos de "s".

El modelo queda representado por la siguiente igualdad

$$Z_t = e_t - \Theta_1 e_{t-s} - \Theta_2 e_{t-2s} - \dots - \Theta_q e_{t-qs}$$

donde:

$Z_t$  = variable dependiente

$e_{t-s}, e_{t-2s}, \dots, e_{t-qs}$  = valores previos de residuos

$\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_q$  = parametros o coeficientes estacionales de medias moviles

Con base a la combinación de los cuatro modelos explicados se generan los modelos ARIMA(PQ)(pq) que son una mezcla de los modelos autorregresivos y de medias móviles, ordinarios y estacionales respectivamente. La única diferencia entre las autocorrelaciones de un proceso estacional mixto y uno ordinario es que estas últimas aparecen en intervalos múltiplos de s.

### 3.2.3 Método de Análisis

La metodología de Box-Jenkins es útil para pronósticar series de tiempo que contienen valores correlacionados. Ésta consta de varias etapas como son: identificación, estimación, diagnóstico, y pronóstico.

#### 3.2.3.1 Etapa de Identificación

En este primer paso es donde se identifica un modelo tentativo después del análisis de la función de autocorrelación(ACF) Y la función de autocorrelación parcial(PACF); estas funciones son generadas a partir de los datos históricos con los que se cuenta y los cuales no deberán ser menores de 50.

En general, se deben determinar los órdenes de los polinomios autorregresivos y de medias móviles, así como el número de diferencias que deberán aplicarse para que la serie cumpla con la condición de estacionaridad.

Antes de explicar como las ACF y PACF apoyan la identificación de modelos primero debemos diferenciar entre funciones teóricas y funciones muestrales. Las funciones teóricas de autocorrelación y autocorrelación parcial reflejan el comportamiento de los coeficientes de autocorrelación de los distintos modelos de la clase general de modelos ARIMA. Dado que en la etapa de identificación se desconoce el modelo que gobierna a la serie de tiempo; el objetivo primordial es llegar a él a partir de la integración iterativa con el apoyo de las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial muestrales o estimadas de la muestra de tamaño  $n$ . Es decir, en la etapa de identificación nos auxiliamos de las funciones muestrales esperando que se comporten equivalentemente a las funciones teóricas de algún modelo específico. De aquí surge el problema práctico de este método que se centra en integrar un modelo basándonos o teniendo como referencia datos muestrales por lo que es necesario tener gran conocimiento del suceso y experiencia en el método; debido a que los datos muestrales nunca serán idénticos a los datos teóricos<sup>1</sup>

### **3.2.3.2 Etapa de Estimación**

En este segundo paso se estiman los parámetros desconocidos para un modelo tentativo en cada iteración. Es decir, hay que establecer un valor para los parámetros que minimicen la suma de los cuadrados de la diferencias entre la serie real y la serie ajustada. Esta estimación bien podría hacerse de manera arbitraria, pero resulta más adecuado hacer uso de un método objetivo y estadísticamente apropiado; el método de los momentos, el método de máxima verosimilitud o el método de mínimos cuadrados pueden usarse para llevar a cabo esta tarea.

### **3.2.3.3 Etapa de Diagnóstico**

En esta etapa se pretende elegir el modelo que, entre un conjunto de modelos posibles, viole en menor medida los supuestos que fundamentan el modelo.

---

<sup>1</sup> Gonzáles Videgaray María del Carmen "Modelos de Decisión con Procesos Estocásticos UNAM, Enep Acatlan, 1990

El análisis de los residuales o errores entre un valor observado y un valor estimado es una de las formas más claras y simples para detectar violaciones a los supuestos de los modelos.

Por otro lado, los modelos para los procesos estocásticos que se estudian a través de la metodología de Box- Jenkins se basan en la idea de que una serie de tiempo, cuyos valores sucesivos pueden ser altamente dependientes; es generada a partir de una serie de choques aleatorios independientes. Estos choques aleatorios son supuestas realizaciones independientes de una variable aleatoria cuya media es constante (generalmente se considera igual a cero) y cuya varianza también es constante. A esta realización de variables aleatorias se le conoce como **ruido blanco**<sup>2</sup>

Cuando el tamaño de la muestra es grande, los errores aleatorios y los residuales (que también son variables aleatorias) son esencialmente iguales; por ello, al analizar los residuales observados se analizan básicamente lo que debería de ser una realización del proceso ruido blanco.

Las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial de los residuales son la principal prueba ya que al no salirse de los límites en el correlograma nos indican que los residuales están *incorrelacionados*.

También se pueden verificar los siguientes supuestos acerca del proceso ruido blanco en los residuales:

- 1) Media cero
- 2) Varianza constante
- 3) si se ajustan a una distribución normal para toda  $t$ .

### 3.2.2.3 Etapa de Pronóstico

La metodología termina con la generación de pronósticos. Una vez que se ha encontrado un modelo adecuado para representar los datos, puede utilizarse éste para generar pronósticos.

Al periodo actual, se le denomina fecha de origen; el cual se denota como el periodo "n". Se dice que se desea pronosticar "h" periodos de tiempo hacia delante, hasta el periodo "n+h".

---

<sup>2</sup> Dicha terminología se utiliza en telecomunicaciones para referirse a cualquier señal parásita impredecible.

# Capítulo 4

## COMPARACIÓN DE RESULTADOS

En el capítulo 3 se estudiaron los conceptos básicos de las metodologías de Atenuación Exponencial de Winter y de Box-Jenkins. Estos métodos de extrapolación se usaran en este capítulo para pronosticar datos de ventas de 13 productos que oferta la empresa pastelera

En este capítulo se pretende identificar cual de estos métodos pronostica con mayor precisión las serie de tiempo de los 13 productos analizados anteriormente.

La DAM (Desviación Absoluta de la Media), mide la precisión de un pronóstico mediante el promedio de la magnitud de los errores de pronósticos (valores absolutos de cada error). Esta medida se usa, en este caso, para comparar la precisión de cada metodología. Por lógica el método que arroje la menor DAM en cada producto pronosticado será más eficiente hablando en términos de precisión<sup>1</sup>.

La precisión es un criterio que muchas veces es de los más importante para elegir o evaluar una técnica de pronóstico, en alguna situaciones. Existen otros criterios entre los cuales, sobresalen: el plazo al cual se quiere pronosticar, costo de la técnica, el número de datos que se requieren para elaborar el pronóstico y la complejidad del método. Sin embargo en este trabajo se tomará a la precisión como el único criterio por medio del cual se elija a la metodología adecuada para pronosticar las ventas diarias en la empresa pastelera.

### 4.1 Pronósticos generados por Box-Jenkins.

Cada variable o serie de tiempo consta de 91 datos que pertenecen a los meses de abril, mayo y junio. Estos datos son las ventas diarias de tres meses para pronosticar los primeros 20 días del mes de julio de 1996.

Los pronósticos se efectuaron con ayuda del paquete estadístico computacional Statgraphics.

A continuación se describe el modelo para cada producto, las figuras que se citan de aquí en adelante se encuentran en el capítulo 2.

---

<sup>1</sup> otras medidas para medir la precisión de un pronóstico son: El Error Medio Cuadratico y El Porcentaje de Error Medio Absoluto.

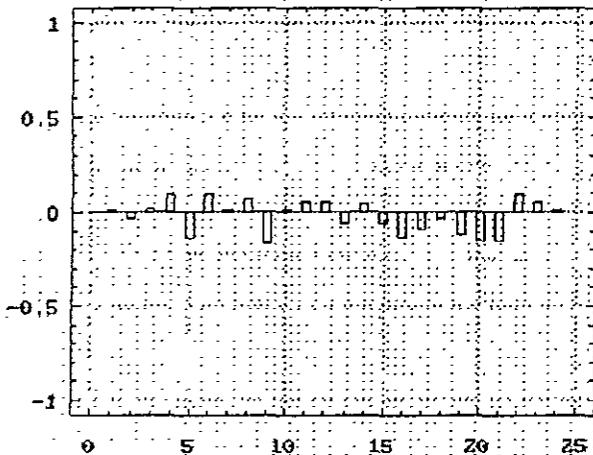
### 4.1.1 Modelos ARIMA Que Presentan El Mejor Ajuste Para Los Diferentes Productos

Debido a que los productos 3, 5, 6, 9, 10 Y 11 tienen un comportamiento muy parecido (como se vio en el capítulo 2) la elaboración del pronóstico con la metodología de Box Jenkins fue la misma. Primero, fue necesario aplicar una diferencia ordinaria para eliminar la tendencia y una diferencia estacional para eliminar las fluctuaciones estacionales. El modelo que mejor se ajusta a la serie correspondiente a cada uno de estos productos es un  $ARIMA(0, 1, 1)(0, 1, 1)$ .

A continuación se presentan las funciones de autocorrelación de los residuales; entendiéndose por residuales a la parte de las observaciones que no puede ser explicada por el modelo. Es importante recordar que los residuales miden la discrepancia entre los valores observados y los valores estimados por el modelo. En este caso lo que se espera es que tanto la FAC COMO LA FACP no muestren ningún valor significativo y con esto dar por un hecho que los residuales se encuentran incorrelacionados.

La función de autocorrelación parcial de los residuales se comporta de la misma manera.

FAC de los residuales del modelo para los productos 3, 5, 6, 9 Y 10

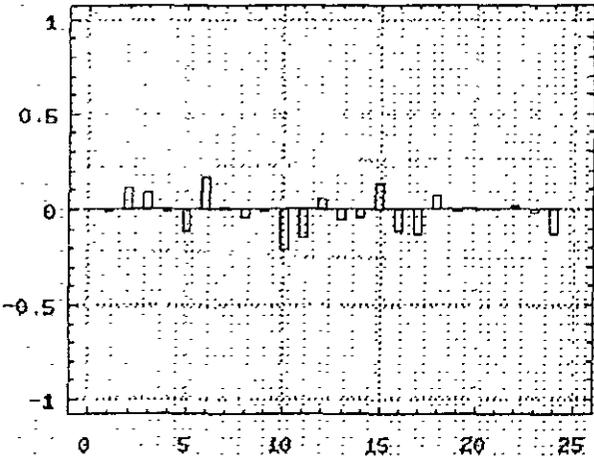


Los productos 1 y 8 tienen comportamientos muy semejantes entre sus series de tiempo, éstas no muestran tendencia pero sí cierta estacionalidad. Estos productos se pronosticaron con el mismo modelo. El modelo que mostró mayor ajuste fue el modelo  $ARIMA(0,0)(1,1)$ .

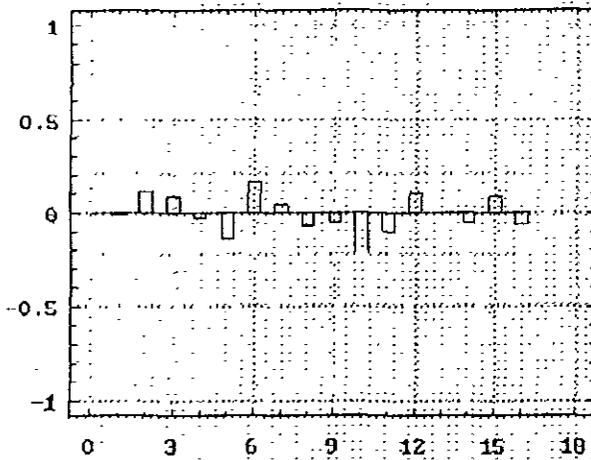
ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

A continuación se presenta la gráfica de la FAC y PACF de los residuales para este modelo

FAC de los residuales del modelo para los productos para 1 Y8

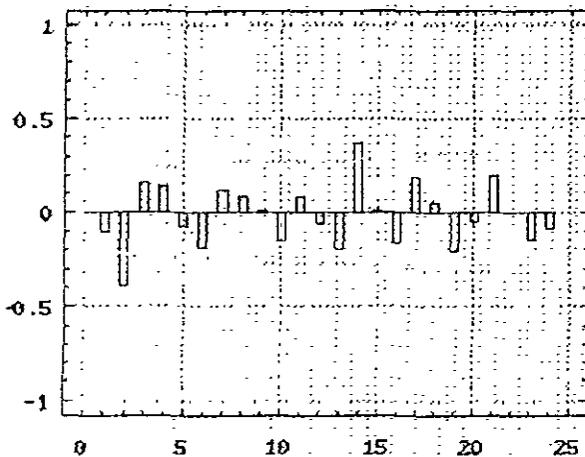


PACF de los residuales del modelo para los productos 1 Y 8

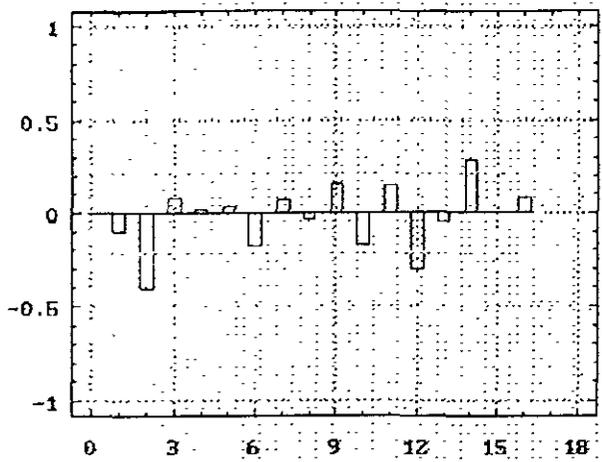


Los productos 12 y 13 tienen comportamientos parecidos pero en forma contraria. Es decir el producto 12 decrece drásticamente a partir del último mes y el producto 13 crece de la misma forma. Estas series de tiempo se pronosticaron con el modelo (021)(011). Este modelo fue el que se ajustó de mejor forma, en comparación con otros, sin embargo no presenta un buen ajuste. A continuación se presentan las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial de este modelo.

ACF de los residuales del modelo para los productos 12 Y 13



ACF de los residuales del modelo para los productos 12 y 13



Los productos 2,4 y 7 se ajustaron, cada uno a modelos distintos.

Para el producto 2, el cual se caracteriza por contar con tendencia y estacionalidad bastante marcada, el modelo que mostró el mejor ajuste fue el modelo  $ARIMA(1,1,1)(0,1,1)$ .

En el caso del producto 4 el modelo que mostró el mejor ajuste fue el modelo  $ARIMA(0,1,1)(1,1,1)$ . Y para el producto 7 fue el modelo  $ARIMA(1,1,1)(0,1,2)$ .

El comportamiento de las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial de estos 3 productos es muy semejante a los productos 1 y 8.

#### 4.1.2 Tabla De Resultados Con La Metodología Box-Jenkins

PRODUCTO	1			2			3			4		
	$y_t$	$y_t^{\wedge}$	$ e_t $									
1 JUL 97	10	8	2	6	9	3	13	8	5	10	13	3
2 JUL 97	8	9	1	13	12	1	16	7	9	11	14	3
3 JUL 97	7	8	1	7	11	4	10	10	0	6	13	7
4 JUL 97	5	13	2	2	10	8	9	10	1	5	11	6
5 JUL 97	19	9	10	8	16	8	22	11	11	20	15	5

6 JUL 97	12	16	4	10	20	10	15	12	3	18	19	1
7 JUL 97	18	13	5	8	19	11	18	16	2	18	17	1
8 JUL 97	7	9	2	8	10	2	10	8	2	9	13	4
9 JUL 97	3	9	6	7	12	5	8	8	0	13	15	2
10 JUL 97	9	8	1	6	12	6	8	10	2	10	14	4
11 JUL 97	1	13	12	2	11	9	7	11	4	13	13	0
12 JUL 97	9	9	0	2	16	14	10	11	1	7	15	8
13 JUL 97	13	16	3	6	21	15	16	12	4	18	20	2
14 JUL 97	19	14	4	24	20	4	28	16	12	22	19	3
15 JUL 97	7	9	2	9	10	1	14	8	6	13	14	1
16 JUL 97	11	9	2	7	13	6	10	8	2	16	16	0
17 JUL 97	6	9	3	13	12	1	20	10	10	16	16	0
18 JUL 97	9	13	4	14	12	2	16	11	5	13	14	1
19 JUL 97	7	10	3	6	17	11	13	11	2	11	15	4
20 JUL 97	7	16	9	5	21	16	26	13	13	26	21	5
SUMA $ e_t $			76			142			94			60
DMA			3.8			7.1			4.7			3

donde:

producto: Son cada uno de los 15 productos panaderos por pronosticar.

periodo: Son los días pronosticados, son del 1 al 20 de julio de 1997.

$y_t$  = Dato real

$y_t^{\wedge}$  = Dato del pronóstico

$|e_t|$  = Error del pronóstico ( $y_t - y_t^{\wedge}$ )

DAM: Desviación Absoluta Media, mide la precisión de un pronóstico mediante el promedio de la magnitud de los errores de pronósticos (valores absolutos de cada error).

PRODUCTO	5			6			7			8		
PERIODO	$y_t$	$y_t^{\wedge}$	$ e_t $									
1 JUL 97	3	1	2	5	4	1	4	6	2	8	6	2
2 JUL 97	3	0	3	7	8	1	3	9	6	2	6	4
3 JUL 97	1	1	0	8	8	0	4	12	8	5	4	1
4 JUL 97	2	1	1	2	9	7	1	8	7	6	8	2
5 JUL 97	5	2	3	15	13	2	9	10	1	11	10	1
6 JUL 97	6	2	4	15	12	3	16	12	4	10	12	2
7 JUL 97	8	0	8	2	13	4	8	12	4	3	12	8
8 JUL 97	4	-1	5	11	4	7	5	7	2	7	6	1
9 JUL 97	3	-1	4	5	8	3	3	10	7	10	6	4
10 JUL 97	2	-1	3	9	9	0	6	12	6	2	4	2
11 JUL 97	4	0	4	7	9	2	7	10	3	9	8	1
12 JUL 97	1	0	1	9	13	4	4	12	8	7	10	3
13 JUL 97	7	0	7	14	12	2	3	12	9	16	12	4
14 JUL 97	6	-2	8	15	14	1	10	14	4	17	12	5
15 JUL 97	3	-2	5	8	5	3	2	8	6	7	6	1
16 JUL 97	1	-2	3	15	9	6	3	11	8	11	6	5
17 JUL 97	7	-2	9	14	9	5	9	13	4	4	3	1
18 JUL 97	1	1	0	10	10	0	1	11	10	1	8	7
19 JUL 97	1	2	1	11	14	3	4	13	9	7	10	3
20 JUL 97	7	2	5	14	13	1	5	14	9	14	12	2
SUMA $ e_t $			76			62			117			59
DMA			3.8			3.1			5.8			2.95

PRODUCTO PERIODO	9			10			11			12		
	$y_t$	$y_t^{\wedge}$	$ e_t $									
1 JUL 97	1	-3	4	8	8	0	12	13	1	4	3	1
2 JUL 97	1	-6	7	11	9	2	8	14	6	8	2	6
3 JUL 97	2	-3	5	10	8	2	13	16	3	3	-4	7
4 JUL 97	2	-3	5	4	10	6	6	15	9	7	-2	9
5 JUL 97	2	-4	6	18	13	5	19	21	2	7	-6	13
6 JUL 97	4	-4	8	3	12	9	22	27	1	4	-10	14
7 JUL 97	5	-4	9	15	10	5	21	22	1	9	-12	21
8 JUL 97	0	-4	4	10	11	1	8	17	9	9	-24	33
9 JUL 97	1	-3	4	5	10	5	9	17	8	2	-25	27
10 JUL 97	1	-2	3	8	12	4	9	18	9	4	-30	34
11 JUL 97	2	-5	7	8	12	4	10	25	15	7	-40	47
12 JUL 97	2	-5	7	7	16	9	10	27	17	7	-44	51
13 JUL 97	2	-5	7	2	14	12	7	26	19	5	-30	35
14 JUL 97	8	-6	14	19	12	7	27	21	6	7	-45	52
15 JUL 97	2	-6	8	10	13	3	10	21	11	6	-46	52
16 JUL 97	3	-7	10	3	13	10	14	23	9	5	-50	55
17 JUL 97	4	-7	11	4	12	8	13	22	9	14	-90	104
18 JUL 97	1	-7	8	5	14	9	9	28	19	4	-102	106
19 JUL 97	0	-7	7	6	14	8	22	31	9	7	-126	133
20 JUL 97	0	-7	7	8	18	10	18	29	11	1	-131	132
SUMA $ e_t $			141			119			174			930
DMA			7.05			5.95			8.7			46.5

PRODUCTO	13		
PERIODO	$y_t$	$y_t^{\wedge}$	$ e_t $
1 JUL 97	19	63	44
2 JUL 97	34	48	14
3 JUL 97	24	63	39
4 JUL 97	37	39	2
5 JUL 97	73	36	36
6 JUL 97	60	47	13
7 JUL 97	74	115	41
8 JUL 97	15	26	11
9 JUL 97	26	9	22
10 JUL 97	49	18	31
11 JUL 97	49	4	45
12 JUL 97	29	-23	52
13 JUL 97	68	-17	85
14 JUL 97	73	65	8
15 JUL 97	21	-30	51
16 JUL 97	55	-54	109
17 JUL 97	28	-53	81
18 JUL 97	29	-83	112
19 JUL 97	76	-110	186
20 JUL 97	71	-112	183
SUMA $ e_t $			1165
DAM			58.25

## 4.2 Pronósticos generados por el modelo de Atenuación Exponencial de Winter.

Para realizar estos pronósticos se usaron 30 datos que corresponden a las ventas diarias del mes de junio de 1997.

Los pronósticos se efectuaron con ayuda del paquete estadístico computacional Statgraphics.

El método en general es muy sencillo, las constantes alfa, beta y gamma para atenuar el estimador de atenuación, tendencia y estacionalidad variaron entre 0.2 y 0.5. Ningún producto necesito alguna de estas constantes mayores de 0.5.

### 4.2.1 tabla de resultados de los pronósticos con Atenuación Exponencial.

PRODUCTO PERIODO	1			2			3			4		
	$y_t$	$y_t^{\wedge}$	$ e_t $									
1 JUL 97	10	6	4	6	6	0	13	9	4	10	12	2
2 JUL 97	8	7	1	13	5	8	16	13	3	11	11	0
3 JUL 97	7	7	0	7	7	0	10	11	1	6	9	3
4 JUL 97	5	12	7	2	7	5	9	9	0	5	9	4
5 JUL 97	19	7	12	8	7	1	22	18	4	20	15	5
6 JUL 97	12	13	1	10	8	2	15	18	3	18	17	1
7 JUL 97	18	12	6	8	9	1	18	16	2	18	13	5
8 JUL 97	7	5	2	8	3	5	10	9	1	9	12	3
9 JUL 97	3	7	4	7	3	4	8	14	6	13	11	2
10 JUL 97	9	7	2	6	3	3	8	11	3	10	9	1
11 JUL 97	1	11	10	2	3	1	7	9	2	13	10	3
12 JUL 97	9	6	3	2	3	1	10	18	8	16	16	0
13 JUL 97	13	13	0	6	3	3	16	18	2	18	18	0
14 JUL 97	19	11	8	24	3	21	28	16	12	22	14	8
15 JUL 97	7	5	2	9	1	8	14	7	7	13	12	1
16 JUL 97	11	6	5	7	1	6	10	15	5	16	12	4
17 JUL 97	6	6	0	13	1	12	20	12	8	16	10	6
18 JUL 97	9	11	2	14	1	13	16	10	6	13	10	3
19 JUL 97	7	6	1	6	1	5	13	19	6	11	16	5
20 JUL 97	7	12	5	5	1	4	26	19	7	26	18	8
SUMA $ e_t $			75			103			90			64
DAM			3.75			5.15			4.5			3.2

PRODUCTO	5			6			7			8		
PERIODO	$y_t$	$y_t^{\wedge}$	$ e_t $									
1 JUL 97	3	5	2	5	4	1	4	10	6	8	5	3
2 JUL 97	3	4	1	7	7	0	3	11	7	2	9	7
3 JUL 97	1	6	5	8	7	1	4	9	5	5	7	2
4 JUL 97	2	5	3	2	5	3	1	6	5	6	11	5
5 JUL 97	5	3	2	15	16	1	9	11	2	11	15	4
6 JUL 97	6	2	4	15	12	3	16	9	7	10	16	6
7 JUL 97	8	5	3	12	15	3	8	12	4	13	14	1
8 JUL 97	4	2	2	11	4	7	5	9	4	7	6	1
9 JUL 97	3	2	1	5	6	1	3	10	7	10	11	1
10 JUL 97	2	6	4	9	6	3	6	9	3	2	9	7
11 JUL 97	4	3	1	7	5	2	4	5	1	9	14	5
12 JUL 97	1	5	4	9	6	3	3	9	6	1	17	16
13 JUL 97	7	6	1	14	12	2	3	8	5	10	19	9
14 JUL 97	6	4	2	15	15	0	10	11	1	17	17	0
15 JUL 97	3	6	3	8	4	4	2	8	6	7	7	0
16 JUL 97	1	6	5	15	6	9	3	10	7	11	13	2
17 JUL 97	7	3	4	14	6	8	9	8	1	4	11	7
18 JUL 97	1	2	1	10	5	5	1	5	4	1	16	15
19 JUL 97	1	5	4	11	15	4	4	9	5	7	20	13
20 JUL 97	7	3	4	14	12	2	5	7	2	14	22	8
SUMA $ e_t $			56			62			88			112
DAM			2.8			3.1			4.4			5.6

PRODUCTO	9			10			11			12		
PERIODO	$y_t$	$y_t^{\wedge}$	$ e_t $									
1 JUL 97	1	-4	3	8	7	1	12	10	2	4	8	4
2 JUL 97	1	0	1	11	11	0	8	11	3	8	9	1
3 JUL 97	2	-5	3	10	7	3	13	14	1	3	11	8
4 JUL 97	2	0	2	4	8	4	6	13	7	7	11	4
5 JUL 97	2	4	2	18	6	12	19	21	2	7	8	1
6 JUL 97	4	2	2	3	12	9	22	23	1	4	11	7
7 JUL 97	5	2	3	15	11	4	21	22	1	9	10	1
8 JUL 97	0	8	8	10	6	4	8	12	4	9	12	3
9 JUL 97	1	0	1	5	11	6	9	13	4	2	6	4
10 JUL 97	1	6	5	8	7	1	9	17	8	4	10	6
11 JUL 97	2	1	1	8	8	0	10	15	5	7	12	5
12 JUL 97	2	2	0	7	6	1	10	24	14	7	12	5
13 JUL 97	2	6	4	2	11	9	7	26	19	5	9	4
14 JUL 97	8	7	1	19	11	8	27	25	2	7	10	3
15 JUL 97	2	2	0	10	6	4	10	13	3	6	11	5
16 JUL 97	3	1	2	3	10	7	14	14	0	5	12	7
17 JUL 97	4	1	3	4	7	3	13	18	5	14	8	6
18 JUL 97	1	1	0	5	8	3	9	16	7	4	12	8
19 JUL 97	0	4	4	6	6	0	22	27	5	7	17	10
20 JUL 97	0	1	1	8	11	3	18	29	11	1	12	11
SUMA $ e_t $			46			82			104			103
DAM			2.3			4.1			5.2			5.15

PRODUCTO	13		
PERIODO	$y_t$	$y_t^{\wedge}$	$ e_t $
1 JUL 97	19	18	1
2 JUL 97	34	19	15
3 JUL 97	24	44	20
4 JUL 97	37	38	1
5 JUL 97	73	31	42
6 JUL 97	60	62	2
7 JUL 97	74	105	31
8 JUL 97	15	18	3
9 JUL 97	26	20	6
10 JUL 97	49	45	4
11 JUL 97	49	40	9
12 JUL 97	29	32	3
13 JUL 97	68	64	4
14 JUL 97	73	109	36
15 JUL 97	21	19	2
16 JUL 97	55	21	34
17 JUL 97	28	47	19
18 JUL 97	29	42	13
19 JUL 97	76	33	43
20 JUL 97	71	66	5
SUMA $ e_t $			293
DAM			14.7 6

Ahora comparemos ambas medidas del error para cada producto

PRODUCTO	DAM (BOX-JENKINS)	DAM (WINTER)
1	3.8	3.75
2	7.1	5.15
3	4.7	4.5
4	3	3.2
5	3.8	2.81
6	3.1	3.1
7	5.8	4.4
8	2.95	5.6
9	7.05	2.3
10	5.95	4.1
11	8.7	5.2
12	46.5	5.15
13	58.25	14.76

En general, la medida del error (DAM) se comporta en algunos casos más pequeña en la metodología Box-Jenkis que en la metodología de Atenuación. Pero en la mayoría de los productos resulta más favorable para la Atenuación Exponencial.

Para los 13 productos que se pronosticaron en este capítulo resulta más precisa la Atenuación Exponencial que el método de Box-Jenkis. Sin embargo, cabe hacer notar que la metodología de Box-Jenkis también resulta adecuada para la mayoría de los productos, además de que, aparte de proporcionar pronósticos, proporcionan límites de confianza las cuales pueden ser más útiles para complementar un pronóstico.

# CONCLUSIONES GENERALES

Finalmente, puede concluirse que el método que se buscaba para predecir el volumen de ventas en la industria panificadora con mayor precisión resultó ser tanto el método de Winter como el método de Box-Jenkins. Es conveniente utilizar cada método para pronosticar el producto que resultó mejor. En general el método de Winter resulta más recomendable pero solo para aquellos productos en que la desviación media absoluta resultó mejor; debido a que para los 13 productos que se analizaron y pronosticaron, en este trabajo, resultó ser más preciso que el método de Box-Jenkins.

En realidad, el método de Winter se ubica en un plano muy atractivo, para este caso en particular. Principalmente porque éste cuenta con muchas ventajas en cuanto a su manejo a comparación del otro método. Entre estas ventajas sobresalen: Un número muy reducido de datos previos, poco tiempo de uso en la computadora para llevar a cabo su operación y gran sencillez en los cálculos.

Según la teoría que se proporciona en el capítulo 2, se esperaba que en los resultados de la aplicación existiera una precisión mayor en los pronósticos arrojados con la metodología Box-Jenkins. Sin embargo, los resultados entre ambas metodologías son muy similares y algo curioso es que en el capítulo 4 donde se comparan los resultados con base a la media aritmética del error (DAM) ésta resulta menor para mucho más productos en comparación con los productos en que resulta menor para el método de Box- Jenkins. Pero, esto no quiere decir que el método de Box- Jenkins no sea adecuado para pronosticar las ventas de los productos panaderos ya que los resultados también fueron buenos.

La metodología Box- Jenkins, para este caso particular puede resultar en desventaja principalmente por el gran número de datos que requiere. Sin embargo es recomendable utilizarla en los productos en que la desviación absoluta media resultó menor. Algo positivo en ésta es que proporciona el pronóstico acompañado de sus respectivos límites (superior e inferior) lo cual resulta ventajoso para la planeación y toma de decisiones.

Por otro lado, es definitivo que el uso de cualquiera de estas dos técnicas resulta benéfico usarlas como herramientas para la planeación del pan, hablando en términos de precisión.

# BIBLIOGRAFÍA

- 1) Fremont E. Kast, James E. Rosenzweig  
"Administración en las Organizaciones"  
Mc Graw Hill  
septiembre de 1994 en litográfica Ingramex. México D.F
- 2) Buffa  
"Ciencias de la Administración e Investigación de Operaciones"  
Ed. Limusa  
1994 México D.F
- 3) González Videgaray María del Carmen  
"Modelos de decisión con Procesos Estocásticos"  
Ediciones Acatlán  
1990 México D.F
- 4) Jhon E. Hanke Arthur G. Reitsch  
"Pronósticos en los Negocios"  
Prentice Hall Hispanoamericana S.A  
Litográfica Ingramex 1996 México D.F
- 5) Spyros Makridakis, Steven C. Wheelwright  
"Manual de Técnicas de Pronósticos"  
Ed. Limusa  
1991 México D.F
- 6) José Antonio Fernández Arena  
"El proceso Administrativo"  
Ed. Limusa  
1976 México D.F
- 7) Damodar N. Gujarati  
"Econometría"  
Mc Graw Hill  
Septiembre 1996 en Litográfica Ingramex
- 8) R. Healey  
"Teoría de las decisiones"  
Ed. Limusa  
1995 México D.F

9) Juan Prawda  
"Métodos y Modelos de Investigación de operaciones  
Vol 2 Ed. Limusa  
1992 México D.F

10) Harry R. White  
Executive Director  
"Pronósticos de Ventas"  
Estrategias funcionales que ahorran tiempo y generan utilidades  
Sales Executives Club of New York  
traducido por Lic. Pablo Reyes P.  
Compañía Editora Continental S.A de C.V  
México D.F 1992