



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE FISICA Y MATEMATICAS

“Aplicación de las Series de Tiempo al Pronóstico
de la Demanda en la empresa de
manufactura moderna”

**MEMORIA DE EXPERIENCIA
P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN FÍSICA Y
M A T E M Á T I C A S**

P R E S E N T A

EDMUNDO VILIULFO FRÍAS MIRANDA

Director de Tesis
M. en C. Victor Hugo Ibarra Mercado



MÉXICO, D.F.

2006



Contenido

| | |
|---|---|
| CAP. I.- <u>Introducción.</u> | 1 |
| CAP. II.-<u>Razonamiento Estadístico para la Toma de Decisiones.</u> | 4 |
| 2.1 Razonamiento estadístico para la toma de decisiones. | |
| 2.2 Datos, información, hechos y conocimiento. | |
| 2.3 Proceso de toma de decisiones estadísticas. | |
| 2.4 Estadística de negocios | |
| CAP. III.- <u>Fundamentos de Pronósticos.</u> | |
| 15 | |
| 3.1 Necesidad de pronosticar. | |
| 3.2 Usos del pronóstico. | |
| 3.3 Clasificación de los pronósticos. | |
| 3.4 Elementos clave para la creación de pronósticos. | |
| 3.4.1 Forma del pronóstico requerido. | |
| 3.4.2 Nivel de agregación. | |
| 3.4.3 Periodo, frecuencia y horizonte. | |
| 3.4.4 Nivel y forma de medición. | |
| CAP. IV.- <u>Métodos y Principios de Pronósticos.</u> | |
| 26 | |
| 4.1 Modelos matemáticos determinísticos vs. estocásticos | |
| 4.2 Métodos y técnicas para pronosticar. | |
| 4.2.1 Métodos de juicio o cualitativos. | |
| 4.2.2 Series de tiempo. | |
| 4.2.3 Métodos causales. | |
| 4.3 Principales métodos utilizados en la industria. | |
| 4.4 Siete principios del proceso de pronóstico. | |
| CAP. V.- <u>Técnicas de Suavizamiento Exponencial.</u> | |
| 37 | |
| 5.1 Análisis de series de tiempo. | |
| 5.1.1 Notación y representación de las series de tiempo | |
| 5.1.2 Componentes de las series de tiempo. | |
| 5.2 Promedio simple como pronóstico. | |
| 5.2.1 Promedio simple como pronóstico: nivel y ruido. | |
| 5.2.2 Promedio simple como pronóstico: nivel, tendencia y ruido. | |
| 5.2.3 Promedio simple como pronóstico: nivel, estacionalidad y ruido. | |
| 5.2.4 Promedio simple como pronóstico: cambio de nivel. | |
| 5.3 Promedio móvil como pronóstico. | |



- 5.3.1 Promedio móvil como pronóstico: nivel, tendencia y ruido.
- 5.3.2 Promedio móvil como pronóstico: nivel, estacionalidad y ruido.
- 5.3.3 Promedio móvil como pronóstico: cambio de nivel.
- 5.4 Suavizamiento exponencial simple. Método de Brown y Meyer.
 - 5.4.1 La constante de suavizamiento alpha.
 - 5.4.2 Cómo funciona el suavizamiento exponencial.
 - 5.4.3 Suavizamiento exponencial: cambio de nivel.
 - 5.4.4 Suavizamiento exponencial: poco ruido.
 - 5.4.5 Suavizamiento exponencial: mucho ruido.
- 5.5 Suavizamiento adaptativo
 - 5.5.1 Suavizamiento adaptativo. cambio de nivel.
- 5.6 Suavizamiento exponencial con tendencia. Método de Holt.
- 5.7 Suavizamiento exponencial con tendencia y estacionalidad. Método de Holt-Winters.
- 5.8 Guía de selección de las técnicas de series de tiempo.

CAP. VI.- Medición de la Efectividad del Pronóstico.

69

- 6.1 Necesidad de medir la asertividad del pronóstico.
- 6.2 Métricas del error del pronóstico.
 - 6.2.1 Desviación del pronóstico o residuales.
 - 6.2.2 Sesgo del pronóstico.
 - 6.2.3 Porcentaje de códigos por rango de error.
 - 6.2.4 Porcentaje de códigos por grupo de error.
- 6.3 Análisis de las técnicas estadísticas de medición del error del pronóstico.
- 6.4 Formas de analizar y reportar la efectividad del pronóstico en la industria de manufactura.

CAP. VII.- Proceso de Planeación de la Demanda.

90

- 7.1 Planeación e incertidumbre.
- 7.2 Planeación de la demanda en la empresa de manufactura
 - 7.2.1 Rol del pronóstico en la planeación.
 - 7.2.2 Papel de la planeación de la demanda.
 - 7.2.3 Estructura de la planeación de la demanda.
 - 7.2.4 Áreas involucradas con el pronóstico de la demanda.
- 7.3 Mejores prácticas del pronóstico de la demanda
 - 7.3.1 Proceso de planeación y operaciones.
 - 7.3.2 Junta de consenso.
 - 7.3.3 Junta de post-mortem.
 - 7.3.4 Sistemas computacionales de creación de pronósticos.
 - 7.3.5 Medición de la efectividad del pronóstico.
 - 7.3.6 Perfil, rol y responsabilidades del pronosticador.



- 7.4 Beneficios de la mejora de la exactitud del pronóstico.
- 7.5 Beneficios de la implementación del proceso de planeación de la demanda.

CAP. VIII.- Conclusiones. 107

Bibliografía. 109



CAPITULO I

Introducción

La realización de esta tesis fue motivada por un problema que surge en el campo de los pronósticos de ventas. En particular, concierne a las empresas de manufactura en la creación de sus estimados o pronósticos de venta. Es un problema de gran interés en la actualidad, pues aunque se cuenta con un gran número de *métodos estadísticos cuantitativos* y con los avances tecnológicos para implementarlos, en la práctica la mayoría de las empresas de nuestro país no los usan correctamente, o peor aun, no los conocen o no los entienden; privándose, por tanto, de los grandes beneficios de disponer de pronósticos de venta precisos y confiables.

Adicionalmente, la globalización de mercados que está teniendo lugar en el mundo entero y las aperturas comerciales que se están dando en nuestro país han propiciado un nuevo entorno socio-económico nacional, el cual se caracteriza principalmente por el aumento de los niveles de competitividad entre las empresas de todos los giros y tamaños.

Este nuevo entorno socio-económico representa mayores retos para las compañías y a su vez mayores niveles de exigencia, obligándolas tanto a elevar sus niveles de productividad y servicio como a administrar mejor sus recursos si desean mantenerse como empresas competitivas y exitosas.

Lo anterior ha conducido a las organizaciones a buscar mejores prácticas de negocio y a poner mayor atención en sus procesos críticos. Y uno de los procesos críticos de toda empresa de manufactura en particular es el proceso de Creación de Estimados o Pronóstico de Ventas, el cual constituye el punto de partida de toda la serie de actividades y procesos que intervienen para llevar el producto terminado al consumidor final.

Ante esta situación la alta dirección se plantea las siguientes reflexiones:

- ☞ ¿Es posible reducir los excesos de inventario ocasionados por la demanda pronosticada por arriba de la real, y que causan altos costos de inventario innecesarios?
- ☞ ¿Podemos eliminar los faltantes de producto causados por la demanda pronosticada por debajo de la real, y que traen consigo grandes pérdidas de venta y clientes no satisfechos?
- ☞ ¿Cómo podemos **mejorar la exactitud** del pronóstico de ventas?
- ☞ ¿Es posible aplicar el análisis de los **métodos estadísticos cuantitativos** al proceso de creación de estimados de venta para mejorar su exactitud y reducir la incertidumbre de la demanda futura?



☞ ¿Cuál es el mejor método de pronóstico para usarse en una situación dada en particular?

Para resolver estas cuestiones, las empresas de clase mundial han creado una nueva área llamada Administración de la Demanda, cuya función primordial es la de proveer un estimado confiable y preciso de la demanda, que nos permita tener mayor visibilidad sobre el rumbo del negocio.

Este estimado de venta tiene una importancia muy grande dentro de dichas empresas, ya que al permitirnos conocer con anticipación las ventas futuras, nos posibilita planear eficientemente los requerimientos de materia prima, la capacidad de la planta y programar la producción. En otras palabras, el estimado de venta constituye el punto de partida de toda la cadena de abastecimiento del negocio.

Las áreas de la empresa más interesadas en conocer los estimados de venta son mercadotecnia, compras, ventas, manufactura y finanzas principalmente.

Por lo anterior, podemos percatarnos que los estimados y su exactitud son un punto que preocupa mucho a la alta dirección, quien busca obtener los beneficios potenciales de todo buen pronóstico de venta, como son:

- ☞ Mejor servicio al cliente
- ☞ Niveles de inventario bajos como consecuencia de la reducción del error del pronóstico
- ☞ Mejor planeación y programación de la producción
- ☞ Políticas de promoción y publicidad más efectivas
- ☞ Mejor administración del personal
- ☞ Mejor administración de materiales

solo por citar algunos de ellos.

Ahora bien, para disponer de estimados confiables y conseguir los beneficios anteriores es una condición necesaria, como primer paso, mejorar la calidad del pronóstico. Y es aquí donde cobran un valor muy grande las series de tiempo y los diversos métodos estadísticos de pronóstico.

Los métodos basados en el análisis de series de tiempo trabajan con datos históricos de venta, o venta real, registrados en un periodo de tiempo dado. Y con esta información es posible determinar ciertas características que constituyen patrones de cambio, como son:



- ⇒ Nivel de venta
- ⇒ Tendencia de venta
- ⇒ Variación cíclica
- ⇒ Variación estacionalidad
- ⇒ Variación irregular

Estos patrones de cambio de una serie de tiempo son muy útiles para obtener proyecciones de venta precisas y confiables.

El presente trabajo se enfocará en analizar cuál es el mejor método estadístico de series de tiempo para usar en una situación dada, cubriendo desde promedios simples y móviles hasta suavizamientos exponenciales con cambios en la tendencia, nivel y estacionalidad.

También revisaremos cómo evaluar y comparar los diferentes métodos. Las conclusiones se basan en la experiencia acumulada de un servidor a lo largo de más de una década de trabajo y aplicación de las series de tiempo y los modelos de regresión a los pronósticos de venta, tanto en la industria farmacéutica como en la industria de cosméticos. Sin embargo, dichos resultados son igualmente válidos para las empresas de manufactura en general.

Finalmente, el presente trabajo representa un puente entre la teoría y la práctica, con la práctica impulsando la aplicación de las series de tiempo y modelos de suavizamiento exponencial para que puedan constituir una importante herramienta estadística que nos ayude a crear pronósticos de calidad.

Por último, quisiera destacar que durante mis últimos diez años de experiencia laboral, he trabajado para la empresa Avon Cosmetics de México en el área de Planeación de la Demanda y he llevado a cabo exitosamente los siguientes retos:

- a. Establecimiento de un proceso de Planeación de la Demanda.
- b. Desarrollo e implementación de una herramienta de “Creación de Pronósticos”, usando técnicas estadísticas de suavizamiento exponencial.
- c. Selección del personal del área recién creada (Planeadores de Demanda).
- d. Entrenamiento inicial de la “Aplicación de las Técnicas Estadísticas a los Pronósticos de Ventas.”

Y a partir del 2002 he proporcionado entrenamiento estadístico y de Planeación de la Demanda a nuestros equipos de Avon México, y también a equipos de la región de Avon Latinoamérica, a saber, Ecuador, Costa Rica, Venezuela y Argentina.



CAPITULO II

Razonamiento Estadístico para la Toma de Decisiones

2.1 Razonamiento estadístico para la toma de decisiones.

En los negocios, el proceso de toma de decisión bajo incertidumbre se basa, en gran parte, en el uso de la estadística para la estimación de la probabilidad de acontecimientos o factores no controlables, así como la estimación del riesgo de sus decisiones.

Las buenas decisiones de hoy en día son conducidas por datos. En todos los aspectos de nuestras vidas, y más aún en el mundo de los negocios, una diversidad asombrosa de datos está disponible para el procesamiento y el trabajo analítico. Actualmente, gerentes de negocios, y profesionales en general, son exigidos cada vez más a justificar sus decisiones basándose en la información proporcionada por datos. Por esto, necesitan sistemas de soporte de decisiones basadas en modelos.

Las habilidades estadísticas les permiten a los administradores recolectar, analizar e interpretar inteligentemente los datos relevantes para la toma de decisiones. En este contexto, los conceptos estadísticos y el razonamiento estadístico son útiles para:

- Solucionar problemas en una diversidad de situaciones
- Agregar soporte a las decisiones.
- Reducir el trabajo de adivinar.

En el ámbito competitivo, los gerentes de negocios deben aplicar calidad en los productos y en los procesos para producirlos. Para ello, es importante generar métodos de mejoramiento continuo en todas las etapas de los procesos de producción y servicio.

Más aún, si se dispone de una estrategia de negocios que contemple el uso de métodos estadísticos, particularmente experimentos estadísticamente diseñados, se podrán crear procesos que proporcionen altos niveles de producción y productos que raramente fracasen en el mercado.

En adición, los estudios estadísticos cuidadosamente planificados eliminan obstáculos para la alta calidad y productividad en cada etapa de la producción. Esto hace ahorrar tiempo y dinero. En otras palabras, se debe saber utilizar los análisis estadísticos para mejorar, optimizar y para hacer procesos y productos sólidos en el mercado.



Lo anterior nos lleva a pensar que cada vez se requiere de más profesionales con fuertes habilidades cuantitativas. Y que dichos profesionales promuevan el uso de razonamientos y técnicas estadísticas para reducir las variaciones y mejorar los procesos productivos.

Por ejemplo, cuando examinamos una distribución de los datos, deberíamos estar capacitado para detectar algunas características importantes, tales como la forma, la ubicación, la variabilidad, y los valores inusuales. Mediante una cuidadosa observación de los patrones en los datos, podemos generar conjeturas acerca las relaciones entre variables. La noción de cómo una variable puede estar asociada con otra es parte de casi todo análisis estadístico.

Otro ejemplo del uso de modelos estadísticos con implicaciones gerenciales, como un análisis "que pasa si...", es el análisis de regresión. Este análisis es una técnica de gran poder que permite estudiar la relación entre variables dependientes (productos, medidas de funcionamiento) y variables independientes (insumos, factores, y variables de decisión). Reuniendo relaciones entre las variables de la ecuación más apropiada (es decir, el modelo) nos permite predecir o identificar los factores más influyentes, además de estudiar el impacto sobre las variables dependientes para cualesquier cambio en sus valores actuales.

También tenemos, frecuentemente, el caso en que los gerentes de mercadotecnia se enfrentan con la pregunta: ¿qué tamaño de muestra es necesario? Esta es una decisión estadística común e importante, y que debe ser tomada en consideración, puesto que un tamaño de muestra inadecuado conduce a un inevitable desperdicio y desaprovechamiento de recursos.

Los anteriores casos sólo son uno ejemplos de una amplia diversidad de situaciones que podemos encontrar en el mundo de los negocios.

Por otra parte, existe el gran reto de hacer que el razonamiento estadístico suene comprensible en términos del lenguaje de negocios y que pueda ayudar a tomar mejores decisiones. En consecuencia, es indispensable fomentar dicho razonamiento estadístico en los gerentes de negocios, los cuales en muchos casos deben tomar decisiones sin un buen soporte estadístico.

Finalmente, quiero concluir esta sección con las siguientes frases:

"El razonamiento estadístico un día será tan necesario para una sociedad eficiente como la capacidad de leer y de escribir" y

"El pensamiento estadístico nos permite añadir sustancia a las decisiones".



2.2 Datos, Información, Hechos y Conocimiento.

La base de datos de una organización o empresa contiene riqueza en la información, sin embargo los miembros de los grupos de decisiones tecnológicas filtran una fracción de ella. Los empleados desperdician mucho tiempo buscando cuidadosamente múltiples fuentes para una base de datos. Los tomadores de decisiones se frustran porque no pueden conseguir datos críticos para sus negocios exactamente cuando ellos lo necesitan. Por lo tanto, muchas decisiones se basan en adivinanzas, no hechos. También muchas oportunidades son desperdiciadas, si es que son siquiera percibidas.

Para evitar lo anterior, es importante para una empresa que los datos sean recolectados de acuerdo a un plan que garantice la producción de información válida sobre una conjetura a ser obtenida. El plan de recolección de datos debe identificar las variables importantes que estén relacionadas con la conjetura, y especificar cómo estas van a ser medidas. Entonces podremos formular un modelo estadístico para obtener ciertas inferencias.

El conocimiento es lo que sabemos. La información es la comunicación de conocimientos. En cada intercambio de conocimientos, hay un remitente y un receptor. El remitente hace común lo que es privado, hace la información, la comunicación. La información se puede clasificar como formas explícitas y tácitas. La información explícita se puede explicar de forma estructurada, mientras que la información tácita es inconsistente e imprecisa de explicar.

Los datos son conocidos como información cruda y no como conocimientos en sí. La secuencia que va desde los datos hasta el conocimiento es (observe el siguiente cuadro): de los Datos a la Información, de la Información a los Hechos, y finalmente, de los Hechos al Conocimiento. Los datos se convierten en información, cuando se hacen relevantes para la toma de decisión a un problema. La información se convierte en hecho, cuando es respaldada por los datos. Los hechos son lo que los datos revelan.

Los hechos se convierten en conocimiento, cuando son utilizados en la complementación exitosa de un proceso de decisión. La figura siguiente ilustra el proceso de razonamiento estadístico basado en datos para construir los modelos estadísticos para la toma de decisión bajo incertidumbre.

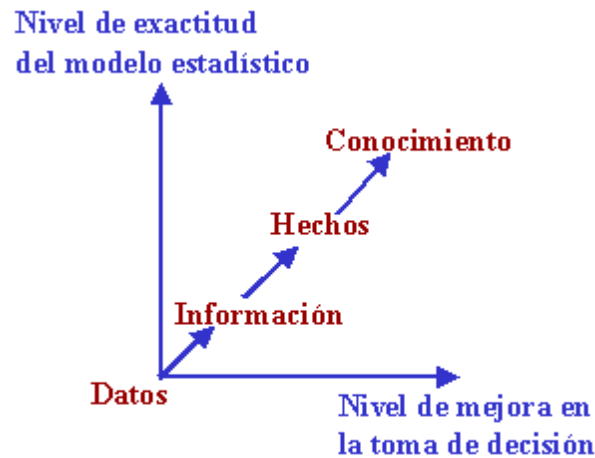


Figura 1.3.1

La figura anterior representa el hecho de que a medida que la exactitud de un modelo estadístico aumenta, el nivel de mejoramiento en la toma de decisión aumenta. Esta es la razón del por qué necesitamos la estadística de negocio. La estadística se creó por la necesidad de poner conocimiento en una base sistemática de la evidencia. Esto requirió un estudio de las leyes de la probabilidad, del desarrollo de las propiedades de medición y de la relación de datos.

La inferencia estadística intenta determinar si alguna significancia estadística puede ser adjunta luego que se permita una variación aleatoria como fuente de error. Una inteligente y crítica inferencia no puede ser hecha por aquellos que no entiendan el propósito, las condiciones, y la aplicabilidad de las de diversas técnicas para juzgar el significado.

Considerando el ambiente de la incertidumbre, la posibilidad de que "las buenas decisiones" sean tomadas se incrementa con la disponibilidad "de la buena información". La disponibilidad de "la buena información" se incrementa con el nivel de estructuración del proceso de Dirección de Conocimiento. La figura anterior también ilustra el hecho que mientras la exactitud de un modelo estadístico aumenta, el nivel de mejora en la toma de decisiones aumenta.

El conocimiento es más que simplemente saber algo técnico. El conocimiento necesita la sabiduría. La sabiduría es el poder de poner nuestro tiempo y nuestro conocimiento en el uso apropiado. La sabiduría viene con edad y experiencia. La sabiduría es la aplicación exacta del conocimiento exacto. La sabiduría es sobre saber como algo técnico puede ser mejor utilizado para cubrir las necesidades de los encargados de tomar decisiones. La sabiduría, por ejemplo, crea el software estadístico que es útil, más bien que solo técnicamente brillante.



2.3 Proceso de toma de decisiones estadísticas.

A diferencia de los procesos de toma de *decisiones determinísticas*, tales como optimización lineal, resueltos mediante sistemas paramétricos de ecuaciones, en la toma de decisión bajo pura incertidumbre las variables son normalmente más numerosas y por lo tanto más difíciles de medir y controlar. Sin embargo, los pasos para resolverlos son los mismos. Estos son:

1. Simplificar
2. Construir un modelo de decisión
3. Probar el modelo
4. Usando el modelo para encontrar soluciones:
 - El modelo es una representación simplificada de la situación real.
 - No necesita estar completo o exacto en todas las relaciones.
 - Se concentra en las relaciones fundamentales e ignora las irrelevantes.
 - Este es entendido con mayor facilidad que un suceso empírico (observado), por lo tanto permite que el problema sea resuelto con mayor facilidad y con un mínimo de esfuerzo y pérdida de tiempo.
5. El modelo puede ser usado repetidas veces para problemas similares, y además puede ser ajustado y modificado.

Afortunadamente, los *métodos probabilísticos y estadísticos* para el análisis de toma de decisiones bajo incertidumbre son más numerosos y mucho más poderosos que nunca. Las computadoras hacen disponible muchos usos prácticos. Algunos de los ejemplos de aplicaciones para negocios son los siguientes:

- Un auditor puede utilizar técnicas de muestreo aleatorio para auditar las cuentas por cobrar de un cliente.
- Un gerente de planta puede utilizar técnicas estadísticas de control de calidad para asegurar la calidad de los productos con mínima inspección y menor número de pruebas.
- Un analista financiero podría usar métodos de regresión y correlación para entender mejor la analogía entre los indicadores financieros y un conjunto de otras variables de negocio.
- Un analista de mercadeo podría usar pruebas de significancia para aceptar o rechazar una hipótesis sobre un grupo de posibles compradores a los cuales la compañía esta interesada en vender sus productos.
- Un gerente de ventas podría usar técnicas estadísticas para predecir las ventas de los próximos periodos.



Preguntas Concernientes al Proceso de Toma de Decisiones Estadísticas:

1. **Objetivos de las hipótesis:** ¿Cuál es el objetivo del estudio o de las preguntas a ser respondidas?, ¿Cuál es la población a la cual los investigadores intentan dirigir sus descubrimientos?
2. **Diseño estadístico:** ¿Cómo es la muestra que se seleccionará?, ¿Existen posibles fuentes de selección que harían la muestra anormal o no representativa?, ¿Si es así, qué previsión debe ser hecha para trabajar con estas anomalías?, ¿Cuál es la naturaleza de los grupos de control, estándar de comparación, o de costos?. Recordemos que modelamiento estadístico significa reflexiones antes de acciones.
3. **Observaciones:** ¿Están las variables claramente definidas, incluyendo clasificaciones, medidas (y/o conteos), y resultados? ¿Es el método de clasificación o de medida consistente a todas las preguntas y relevancias en el punto No 1?, ¿Existen posibles irregularidades en las mediciones (y/o conteos) y si es así, ¿Qué previsiones se deben tomar para trabajar con ellas? ¿Son las observaciones confiables y cuestionables (para defender sus resultados)?
4. **Análisis:** ¿Son los datos suficientes y dignos para el análisis estadístico?, si es así, ¿Son las condiciones necesarias del método de análisis estadístico apropiadas a la fuente y a la naturaleza de los datos?, El análisis debe ser realizado e interpretado correctamente.
5. **Conclusiones:** ¿Que conclusiones son justificables por los resultados?, ¿Cuáles no lo son?, ¿Son las conclusiones relevantes con respecto a las preguntas propuestas en el punto No. 1?
6. **Representación de los resultados:** Los resultados deben ser representados suficientemente claros y objetivos en términos y detalles no técnicos para permitir a los responsables de la toma de decisiones (gerentes) a entenderlos y juzgarlos. ¿Son los resultados internamente consistentes?, es decir, ¿los números obtenidos tienen son obtenidos correctamente? ¿Pueden las diversas representaciones ser aceptadas?
7. **Sumario gerencial:** Cuando sus resultados y sus representaciones no son claramente expresadas, o enmarcadas de un modo apropiado para ser entendidos por los tomadores de decisiones, estos no se sentirán convencidos de los resultados y en consecuencia no implementaran ninguna de las recomendaciones. Usted habrá desperdiciado su tiempo, dinero, y otros factores por nada.



2.4 Estadística de negocios.

La estadística de negocios es una ciencia que nos asiste en la toma de decisiones bajo incertidumbre basadas en algunas escalas numéricas y mensurables. Los procesos de toma de decisión deben basarse en datos, no en opiniones personales o creencias.

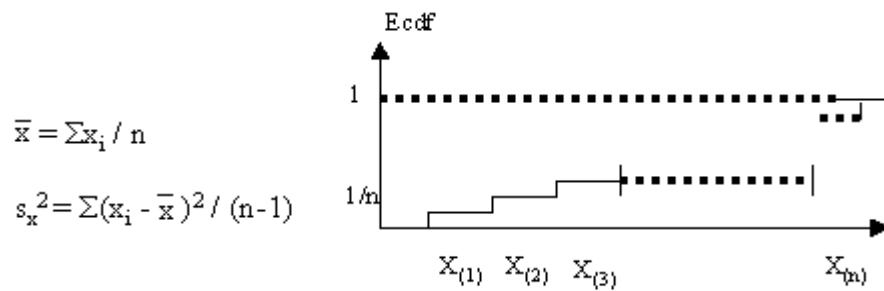
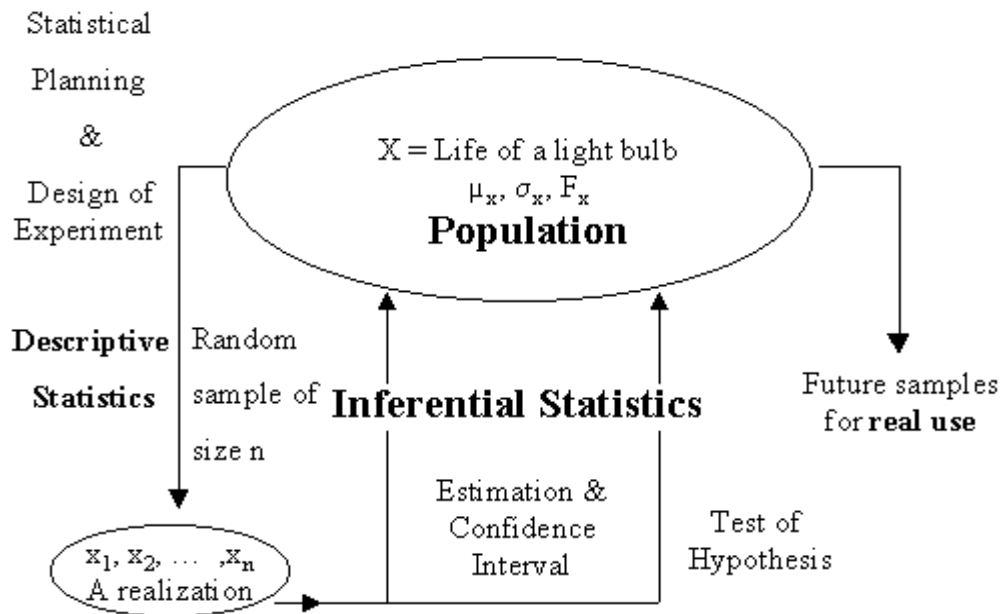
El objetivo principal de la estadística de negocios es hacer inferencias (es decir, predicciones, tomando decisiones) sobre ciertas características de una población basada en la información contenida en una muestra escogida al azar (o aleatoria) de la población entera. La condición para la aleatoriedad es esencial para cerciorarse de que la muestra es representativa con respecto a la población.

La estadística de negocios es la ciencia de la "correcta" toma de decisiones bajo incertidumbre, la cual es utilizada en muchas disciplinas tales como el análisis financiero, econometría, auditoría, producción y operaciones e investigación de mercados. Esta proporciona conocimientos y habilidades para interpretar y utilizar técnicas estadísticas en una variedad de aplicaciones en negocios. En otras palabras, cuando se proporcionan cursos de estadística de negocios, que están dirigidos a gerentes de empresas o administradores en general, estos cubren el estudio estadístico, la estadística descriptiva (recolección, descripción, análisis, y sumario de datos), probabilidad, distribuciones binomiales y normales, prueba de hipótesis e intervalos de confianza, regresión lineal, y correlación.

La estadística es una ciencia de toma de decisiones que se refiere a las características de un grupo de personas u objetos basándose en la información numérica obtenida de una muestra aleatoria seleccionada de un grupo (o población). Una muestra aleatoria es solamente una muestra de los resultados finitos de un proceso de selección al azar.

En la etapa de planeamiento de la investigación estadística, el cuestionamiento del tamaño de muestra (n) es crucial. Por ejemplo, el tamaño de una muestra para seleccionar de una población finita de tamaño N , se fija en: $: N^{1/2}+1$, redondeado al número entero más cercano. Obviamente, mientras más grande sea la muestra, mayor será la información relevante que proporciona, y en consecuencia la estimación será más exacta y habrá un mejor criterio estadístico para realizar la prueba de hipótesis.

Statistics: Science of Making Decisions under Risk
 How many light bulbs to buy to last a given mission time t_0 ?



Applications:

- Knowledge of the whole from a particular
- Representing the population in a condensed form
- Knowledge of future sampling for real use

La figura anterior ilustra la idea de la inferencia estadística de una muestra aleatoria sobre la población. También proporciona la estimación de los



parámetros de la población; a saber, el valor esperado μ_x , la desviación estándar σ y la función de distribución acumulada (fda) F_x , así como los correspondientes estadísticos de la muestra, media \bar{x} , desviación estándar S_x de la muestra y la función de distribución empírica acumulada (fda), respectivamente.

La tarea principal de la estadística es la metodología de recolectar, analizar, e interpretar una muestra aleatoria con el objetivo de obtener inferencias sobre algunas características particulares de una población homogénea específica. Por dos razones principales, es casi imposible estudiar una población completa:

- a. El proyecto sería muy costoso.
- b. El proceso sería complicado y tomaría mucho tiempo.

En cualquier caso, nosotros recurriríamos a mirar una muestra elegida de la población e intentaríamos deducir la información sobre la población entera solamente examinando una muestra más pequeña. A menudo los números que más nos interesan sobre la población son la media y la desviación estándar. Cualquier número - como la media o la desviación estándar - que sea calculado de una población entera, es llamado *parámetro*. Si los mismos números se derivan solamente de los datos de una muestra, los números resultantes son llamados *estadísticos*. Con frecuencia, las letras griegas representan parámetros y las letras latinas representan estadísticos (según se demuestra en la figura anterior).

La incertidumbre en la extensión y generalización de los resultados de muestreo de una población son medidos y expresados por aseveraciones estadísticas llamadas Inferencia estadística. Por lo tanto, la probabilidad es usada en estadísticas como una herramienta de medición y como criterio de decisión para resolver problemas de incertidumbre en la estadística inferencial.

Un aspecto importante de la estadística inferencial es la estimación de los valores de la población (parámetros) mediante una muestra de datos. Una estimación de un parámetro es imparcial si el valor esperado de la distribución muestral es igual al de la población. La media muestral es una estimación imparcial de la media poblacional. La varianza muestral es una estimación imparcial de la varianza poblacional. Esto nos permite combinar varios estimadores para obtener una mejor estimación. La distribución empírica es la distribución de una muestra aleatoria, mostrada por los pasos de la función en la figura anterior. La función de distribución empírica es una estimación imparcial de la función de distribución de la población $F(x)$.

La prueba de hipótesis es un procedimiento para lograr una decisión probabilística concluyente en referencia a un valor propuesto para los parámetros poblacionales basados en una muestra.. Para reducir esta



incertidumbre y obtener un alto grado de confianza de que las inferencias estadísticas son correctas, una muestra debe otorgar la misma posibilidad de ocurrencia o selección a cada miembro de la población, el cual puede ser alcanzado mediante el muestreo aleatorio de una muestra n relativamente grande.

La estadística es una herramienta que nos permite imponer orden ante la desarmonía desorganizada del mundo de la sociedad moderna. El mundo de los negocios ha crecido en tamaño y competencia. El ejecutivo corporativo tiene que tomar riesgo en los negocios, por lo tanto la necesidad de la estadística de negocio.

La estadística de negocio ha crecido con el arte de construir cuadros y tablas. Es una ciencia de basar decisiones en datos numéricos encarando incertidumbre.

La estadística de negocio es un acercamiento científico a la toma de decisión bajo riesgo. En la práctica de la estadística de negocios, buscamos la aproximación, no la solución. Nuestra búsqueda es encontrar una solución que satisfaga todas las necesidades del negocio con el menor riesgo posible. La estadística de negocios puede tomar una situación normal de negocio, y con la apropiada recolección de datos, análisis, e investigación para una solución, convertirla en una oportunidad.

A pesar que la estadística de negocios no puede sustituir el conocimiento y la experiencia de los tomadores de decisiones, es una herramienta valiosa que los gerentes de negocios pueden emplear para respaldar al proceso de toma de decisión con el objetivo de reducir el riesgo inherente.

Para cada consumidor y productor, la estadística de negocio proporciona respuestas justificables a las inquietudes siguientes:

1. ¿Cuáles son las Expectativas que usted y su cliente tienen del producto/ servicio que usted vende o que su cliente compra?, es decir, ¿cuál sería una buena estimación μ ?
2. Dado la información sobre su cliente y sus expectativas, ¿cuál es la calidad del producto/ servicio que usted vende o que su cliente compra?, es decir, ¿cuál sería una buena estimación para σ ?
3. Dada la información sobre su cliente y sus expectativas, y la calidad del producto/ servicio que usted vende o que su cliente compra, ¿cómo es el producto/ servicio comparado con otros tipos similares?, es decir, comparando varias μ 's, y varias σ 's .



CAPITULO III

Fundamentos de Pronósticos



3.1 Necesidad de pronosticar.

En los últimos años han aparecido nuevas tecnologías y nuevas disciplinas de la noche a la mañana; la competencia entre organizaciones se ha hecho más dura y cerrada; han aparecido nuevas formas de hacer negocio con la globalización de mercados, las alianzas estratégicas y las franquicias. En resumen, el mundo actual se caracteriza por la velocidad de cambio de sus sistemas. Y los cambios tecnológicos, económicos y socioculturales han marcado condiciones novedosas para el desarrollo de las organizaciones, que ahora cada vez son más complejas y globalizadas.

Lo anterior ha hecho que las empresas trabajen en un clima organizacional que es más complejo, con una dinámica más rápida y más competitiva que nunca; pero sobre todo, ha hecho que todas las organizaciones operen en un ambiente de mayor incertidumbre.

A pesar de todo esto, los administradores de las empresas deben seguir tomando decisiones que afectan el rumbo o futuro de las mismas. Las organizaciones que no puedan reaccionar con rapidez a las condiciones cambiantes y *prever el futuro* con algún grado de precisión, tendrán serios problemas para sobrevivir. Es aquí donde los *pronósticos* juegan un papel muy importante, ya que son *predicciones* de eventos futuros que nos ayudan a reducir la incertidumbre ante el porvenir.

Los pronósticos son vitales para cualquier organización en la toma de decisiones. En nuestro país, cada vez son más las empresas que obtienen los beneficios de estimar sistemáticamente sus pronósticos, en especial la demanda de sus productos, así como algunas variables financieras y económicas. Estamos hablando de empresas de diversos tamaños y sectores; y particularmente del sector manufacturero. Sin embargo, aún muchas empresas en México tienen problemas con la certeza de sus pronósticos por la alta variabilidad en la demanda. Y los errores en el pronóstico les causan diversos problemas como por ejemplo, sobre inventarios y/o faltantes de productos.

Debido al hecho de que toda organización necesita planear cómo enfrentar las condiciones futuras en un ambiente de incertidumbre, podemos decir que en el mundo de los negocios, y en particular en las empresas de manufactura modernas, la mayoría de las decisiones gerenciales están basadas en pronósticos; y más aun, que el pronóstico es un elemento indispensable para el proceso de planeación.

Adicionalmente, la necesidad de hacer pronósticos está presente en casi todas las áreas de una empresa de manufactura. Se requiere hacer pronósticos en las áreas de finanzas, ventas, mercadotecnia, personal y de producción; sólo por citar algunas. En el apartado siguiente hablaremos un poco más al respecto.



3.2 Usos del pronóstico.

Si bien es cierto que el presente trabajo se enfoca en las empresas de manufactura, la aplicación de los pronósticos, como predicciones estadísticas que son, no se limita al sector industrial, sino que también es necesaria en otros sectores como el público, el financiero, y el turístico.

Considerando en particular a la empresa de manufactura moderna, los pronósticos son útiles en diversas áreas, departamentos y funciones. Los siguientes son ejemplos de situaciones donde podemos hacer uso de los pronósticos.

Administración de la demanda. Aquí se generan los pronósticos de venta de las compañías de manufactura. Estos pronósticos son el resultado de los planes de crecimiento de mercadotecnia y en particular de sus campañas promocionales. Los pronósticos de venta son el insumo para las áreas de compras y manufactura. Es decir, compras se encarga de conseguir los componentes y materias primas necesarias en la cantidad adecuada, y manufactura usa estas para elaborar los productos de acuerdo al pronóstico de ventas.

Administración de inventarios. Es necesario disponer de un estimado del consumo de inventario de los componentes y materia prima para determinar las cantidades a comprar. Por otro lado, también se requiere tener un pronóstico o estimado de la variabilidad de la desviación o error del pronóstico para establecer puntos de re-orden y garantizar la disponibilidad dichos componentes.

Planeación de la producción. Para planear la producción de una familia de productos, se hace uso de un programa de producción, el cual usa como insumo indispensable un pronóstico de ventas de cada producto. Este pronóstico se extiende a varios periodos de venta futuros. Es decir, se requiere saber la venta esperada de los siguientes tres o cuatro o incluso seis meses siguientes. Los pronósticos de cada producto se convierten en requerimientos de componentes, materias primas, productos semi-terminados, mano de obra y capacidad de la planta, para ejecutar el programa de producción. En resumen, en operaciones los pronósticos se emplean para la planeación de la capacidad de producción, distribución física de maquinaria y administración de inventarios.

Ventas. Los gerentes de distrito requieren hacer pronósticos de los niveles de venta que alcanzarán sus vendedores y fijarles nuevas cuotas u objetivos de venta. En otras palabras, aquí los pronósticos tienen mucha utilidad para estimar cuotas y objetivos en todos los niveles.

Finanzas. Se requiere hacer pronósticos del flujo de efectivo por mes y por diferentes conceptos.



Servicio al cliente. El gerente departamento de atención a clientes necesita un pronóstico del volumen de llamadas por hora para programar a su personal y equipo eficientemente.

Administración de proyectos. Cuando se elabora un plan de trabajo para un proyecto cualquiera, el líder de proyecto necesita hacer estimaciones del tiempo requerido para completar cada actividad en función de los recursos asignados.

3.3 Clasificación de los pronósticos.

Los pronósticos se clasifican atendiendo principalmente a dos características: la primera es el *horizonte* de tiempo del pronóstico, y la segunda, el tipo de método empleado, que involucra a los *cualitativos* y *cuantitativos*.

El horizonte de tiempo del pronóstico podría ser considerado de cuatro tipos: inmediato, asociado a un tiempo menor a un mes; corto plazo, mediano plazo y largo plazo, para dos años o más. Cabe mencionar que esta clasificación puede variar, dependiendo del tipo de datos con los que se trabaje.

Los *pronósticos de plazo inmediato* se requieren para casos muy específicos, por ejemplo, la estimación por minuto de la producción de una máquina de lápices labiales o las llamadas de entrada por segundo del departamento de telemarketing.

Los *pronósticos a corto plazo* se utilizan para diseñar estrategias y acciones inmediatas. Los usan los administradores de rango medio como líderes de proyecto y analistas de demanda para enfrentar las necesidades del futuro inmediato.

Los *pronósticos a mediano plazo* se utilizan, por ejemplo, para la adquisición de materia prima y compra de equipos. Dicha adquisición no es inmediata y requiere cierto tiempo para realizarse, por lo que se necesita planear adecuadamente.

Los *pronósticos a largo plazo* son necesarios para establecer el rumbo general de la organización para un largo periodo, digamos más de un año. Este tipo de pronósticos es ampliamente usados por la alta dirección, particularmente cuando hablamos del plan de ventas o de las estrategias financieras del negocio, así como aspectos presupuestales, ventas, objetivos, planeación e inversión.

Por otro lado, los procedimientos y técnicas estadísticas de pronóstico también se pueden clasificar de acuerdo con su tendencia a ser más cuantitativos o cualitativos. En uno de los extremos, *una técnica puramente cualitativa* es aquella que no requiere de una abierta manipulación de datos sólo se utiliza el "juicio" de quien pronostica. Desde luego, incluso aquí, el "juicio" del



pronosticador es en realidad el resultado de la manipulación mental de datos históricos pasados.

Por su parte, *las técnicas puramente cuantitativas* no requieren de elementos de juicio; son procedimientos mecánicos que producen resultados cuantitativos. Esto implica el análisis de datos históricos para tratar de predecir valores futuros de la variable de interés. Los métodos cuantitativos involucran modelos matemáticos, algunos de ellos complejos y sofisticados, los cuales requieren de una manipulación de datos más compleja.

Es importante hacer énfasis en que junto con los procedimientos mecánicos y de manipulación de datos, se deben emplear elementos de juicio y sentido común. Sólo en esta forma se puede llevar a cabo un pronóstico inteligente.

En la práctica podemos identificar algunos métodos de pronóstico que se adecúan a las circunstancias y necesidades de las empresas de todo tipo; y a veces una combinación de los métodos descritos anteriormente proporciona mejores resultados. En otras palabras, podemos encontrar una combinación que proporcione cierto peso a los resultados numéricos y cierto peso a las opiniones de los expertos. Y de esta fusión surgen los métodos que podríamos llamar cualicuantitativos.

Dentro de los métodos cuantitativos, existen otros dos métodos o enfoques para desarrollar pronósticos. Los que se basan en *modelos causales* y los que se basan en *modelos de series de tiempo*. Como lo ilustra la siguiente figura:



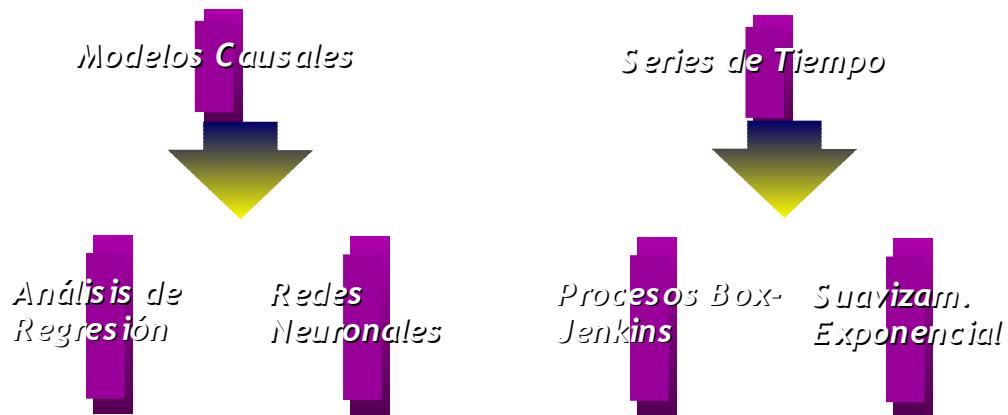


Figura 3.3.1

Con los *modelos causales*, el estimado de la venta futura se basa en el análisis de factores que se cree que influyen la demanda; se les conoce como *métodos explicativos*.

Por el contrario, con los *modelos de series de tiempo* el pronóstico se basa en el análisis del comportamiento de la historia de venta; se les conoce como *métodos de extrapolación*.

Como ejemplo, consideremos la venta de productos de lencería de una marca cualquiera. Bajo el enfoque de modelos causales, esperaríamos que la venta aumente, con respecto a su nivel actual, debido a una reciente campaña de publicidad. En cambio, bajo el enfoque de modelos de series de tiempo, consideraríamos la estacionalidad debido a la época de navidad.

Es posible que ambos enfoques nos lleven a crear pronósticos precisos y confiables. Sin embargo, de acuerdo a la experiencia, el enfoque de modelos causales es más difícil de implementar y validar.

El presente trabajo abordará los métodos de suavizamiento exponencial los cuales son más ampliamente utilizados en las empresas de manufactura modernas.

3.4 Elementos clave para la creación de pronósticos.

Existen diferentes elementos para la creación de pronóstico, que bien utilizados pueden generar un estimado con la exactitud necesaria para poder planear de un mejor modo. Típicamente estos elementos son:



1. Forma del pronóstico requerido
2. Nivel de agregación del pronóstico.
3. Periodo, frecuencia y horizonte.
4. Nivel y forma de medición de la asertividad.

3.4.1 Forma del pronóstico requerido.

Como lo hemos visto anteriormente en el presente trabajo, la finalidad de los pronósticos es *predecir la tendencia futura de una variable* a través de alguna técnica estadística y en combinación con criterios cualitativos. En otras palabras, mediante técnicas de predicción se pretende *explicar y analizar* el pasado para *modificar* el futuro.

Si hablamos del pronóstico de la demanda, entonces nuestra variable de interés será las ventas totales registradas en un periodo dado. La variable de interés se concibe como una variable aleatoria con una distribución de probabilidad desconocida. Y para obtener un pronóstico de la variable, se nos presentan dos situaciones posibles:

- a. Podríamos necesitar un estimado de alguna característica de la distribución tal como la media, mediana o moda para usarlo como el pronóstico de la variable ,ó
- b. Como medida de la incertidumbre, podríamos necesitar un estimado de la desviación estándar o incluso un intervalo de las mayores probabilidades de contener los valores reales de venta futura.

Debido al hecho de que no existen pronósticos perfectos y que no podemos eliminar completamente el riesgo, es necesario agregar a nuestro estimado anterior un factor de error como medida de la incertidumbre

En función de lo anterior, podemos afirmar que el pronóstico tomo alguna de las dos formas siguientes:

- a. Un estimado del valor esperado de la variable, más un estimado de la desviación estándar del error, ó
- b. Un intervalo con una probabilidad determinada de contener los valores reales de venta futura.

En la práctica, el primer enfoque es el más usado para generar pronósticos en la industria de manufactura.

3.4.2 Nivel de agregación.

El nivel de agregación se refiere a qué nivel se va a utilizar la información disponible. Es decir, a nivel sku, sku por ubicación, familia, o total compañía. El menor grado de agregación del pronóstico es sku-ubicación, como lo muestra la figura 3.4.2. Normalmente un pronóstico realizado a este nivel tiene un error más alto.

Sin embargo, la decisión de qué nivel de agregación usar, depende de para qué se va a utilizar y varía para cada empresa y área. Por ejemplo, para planeación de inventarios resulta efectivo usar el nivel de ubicación, para planeación de producción el nivel sku y para planeación de materias primas el nivel familia.

El segundo criterio importante para tomar la decisión del nivel de agregación es la calidad de la información histórica de venta (y obviamente el nivel al que ésta se tenga).

Nivel de agregación del pronóstico

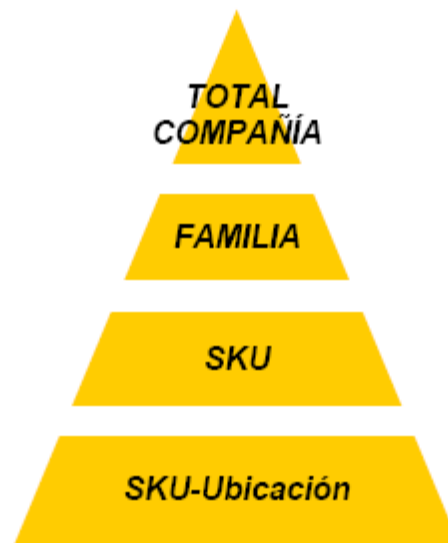


Figura 3.4.2

3.4.3 Periodo, frecuencia y horizonte.

El periodo del pronóstico se refiere a la unidad básica de tiempo con la que se elabora un pronóstico. Por ejemplo, podríamos necesitar pronósticos semanales, en cuyo caso el periodo es una semana. O si trabajamos pronósticos mensuales, el periodo es un mes.



La frecuencia y horizonte es la periodicidad con la cual se va a generar el pronóstico y qué tan amplia será la visibilidad del mismo. La frecuencia de generación del pronóstico (también llamada intervalo de pronóstico) varía dependiendo del ramo de la empresa. Por ejemplo, si se trata de una empresa de consumo o moda típicamente se utiliza una frecuencia semanal, dado el dinamismo con el cual se tiene que reaccionar a la demanda; mientras que para otros ramos como el metal-mecánico normalmente es mensual, o para empresas de venta directa se manejan campañas de venta de tamaño variable (generalmente de 2 a 3 semanas).

El horizonte es el número de periodos en el futuro que cubre el pronóstico. Por ejemplo, si necesitamos el pronóstico de los próximos tres meses con quiebres por mes, entonces el periodo es mensual y el horizonte es de tres meses.

En muchas empresas el intervalo es igual al periodo de pronóstico, lo cual les permite revisar los pronósticos (es decir, volver a generarlos) en cada periodo usando la venta real del periodo más reciente. En otras palabras, si el horizonte de pronóstico es de T periodos, y el intervalo es igual al periodo de pronóstico, entonces podremos generar un pronóstico para los T periodos futuros. Cuando transcurra el tiempo y el primer periodo futuro se vuelva venta real, entonces podremos re-generar un pronóstico para los $T-1$ periodos del horizonte mas un pronóstico nuevo para el periodo T .

Dado que el pronóstico de la demanda es usado para planear el abasto y para la programación de la producción, el horizonte depende del *lead time* o *tiempos de entrega* de los proveedores, y debe siempre ser mayor que éste último.

Por último, es muy importante sincronizar la frecuencia de generación del pronóstico con todos los demás ciclos de planeación para tener sincronizada la información en la cadena y no trabajar con versiones no actualizadas de información.

En la figura siguiente tenemos el ejemplo de una empresa de cosméticos de venta directa, en el que el periodo de pronóstico es de campañas de 3 semanas, el horizonte es de 8 periodos y la frecuencia o intervalo es variable. Este intervalo depende de la realización de otras actividades por parte del área de mercadotecnia como son la definición de los precios finales o la elaboración de los bocetos finales (fotos de los productos que aparecerán en el folleto de venta).

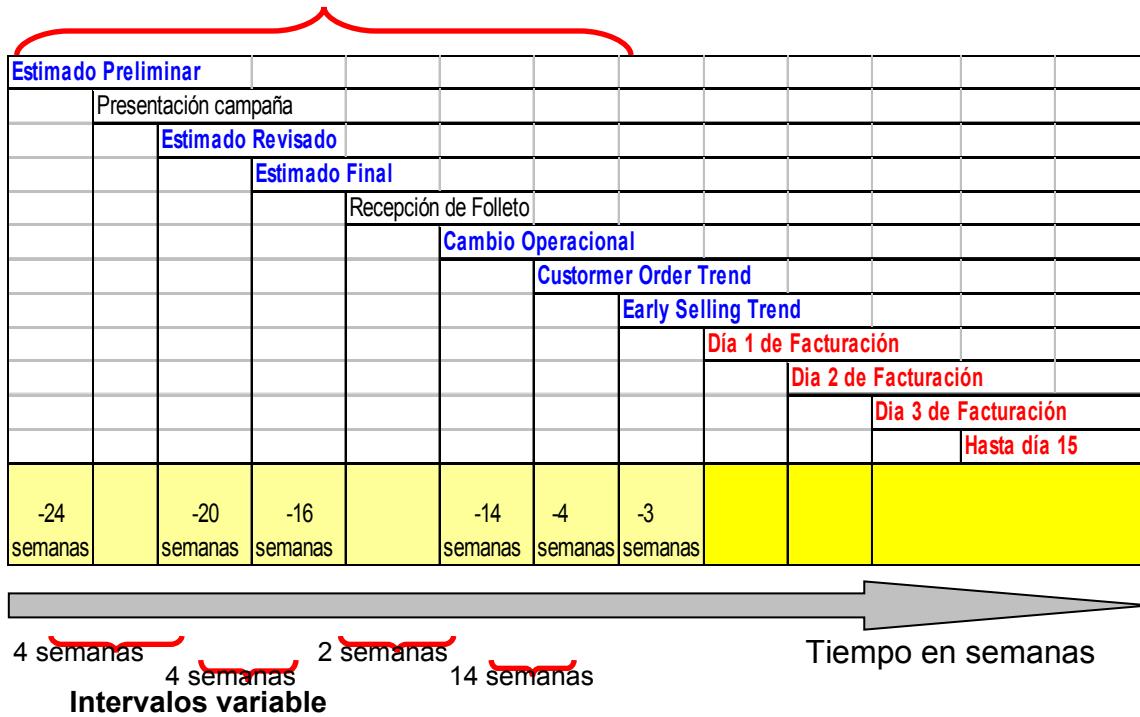


Figura 3.4.3

3.4.4 Nivel y forma de medición.

La revisión y retroalimentación de la asertividad del pronóstico es muy importante para analizar las desviaciones o fallas en su generación, permitiéndonos obtener lecciones aprendidas para usarlas como parte de la

mejora de la calidad del pronóstico. Existen diversas formas de medir la desviación del pronóstico, entre las que podemos citar las siguientes:

- a. Error porcentual
- b. Error porcentual ponderado
- c. MAPE: Mean Absolute Percent Error
- d. WAPE. Weighted Absolute Percent Error.

En el capítulo 6 “Medición de la Efectividad del Pronóstico”, revisaremos a mayor detalle las diversas formas de analizar y reportar la asertividad del pronóstico.

Existen dos aspectos importantes al dar seguimiento al pronóstico:

- a. Establecer un proceso formal de revisión y seguimiento, en el que se involucren no solo a las áreas de estimados, sino también a ventas, mercadotecnia y compras, quienes pueden aportar información valiosa para la generación del estimado.
- b. Medir la asertividad y enfocarse a aquellos productos que son más importantes para el negocio (ya sea por volumen, contribución o algún otro criterio definido).

Una vez determinada la clasificación mencionada, se enfocan los esfuerzos en mejorar el error de aquellos sku’s que resulten de mayor importancia. En la figura 3.6.4 se muestra un ejemplo tomando como variables la contribución y el volumen (El cuadro en rojo es el de mayor importancia).

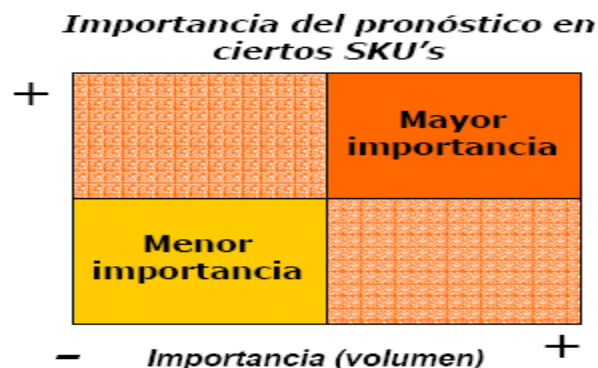


Figura 3.4.4.1

En el presente apartado (3.4 “Elementos clave para la generación de pronósticos”) se comentaron cuatro elementos importantes en la generación del pronóstico, sin embargo, lo importante es tener siempre en cuenta *para qué se va a utilizar el pronóstico, a qué nivel y cada cuando se va a modificar el pronóstico*. En la siguiente tabla vemos un resumen de lo anterior para una empresa típica de manufactura.



| | Marketing | Ventas | Finanzas | Producción Largo Plazo | Producción Corto Plazo | Logística:: Largo Plazo | Logística:: Corto Plazo |
|-----------|---|---|--|---|---------------------------------------|--|---|
| Necesidad | Planes anuales para productos nuevos y existentes, esfuerzo promocional canales, precios. | Fijar metas para la fuerza de ventas y motivar a la gente de ventas para alcanzar y superar las metas.s | Proyectar costos, árgenes de utilidad y necesidades de capital | Planeación del desarrollo y adquisición de equipo y plantas | Planeación de corridas de producción. | Planeación de almacenes y transportación | Decisiones específicas de qué productos mover a qué centros de distribución y cuándo hacerlo. |
| Nivel | Producto o línea de productos | Producto por territorio | Corporativo, división, línea de productos | Producto (SKU) | Producto (SKU) | Producto por localtidad (SKUL) | Producto por localtidad (SKUL) |
| Horizonte | Anual | 1 - 2 años | 1 - 5 años | 1 - 3 años | 1- 6 meses | Mensual a varios años | Diario, semanal, mensual |
| Intervalo | Mensual o trimestral | Mensual o trimestral | Mensual o trimestral | Trimestral | Semanal o mensual | Mensual | Diario, semanal, mensual |

Figura 3.4.4.2

CAPITULO IV

Métodos y Principios de Pronósticos



4.1 Modelos matemáticos determinísticos vs. estadísticos o estocásticos.

En nuestra búsqueda por obtener conocimiento sobre las cosas que nos rodean, hacemos uso de *modelos matemáticos*, los cuales intentan describir el comportamiento de las cosas.

Cuando hablamos de un modelo matemático, nos referimos a una representación externa y explícita de un proceso o de una parte de la realidad en general. Y si nuestro propósito es entender, cambiar, manipular y/o controlar esa parte de la realidad, los modelos matemáticos poseen un valor inestimable.

Al estudiar los diversos fenómenos que se nos presentan, nos encontramos con dos tipos de relaciones o dependencias; a saber, las *determinísticas o funcionales* y las *estadísticas o estocásticas*.

Cuando estudiamos un fenómeno físico, estamos tratando con una dependencia funcional o determinística entre las variables que intervienen en dicho fenómeno. Y por tanto, es posible establecer un modelo que represente ese fenómeno. Por ejemplo, podemos citar la ley de la gravedad de Newton, que plantea: toda partícula en el universo atrae a otra partícula con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas. En símbolos, $F = k(m_1 m_2/r^2)$, donde F = fuerza, m_1 y m_2 son las masas de las dos partículas, r = distancia y k = constante de proporcionalidad. Otro ejemplo lo constituye la ley de Ohm, que dice: para los conductores metálicos que están en un rango limitado de temperatura, la corriente C es proporcional al voltaje V ; es decir, $V/C = k$, donde k es la constante de proporcionalidad. Otros ejemplos de este tipo de relaciones determinísticas son la ley de los gases de Boyle; la ley de la electricidad de Kirchhoff y las leyes del movimiento de Newton.

Sin embargo, en el presente trabajo no estamos interesados en este tipo de relaciones determinísticas, como las que se presentan en la física clásica; sino más bien, en las relaciones estadísticas, las cuales tratan con variables *aleatorias o estocásticas*, es decir, variables que tienen distribuciones probabilísticas.

Las relaciones estadísticas se nos presentan en una amplia variedad de problemas. Tomemos como ejemplo un producto de la industria cosmética, digamos una fragancia para caballeros. Si queremos pronosticar su venta mensual, nos encontramos con muchos factores que influyen en la venta de tal producto, para los cuales no es posible escribir un modelo determinístico que nos permita calcular con exactitud la futura venta*. Sin embargo, es posible obtener un modelo que se pueda usar para calcular la probabilidad del valor de la venta futura, el cual esté entre dos límites especificados.



(*) Los factores que influyen en la venta mensual de una fragancia son el nivel de precio, el descuento y la promoción entre otros. Estos constituyen variables explicativas. La dependencia entre la venta del producto y las variables explicativas tiene una naturaleza estadística en el sentido de que dichas variables no nos permitirán predecir la venta en forma exacta, debido a los errores involucrados en la medición de las mismas, como también debido a otra serie de factores que en forma colectiva afectan la venta pero que pueden ser difíciles de identificar en forma individual. Por tanto, se nos presenta una variabilidad aleatoria en la variable dependiente de la venta mensual, que no puede explicarse por completo, independientemente del número de variables explicativas que utilicemos.

4.2 Métodos y técnicas para pronosticar.

Cuando hablamos de métodos cualitativos y cuantitativos de pronóstico, es importante mencionar que éstos contemplan una gran diversidad de técnicas de pronóstico, y que existe una teoría detrás de cada uno de ellas. Adicionalmente, ya que algunas se desarrollaron a principios del siglo XX, encontramos que dichas técnicas han mejorado en muchos sentidos, como son su desempeño en la práctica y su correcta aplicación. En otras palabras, han demostrado que funcionan en los negocios.

En términos generales, los diversos métodos de pronóstico que existen los podemos agrupar en tres tipos. (1) métodos de juicio o métodos cualitativos, (2) análisis de series de tiempo, y (3) métodos causales. Cada uno de estos métodos se describe a continuación con las técnicas usadas para aplicar el método.

4.2.1 Métodos de juicio.

Estos métodos utilizan las opiniones de las personas conocedoras para desarrollar pronósticos y se usan generalmente cuando no existen datos históricos. El fundamento de los métodos de juicio es que las personas poseen experiencia suficiente para crear pronósticos. En general, son métodos de bajo costo y se implementan en un tiempo relativamente rápido. Sin embargo, no son exactos de manera consistente y están sujetos a sesgos o desviaciones por parte de las mismas personas que generan los pronósticos.

Método delphi.

El método delphi es en realidad un proceso facilitador para ganar consenso dentro de un grupo de participantes hasta cierto punto anónimos. Consiste en que la persona facilitadora envía un cuestionario de pronóstico a cada uno de los participantes del grupo delphi. Es importante que sean cuestionarios anónimos



para evitar que algunos miembros ejerzan dominio sobre la decisión del pronóstico.

Cuando el cuestionario se regresa, las respuestas se contabilizan y son enviadas nuevamente a los participantes. Cada miembro del grupo tiene el oportunidad de modificar sus respuestas previas basándose en las respuestas del grupo. Este es un proceso reiterativo que continua hasta que se alcance un consenso.

El método delphi es usado principalmente para productos nuevos o para pronósticos de largo plazo. Sin embargo, es un proceso que consume tiempo y que es dependiente de la calidad de los cuestionarios. Más aún, los participantes pueden proporcionar respuestas inadecuadas ya que no hay registro de quien contesta qué.

Estimación de la fuerza de ventas.

La fuerza de ventas, que está cerca de los clientes e inmersa en el mercado, crea los estimados de venta.

Debido a su proximidad con los clientes, la información proveniente de la fuerza de ventas puede ser muy confiable. Sin embargo, pueden existir sesgos que disminuyan la efectividad de esta técnica.

Pronósticos colaborativos por opinión.

Los ejecutivos de la empresa, quienes generalmente tienen un buen conocimiento de los factores que influyen en la demanda, crean el pronóstico.

Los ejecutivos de la empresa, quienes generalmente tienen un buen conocimiento de los factores que influyen en la demanda, crean el pronóstico.

Este es un buen método para crear pronósticos para productos nuevos o productos que puedan ser estratégicos para la compañía. Sin embargo, la desventaja es que consume el tiempo de los ejecutivos, el cual es muy valioso, y requiere que haya consenso entre los ejecutivos.

En general, cuando hablamos de métodos cualitativos de pronóstico, es importante recordar que las personas que desarrollan los pronósticos deben poseer conocimiento del negocio y experiencia suficiente que les permitan, primero, entender cómo los cambios en la economía afectan la demanda de sus productos, y segundo, identificar los principales factores económicos que tienen un impacto significativo en la demanda y crear un proceso para dar seguimiento a esos indicadores y asegurarse de incorporar los cambios en los pronósticos



4.2.2 Series de tiempo.

Los métodos de pronóstico de series de tiempo, también conocidos como métodos de extrapolación, usan historia de ventas par crear pronósticos de venta. Las técnicas que comprenden esta categoría asumen que los patrones pasados de la demanda se repetirán en el futuro. Por eso podemos afirmar que, en el corto plazo, trabajan bien, pero en el largo plazo, los resultados no son del todo buenos.

Existe una analogía comúnmente usada que dice que usar técnicas de análisis de series de tiempo es como conducir un automóvil mirando el espejo retrovisor. Esto puede funcionar en un camino recto, pero en un camino que de vueltas, nos llevaría a consecuencias desastrosas. Por lo tanto, estas técnicas se usan mejor para (1) productos maduros, (2) productos con una gran cantidad de datos históricos, o (3) productos con variaciones irregulares pequeñas.

Los sistemas computacionales de pronóstico de ventas sistematizan estos métodos con relativa facilidad.

Método naive.

El método naive consiste en que el pronóstico del siguiente periodo es igual a la demanda real del periodo actual. Este es una técnica sencilla y de bajo costo que solo toma en cuenta la tendencia. Sin embargo, si la demanda es variable, este método no es muy adecuado.

Método de promedios móviles (simple y ponderado)

El método de promedios móviles simple se usa para determinar la demanda promedio de un intervalo de tiempo dado. Mientras que la técnica de promedios móviles ponderada permite que cada periodo del intervalo tenga su propio peso. Por ejemplo, el usuario podría definir que se le diera más peso a la demanda más reciente y menos peso a la demanda más antigua.

Las técnicas de promedio móviles son apropiadas para patrones de demanda estables, es decir, cuando la demanda no posee componentes de tendencia ni estacionalidad. Sin embargo, si se tienen tendencia o estacionalidad en la demanda, los pronósticos resultantes tomarán más tiempo para reaccionar a estos patrones.

Método de suavizamiento exponencial (simple, sencillo triple)

Los métodos de suavizamiento exponencial necesitan de factores especificados por el usuario para realizar el cálculo del pronóstico:



- a. Factor de suavizamiento: da el peso a cada periodo.
- b. Tendencia: disminuye o acelera la tendencia en el pronóstico.
- c. Estacionalidad: disminuye o realza el efecto de la estacionalidad en el pronóstico.

El suavizamiento exponencial simple solo usa el factor de suavizamiento en el cálculo del pronóstico. El suavizamiento exponencial doble usa los factores de suavizamiento y tendencia en el cálculo del pronóstico. Y el suavizamiento exponencial triple usa los factores de suavizamiento, tendencia y estacionalidad.

Estas técnicas son muy populares y existe una gran variedad de softwares que las tienen incorporadas para el cálculo de los pronósticos. Sin embargo, puede requerir mucho esfuerzo para estimar los tres factores mencionados. Adicionalmente, no ofrecen buenos resultados para productos con poca historia de ventas.

4.2.3 Métodos causales.

Los métodos causales crean pronósticos determinando la *relación causa y efecto* entre variables independientes y la demanda del producto, la cual es la variable dependiente. Generalmente los gastos promocionales o descuentos de precio constituyen la variable independiente. Por ejemplo, si el precio de un producto se reduce en un 10%, cómo afectaría esto a su demanda? Lógicamente, la demanda sería mayor. O si el servicio meteorológico predice que el invierno será muy crudo, entonces la demanda de suéteres y chamarras será mayor.

Sin duda, uno de los beneficios de los métodos causales es que proporcionan buena exactitud para pronósticos de largo plazo. Pero quizá el mayor beneficio de los modelos causales es que soportan los análisis del tipo "Qué pasa si?". Los cuales nos permiten explorar diversos resultados al darle valores diferentes a la variable independiente.

Sin embargo, es importante mencionar que los pronósticos producidos con estos métodos son tan buenos en la medida que lo sean tanto las variables independientes como el modelo creado. Y requieren análisis cuidadosos de todas las variables que afectan a la demanda.

Regresión lineal (simple y múltiple).

La regresión lineal simple genera pronósticos al relacionar una variable independiente con la demanda de un producto. Por ejemplo, las ventas de un helado de fresa pueden ser dependientes del precio de venta del producto. Y podríamos crear un modelo que describiera esta relación. De esta forma, dado un precio específico, obtendríamos un pronóstico para el helado del ejemplo.



La regresión lineal múltiple genera pronósticos relacionando dos o más variables independientes con la demanda de un producto. En nuestro ejemplo del helado de fresa, las ventas pueden depender del precio de venta, así como de la temperatura y del número de horas de luz del día. Igualmente, podríamos crear un modelo que describiera esta relación y que dado un precio específico, una temperatura, y el número de horas de luz del día, obtuviéramos un pronóstico para el helado de fresa.

4.3 Principales métodos utilizados en la industria.

Como podemos observar, existe una gran variedad de métodos y técnicas de pronóstico que podemos utilizar, por lo que, en la práctica, se vuelve muy importante saber cuándo aplicar uno u otro con la mayor efectividad posible. Y para esto, el conocimiento de ciertos criterios para seleccionar un método en particular nos dará un valor agregado para determinar cuál es el mejor método de pronóstico.

De manera general, para seleccionar el método de pronóstico adecuado se deben considerar, entre otros factores, los siguientes: contexto del pronóstico; relevancia y disponibilidad de datos históricos; grado de exactitud deseado; horizonte de tiempo a pronosticar; análisis de costo-beneficio del pronóstico, y complejidad del método.

En función de las necesidades de negocio de cada área de la empresa, podemos resumir en la siguiente tabla los principales métodos de pronóstico utilizados en la industria de manufactura:

| Método de Pronóstico | | | Áreas de aplicación en empresas | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|---------------------|--|
| | | | Mercadotecnia y Ventas | | | | | | | | | | | | |
| | | | Variables económicas y financieras | Programación de la producción | Inventarios | Agregados corto plazo | Agregados mediano plazo | Agregados largo plazo | Desagregados corto plazo | Desagregados mediano | Desagregados largo plazo | Presupuestación anual | Productos nuevos | Fijación de precios | |
| Cuantitativos | Series de Tiempo | Promedio Móvil | | x | x | | | | x | | | | | | |
| | | Promedio Móvil Lineal | | x | x | | | | x | | | | | | |
| | | Suavización exponencial simple | x | x | x | | | | x | | | | | | |
| | | Suavización exponencial doble | x | x | x | | | | x | x | x | | | | |
| | | Descomposición de Series de Tiempo | x | x | | | x | | | | | | | | |
| Métodos Causales | Box-Jenkings | x | x | | x | | | | | | | | | | |
| | Regresión simple | x | | | x | x | | | | | x | | | x | |
| | Regresión múltiple | x | | | x | x | | | | | x | | | x | |
| Cualitativa | Método Delphi | | | | | | | x | | x | x | x | | | |
| | Estimación de la fuerza de ventas | | | | | | | x | x | x | x | x | | | |
| | Pronósticos colaborativos por opinión | | | | | | | x | | | | x | x | x | |
| | Investigación de mercados | | | | | | | x | x | | | x | x | x | |
| Cualicuantitativa | Combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos | x | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |

Tabla 4.3.1

Para finalizar el apartado del presente capítulo, es importante hacer una pausa y recordar que las técnicas de *series de tiempo* hacen uso de patrones en las ventas históricas, mientras que el *análisis de regresión* hace uso de las relaciones históricas entre las ventas y las variables externas. No obstante, lo que ninguna de estas técnicas puede hacer es identificar lo que está pasando en el periodo actual o lo que sucederá en el futuro que no se parezca a lo que ha ocurrido en el pasado.

Por ejemplo, las técnicas cuantitativas no son muy efectivas si algo cambia con uno o varios clientes, en términos de la demanda de nuestros productos. Sin embargo, las técnicas cuantitativas se vuelven muy importantes al permitirnos incorporar dicha información al proceso de pronóstico por medio de las personas que trabajan de cerca con el cliente o que hacen análisis del mercado. Y aquí vemos la importancia de las técnicas cualitativas o métodos de juicio al permitirnos incorporar las opiniones de los expertos acerca de los cambios en el ambiente o en la demanda.

4.4 Siete principios del proceso de pronóstico.

Hasta el momento hemos hablado de los diversos métodos y técnicas de pronóstico disponibles que las empresas de manufactura pueden utilizar para la creación de sus pronósticos de la demanda. Sin embargo, para obtener pronósticos precisos y confiables que realmente aporten un valor agregado significativo a la compañía, es necesario que la tarea de generar pronósticos esté apoyada en un *proceso de pronóstico*. Este proceso debe ser un proceso formal, reconocido por toda la compañía y que proporcione una metodología de trabajo clara y específica

Las compañías de manufactura que no poseen un proceso de pronóstico y que se adentran en la generación de estimados de venta, corren el riesgo de no obtener los resultados esperados en términos de nivel de exactitud, confiabilidad y mejora continua de sus pronósticos.

Existe un gran número de actividades y reglas que garantizan una buena práctica de estimación. Estas las podemos agrupar en lo que llamo en el presente trabajo como "siete principios del proceso de pronóstico". Los cuales son formular el problema de pronóstico, obtener información, seleccionar y aplicar el método, evaluar la efectividad del método y usar el pronóstico. Adicionalmente, se recomienda grandemente un último paso llamado auditoría del proceso de pronóstico.

En la figura 4.4.1.se muestra una forma gráfica de los siete principios mencionados, los cuales se explican a continuación:



Figura 4.4.1



4.4.1 Formulación del problema.

Este es el primer paso del proceso de pronóstico. La idea fundamental de este principio estriba en definir los cuatro elementos clave para la creación de pronósticos:

- a. Forma del pronóstico requerido.
- b. Nivel de agregación del pronóstico.
- c. Periodo, frecuencia y horizonte.
- d. Nivel y forma de medición de la asertividad.

Estos elementos los revisamos en el capítulo 3 de presente trabajo. Sin embargo, es importante hacer énfasis en su gran importancia y en la necesidad de tener claridad en lo que se va a pronosticar, de qué forma debe ser el pronóstico, qué papel juegan los elementos de tiempo involucrados y cuál es el nivel de exactitud deseado.

Muchas compañías no se toman el tiempo para definir formalmente este paso y se adentran en la generación de pronósticos, o al menos intentan hacerlo, y al final del día no obtienen los resultados esperados. Pero el hecho más lamentable es que los administradores de dichas empresas pueden atribuir la causa del fracaso (mala calidad de los estimados) a los métodos estadísticos aplicados o a la mala aplicación de los mismos. Es aquí donde radica la importancia de la "Formulación del problema".

4.4.2 Obtención de la información.

Una vez definidos la forma del pronóstico y el nivel de agregación, el siguiente paso en la creación de pronósticos es la obtención de la información. Este se refiere a la identificación, recolección y preparación de los datos que serán usados para generar pronósticos. Lógicamente, este paso está estrechamente relacionado con el nivel de agregación al que se desean los pronósticos.

4.4.3 Selección de la técnica de generación.

La selección e implementación de la metodología de pronóstico más apropiada ha sido siempre un tema importante de planeación y control para las compañías de manufactura.

La decisión sobre cuál será el modo de generación se refiere a la forma de estimar la demanda futura, y dicha decisión está con base a la información disponible, la exactitud deseada, el costo-beneficio, la facilidad de uso y, vale la pena decirlo, las preferencias de la gerencia.



En las secciones anteriores de este capítulo hemos platicado de las principales técnicas de generación del pronóstico y de su clasificación. El enfoque que muchas empresas utilizan (con resultados exitosos) es utilizar métodos cuantitativos para generar un primer estimado y después realizar todo un proceso de consenso y validación por parte de expertos del mercado para, al final, tener un pronóstico con el cual todos estén de acuerdo. En el capítulo 8 hablaremos del “proceso de consenso” como un elemento clave del proceso de planeación de la demanda.

4.4.4 Aplicación de métodos de pronóstico.

Este principio se refiere a la implementación del o de los métodos seleccionados. Estos pueden ser métodos cualitativos, cuantitativos o una combinación de ambos. Es aquí donde se empiezan a generar los pronósticos que después serán medidos y evaluados.

4.4.5 Evaluación de métodos de pronóstico.

Hay situaciones en que se requiere comparar diversos métodos entre sí para determinar cual es el más apropiado para una compañía. Aquí es importante definir los criterios de evaluación, entre los cuales la exactitud del pronóstico debe ser uno de los más importantes.

4.4.6 Uso del pronóstico.

Una vez generados los pronósticos con un método previamente seleccionado y evaluado, el siguiente paso es comunicarlo a través de la cadena de negocio para que sea utilizado. Cuando hablamos del pronóstico de la demanda, las áreas que lo utilizan directamente son mercadotecnia, compras y planeación de la producción.

Cuando el pronóstico es presentado a los diferentes administradores y personal interesado en general, es recomendable que sea escrito en forma simple y comprensible, por ejemplo, no usar demasiados dígitos y ordenarlo de forma significativa para el área en particular.

4.4.7 Auditoría al proceso de pronóstico.

El séptimo principio se refiere a establecer un proceso formal de revisión del proceso de pronóstico. Esta revisión se puede basar en una lista de estándares y buenas prácticas que los estimadores deben seguir consistentemente al desarrollar pronósticos.



Existe un hecho reconocido en el mundo de los pronósticos: Este se refiere a que no podemos exigirle a un estimador que desarrolle estimados perfectos o con una desviación casi nula. Sin embargo, lo que sí podemos exigirle es que se apegue completamente a los procedimientos y a las buenas prácticas de estimación preestablecidos. Esto nos garantizará obtener los resultados deseados en una forma controlada, y cuando algún pronóstico caiga fuera de los límites de control, entonces por las mismas buenas prácticas, se deben documentar los supuestos de estimación para que sean aplicados en el pronóstico de periodos futuros y así garantizar una mejora continua.



CAPITULO V

Técnicas de Suavizamiento Exponencial.

5.1 Análisis de series de tiempo.

Los modelos de series de tiempo pertenecen a la categoría de *modelos probabilísticos o estocásticos* (véase el capítulo IV "Métodos y principios de pronóstico") y son usados para obtener pronósticos

Una serie de tiempo es una secuencia de observaciones de una variable de interés. Dicha variable es observada en intervalos regulares de tiempo, por ejemplo semanas, meses o periodos igualmente espaciados.

El propósito fundamental del análisis de las series de tiempo es representar, mediante un *modelo estocástico*, el proceso que genera la secuencia de observaciones para luego emplear una técnica de pronóstico (técnica de serie de tiempo) para predecir valores futuros. Por ejemplo, si las ventas mensuales de un refrigerador muestran un crecimiento lineal en el último año de ventas, entonces podríamos crear un modelo de tendencia lineal con la pendiente y ordenada al origen estimadas a partir de dichas ventas históricas, para generar los pronósticos simplemente extrapolando dicho modelo.

En lo sucesivo, es necesario distinguir el modelo probabilístico, o proceso estocástico, de la serie de tiempo observada. Es decir, una serie de tiempo z_1, z_2, \dots, z_n de N observaciones sucesivas es vista como un muestra de una población infinita de series de tiempo que se pueden generar con el proceso estocástico. También es necesario aclarar que, en lo sucesivo, la variable de interés a la que nos referiremos en el presente capítulo corresponde a la demanda actual o ventas reales, y por tanto, el pronóstico del que hablaremos corresponde al pronóstico de ventas.

Todas las técnicas de series de tiempo tienen la característica de ser técnicas endógenas, lo cual significa que toman en cuenta exclusivamente los patrones de la historia de ventas para proyectarlos en el futuro. Esto es contrario al análisis de regresión que es una técnica exógena ya que examina los factores externos a los patrones de venta, para buscar relaciones entre ambos (véase el capítulo IV "Métodos y principios de pronóstico").

5.1.1 Notación y representación de las series de tiempo

En la sección "3.2 Usos del pronóstico" vimos que la aplicación del pronóstico no se limita a un sector económico en particular (industrial, financiero, turístico,



etc.), ni a algún departamento o área específica. Por lo tanto, cuando se prepara la información para utilizar algún método de pronóstico, se compilan valores observados, los cuales son datos históricos o simplemente observaciones. Y estas observaciones pueden representar diversos objetos de estudio; como unidades de venta de algún producto, el costo de producción de dichos productos o las horas hombre empleadas en la elaboración de los mismos.

Debido a que el valor de dichas observaciones varía aleatoriamente, las representaremos en el presente capítulo como X . Y si recordamos que en este trabajo de tesis nos estamos enfocando al pronóstico de ventas o demanda en las empresas de manufactura, entonces X puede representar la venta de un artículo en un periodo dado. Y el periodo se identifica asignando números consecutivos a los periodos que se suceden secuencialmente.

Como hemos visto anteriormente la longitud del periodo puede ser de un día, semana, mes, etc. Para efectos de nuestra notación, el periodo se identifica como subíndice de la variable aleatoria, es decir, X_1 corresponde al periodo 1 y X_{10} es la observación 10 de la serie de tiempo. Nótese que la decisión de cuál es el primer valor X_1 es arbitraria y a partir de ahí los números subsecuentes aumentan consecutivamente en la serie de tiempo.

Para identificar los valores de predicción o pronósticos se suele utilizar la letra F (del inglés Forecast que quiere decir pronóstico) o bien X . Así tenemos que F_{t+1} indica el valor pronosticado del periodo $t+1$.

5.1.2 Componentes de las series de tiempo.

El análisis de series de tiempo presupone que existen uno o más patrones repetitivos a lo largo del tiempo. Y la idea es identificar y extrapolar en el futuro dichos patrones para predecir los periodos de tiempo subsecuentes o, dicho en otras palabras, para obtener los pronósticos.

La pregunta obligada es cuales son esos patrones? Existen cuatro patrones básicos o componentes de series de tiempo: *nivel*, *tendencia*, *estacionalidad* y *ruido*. La figura 5.1.2 muestra estos cuatro patrones separadamente de una serie de tiempo que representa las ventas mensuales de un refrigerador.

El *nivel* es la venta histórica horizontal o lo que el patrón de ventas sería si no tuviéramos tendencia, estacionalidad ni ruido. En nuestro ejemplo, el nivel es simplemente el punto de partida de la serie de tiempo, con la tendencia, estacionalidad y ruido incluídos.



La *tendencia* es el patrón continuo de incrementos o decrementos de las ventas. y este patrón puede ser una línea recta o curva. En la práctica, los administradores de negocios quieren ver un incremento de ventas y no un decremento, pero esto no siempre es así. Y para efecto del pronóstico, es importante saber si es incremento o decremento. En nuestro ejemplo de la figura 5.1.2, la tendencia está expresada como una línea recta que va subiendo a partir del nivel.

La *estacionalidad* es un patrón repetitivo de incrementos y decrementos de ventas que tienen lugar en un periodo de un año generalmente. Algunos ejemplos de estacionalidad incluyen el alza de ventas en el verano de desodorantes-antitranspirantes, o la mayor venta de juguetes y regalos en navidad. En otras palabras, la estacionalidad se ve reflejada en el hecho de que el incremento de ventas en ciertos periodos del año y el decremento de ventas en otros periodos se repiten cada año. La figura 5.1.2 muestra a la estacionalidad separada de la serie de tiempo; y podemos observar un patrón regular de incrementos y decrementos de venta sobre la línea de cero al final de la gráfica.

El *ruido* es la variación aleatoria, o la parte de la historia de ventas que no se puede explicar con ninguna técnica de serie de tiempo. Sin embargo, esto no significa que dicha variación no se pueda explicar por alguna otra técnica cuantitativa como el análisis de regresión; sino más bien que este patrón no tiene una regularidad estadística en el pasado y, por tanto, el análisis de series de tiempo no la puede usar para pronosticar. En otras palabras, si el ruido no tuviera una variación aleatoria, entonces significaría que existe un patrón de tendencia o estacionalidad que no hemos identificado.

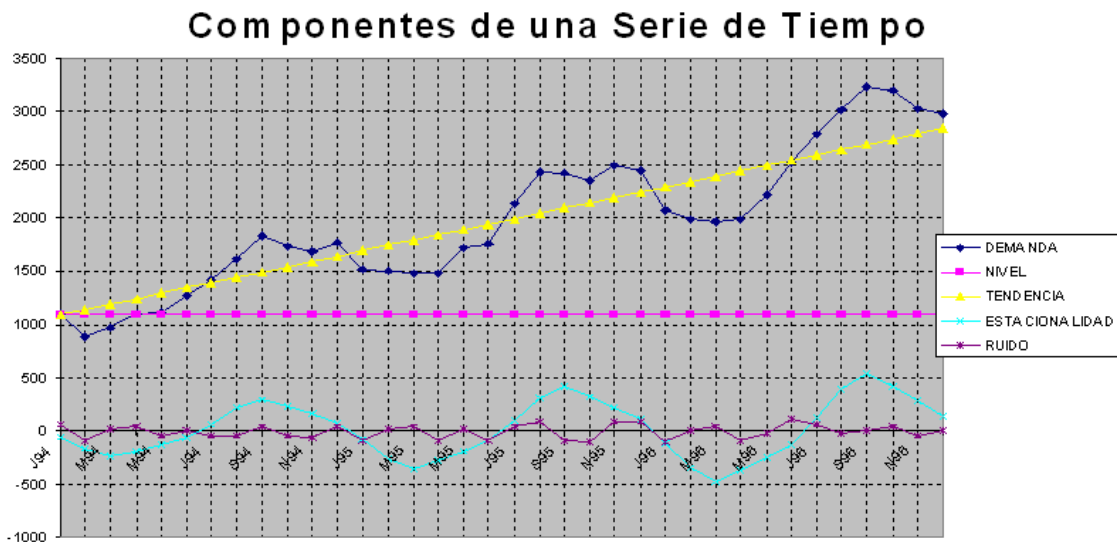


Figura 5.1.2

Finalmente, la importancia de conocer e identificar los componentes de las series de tiempo radica en que el análisis de series de tiempo depende de la suposición de que hay componentes regulares y repetitivos (patrones) que interactúan para producir una serie total. Una vez que los pronosticadores tienen algún conocimiento de cada una de las partes, están en una mejor posición para hacer inferencias sobre el valor esperado de la serie total en algún periodo futuro. Las series de tiempo son apropiadas para pronosticar variables que fluctúan en cierto patrón estable a través del tiempo.

5.2 Promedio simple como pronóstico.

Un hecho interesante acerca de las técnicas de pronóstico de series de tiempo es que estas se basan en algún tipo de promedio. Y lo que hace el promedio en una serie de tiempo es que elimina toda la variación aleatoria o ruido.

Si nuestra serie de tiempo solamente posee nivel y ruido, entonces el promedio simple nos da un pronóstico bastante aceptable en el mundo de los negocios.

$$F_{t+1} = \text{Pronóstico}_{t+1} = \text{Promedio de Observaciones}_1 \text{ a la } N = \sum_{t=1}^N X_t / N$$

donde. **X = Ventas**
N = Número de Periodos de Venta

5.2.1 Promedio simple como pronóstico: nivel y ruido

Este es un ejemplo de esta técnica de promedios. Nótese que el ruido aleatorio es reducido y el pronóstico contiene el componente "nivel" de ventas históricas. Debido a que la demanda es estable en el tiempo, un promedio simple nos proporciona un pronóstico aceptable.

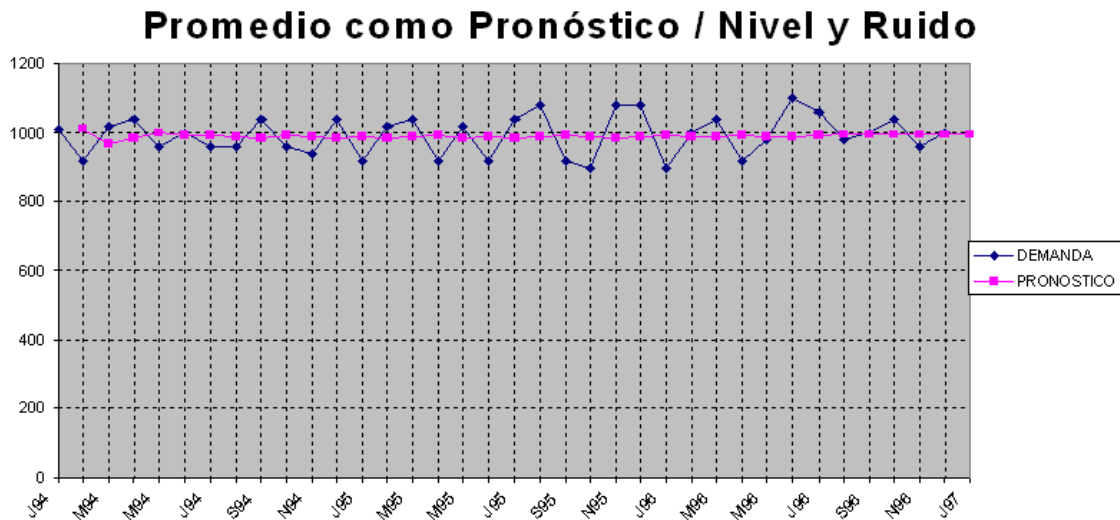


Figura 5.2.1

5.2.2 Promedio simple como pronóstico: nivel, tendencia y ruido

Uno de los problemas de usar el promedio simple es que todas las observaciones pasadas están influyendo el pronóstico, o en otras palabras, el pronóstico se calculó tomando en cuenta todas las observaciones sin importar qué tan antiguas sean. Por tanto, cuando ocurre algún cambio en la historia de ventas, el pronóstico siempre es lento para responder y va detrás del cambio. Obsérvese la figura 5.2.2.

Promedio como Pronóstico / Nivel, Tendencia y Ruido

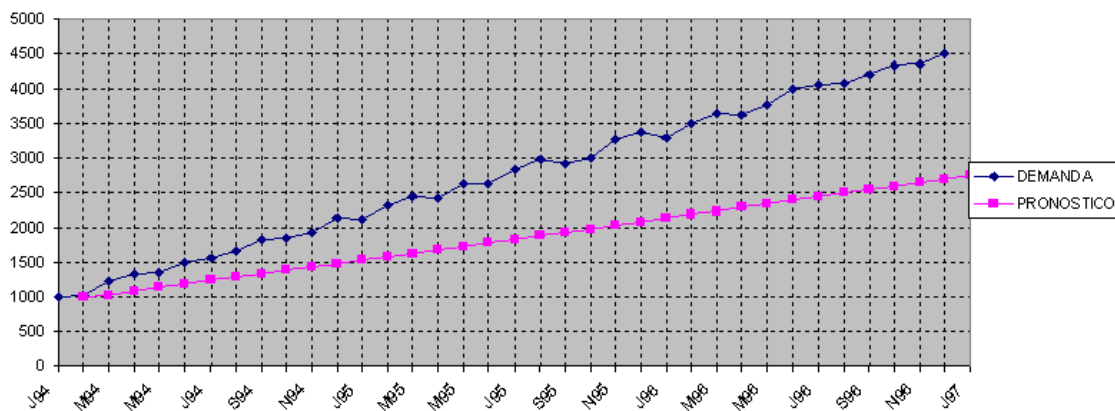


Figura 5.2.2

5.2.3 Promedio simple como pronóstico: nivel, estacionalidad y ruido

El mismo problema se nos presenta cuando existe estacionalidad en las ventas. Nótese que cuando más observaciones tenemos, más se reduce el patrón de la estacionalidad.

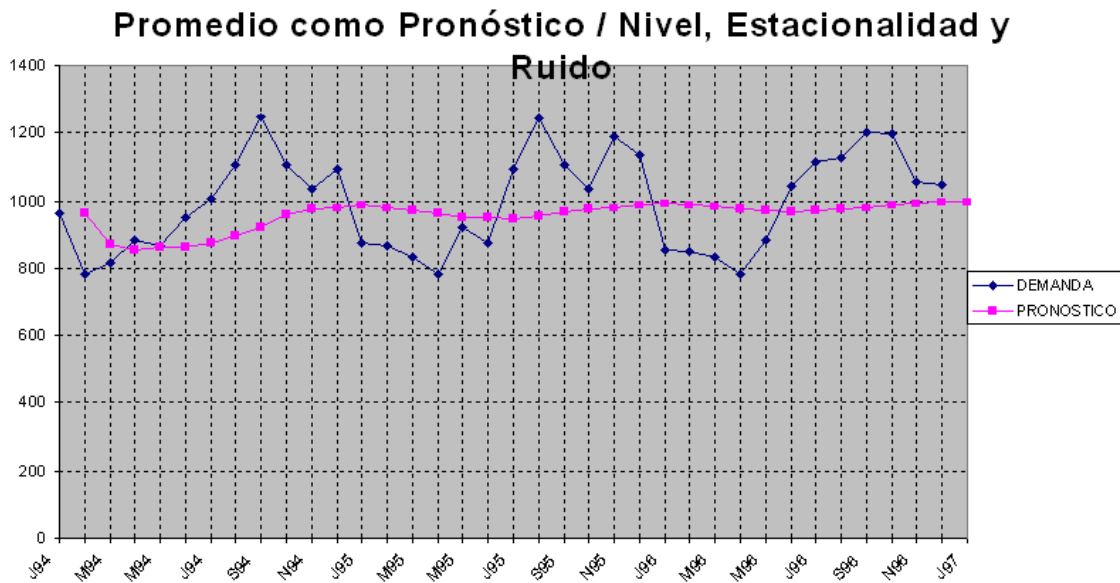


Figura 5.2.3

5.2.4 Promedio simple como pronóstico: cambio de nivel

También nótese que la técnica de promedios simples no es efectiva para responder a cambios de nivel. Esta técnica nunca se deshace del efecto de las observaciones pasadas y nunca alcanza al cambio de nivel. Y como resultado, los pronósticos de promedio siempre están por debajo de la venta real si hay un cambio de nivel hacia arriba, o inversamente, siempre están por arriba si hay un cambio de nivel hacia abajo. Obsérvese la figura 5.2.4.

Promedio como Pronóstico / Cambio de Nivel

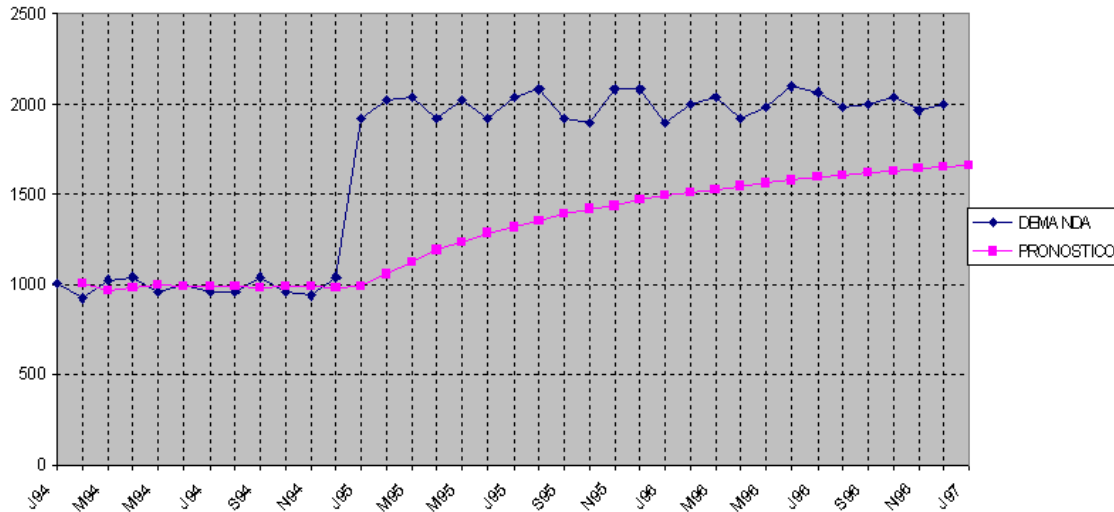


Figura 5.2.4

5.3 Promedio móvil como pronóstico.

Para resolver el problema de la influencia de las observaciones antiguas, existe el promedio móvil, donde el pronóstico para un periodo dado ($t+1$) es el promedio de ventas de un número específico de periodos anteriores.

Por ejemplo, si usamos promedios móviles de 3 meses, 6 meses o 12 meses; o cualquier otro número de periodos, entonces los patrones de estacionalidad y ruido se reducen o incluso eliminan.

Es importante observar que mientras mayor sea el periodo del promedio móvil, le toma más tiempo ajustarse al cambio en nivel, pero es más efectivo para eliminar el ruido aleatorio. Inversamente, mientras menor sea el periodo del promedio móvil, este reacciona más rápidamente a los cambios de nivel, pero reduce menos las variaciones aleatorias.

La fórmula del promedio móvil como técnica de pronóstico es la siguiente.



$$F_{t+1} = (X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-N+1}) / N$$

donde: F_{t+1} = Pronóstico para el Periodo t+1
 X_{t-1} = Ventas para el Periodo t-1
 N = Número de Periodos en el Promedio Móvil

Tres periodos móviles: $F_{t+1} = (V_t + V_{t-1} + V_{t-2}) / 3$

Cuatro periodos móviles: $F_{t+1} = (V_t + V_{t-1} + V_{t-2} + V_{t-3}) / 4$

5.3.1 Promedio móvil como pronóstico: nivel, tendencia y ruido.

Las técnicas de promedios móviles tratan a la tendencia como una serie de cambios de nivel, y como podemos ver en la gráfica de la figura 5.3.1, nunca se percata de que hay una tendencia y el pronóstico resultante siempre queda abajo de la demanda.

Sin embargo, observemos que mientras el periodo usado en el cálculo es mayor, el atraso es mayor. En nuestro ejemplo vemos que el promedio móvil de 3 meses responde más rápidamente al cambio en nivel de lo que lo hacen los promedios móviles de 6 y de 12 meses.

Pronóstico de Promedio Móvil - Nivel, Tendencia, y Ruido

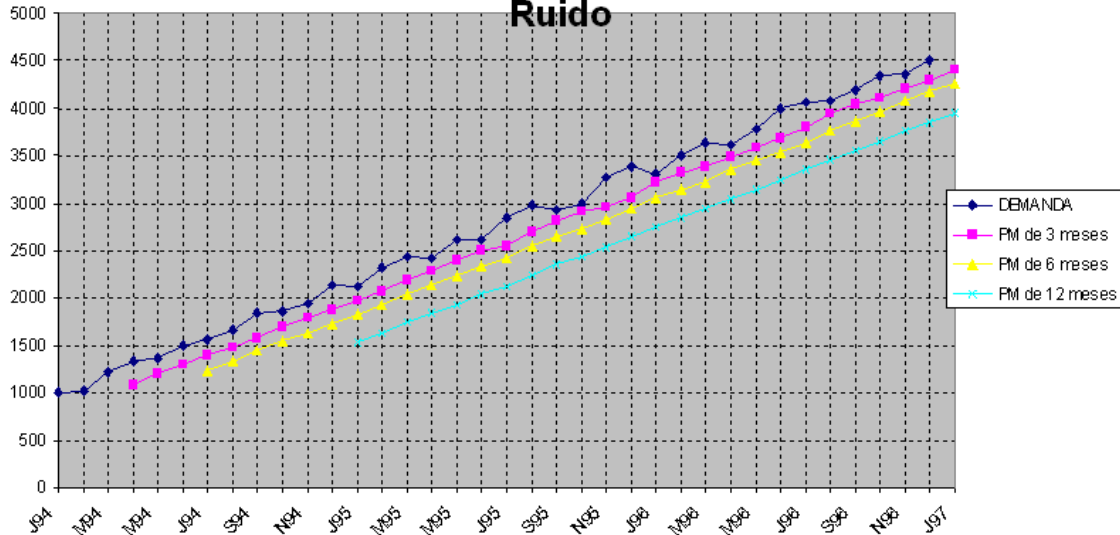


Figura 5.3.1

5.3.2 Promedio móvil como pronóstico: nivel, estacionalidad y ruido.

En la gráfica 5.3.2. vemos cómo reaccionan los promedios móviles ante los patrones de estacionalidad en la venta histórica. Observemos que el promedio móvil de 3 meses sigue con más cercanía los patrones estacionales, pero se atrasa con varios meses (le toma varios meses para reaccionar). El promedio móvil de 6 meses también sigue los patrones estacionales, pero se que corto consistentemente. En otras palabras, si la demanda tiene picos, el pronóstico es bajo, y si la demanda se acerca a cero, el pronóstico es alto.

También notemos que si el periodo del promedio móvil es el mismo que el del patrón estacional, en este caso 12 meses, entonces el patrón estacional se pierde totalmente.

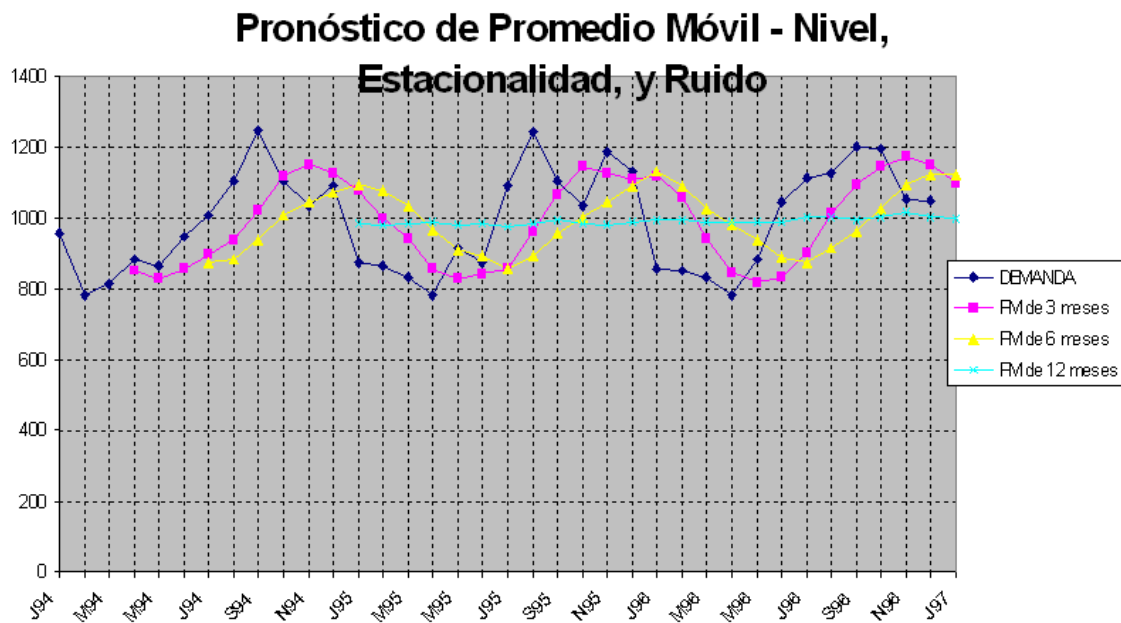


Figura 5.3.2

5.3.3 Promedio móvil como pronóstico: cambio de nivel

Por lo que hemos visto, la técnica de promedios móviles es mejor que la de promedios simples, pero no funciona bien cuando hay tendencia y estacionalidad.

Si decidimos usar la técnica de promedios móviles, entonces la pregunta obligada es cuantas observaciones debemos usar. o en otras palabras, de qué tamaño debe ser el periodo del promedio móvil. La respuesta nos la puede sugerir la misma serie de tiempo.

SI los datos tienen ruido, pero el nivel es estable, entonces un promedio móvil de periodo grande es más efectivo. Sin embargo, si hay cambio de nivel, como se muestra en la figura 5.3.3 entonces un promedio móvil de menor periodo responde mejor.

Pronóstico de Promedio Móvil - Cambio de Nivel

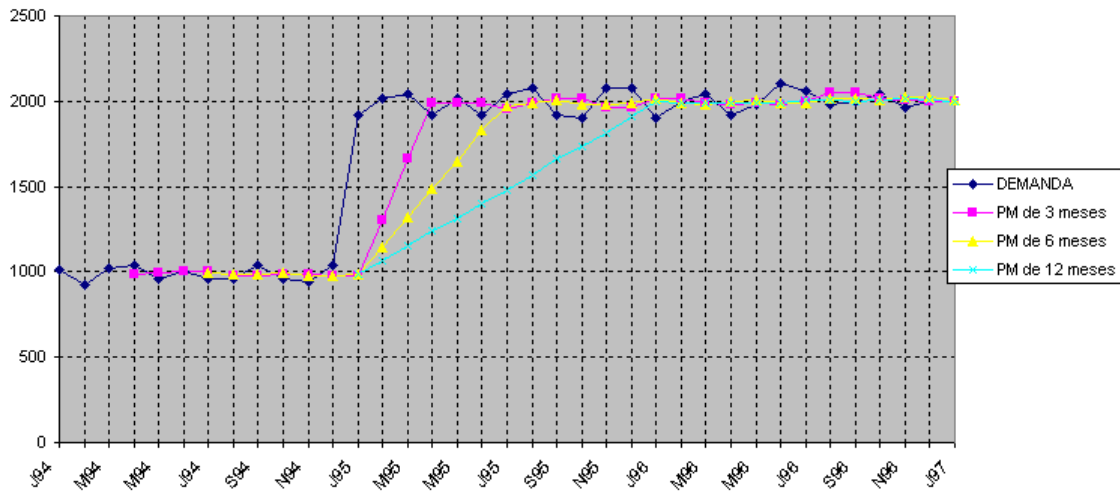


Figura 5.3.3

5.4 Suavizamiento exponencial simple. Método de Brown y Meyer.

El suavizamiento exponencial simple es método de promedios ponderados, o dicho de otra forma de promedios con pesos. Y está dado por la siguiente fórmula:

$$F_{t+1} = \alpha V_t + (1 - \alpha) F_t$$

Donde: $0 < \alpha < 1$

X_t = Ventas del periodo t.

F_t = Pronóstico del mismo periodo t.

y α es la constante de suavizamiento que es una fracción positiva cuyos valores están entre 0 y 1.



- Si $\alpha = 0.5$ entonces esta fórmula se convierte en un promedio simple.
- Si $\alpha \neq 0.5$ entonces se le pone más peso a las ventas o al pronóstico.

5.4.1 La constante de suavizamiento alpha.

Si $\alpha = 0.1$ entonces las ventas son ponderadas con 10%. Y como $1 - \alpha = 0.9$ entonces el pronóstico es ponderado con .9. Veamos con un ejemplo lo que esto significa.

$$\alpha = 0.1$$

$$F_{\text{JULIO}} = .1 V_{\text{JUNIO}} + .9 F_{\text{JUNIO}}$$

$$F_{\text{JUNIO}} = .1 V_{\text{MAYO}} + .9 F_{\text{MAYO}}$$

$$F_{\text{MAYO}} = .1 V_{\text{ABRIL}} + .9 F_{\text{ABRIL}}$$

LUEGO,

$$F_{\text{JULIO}} = .1 V_{\text{JUNIO}} + (.9) (.1) V_{\text{MAYO}} + (.9)^2 (.1) V_{\text{ABRIL}} + \dots \\ + (.9)^N (.1) V_{\text{JULIO} - (N+1)}$$



5.4.2 Cómo funciona el suavizamiento exponencial.

Conforme α se hace más pequeña, se le da más peso a las ventas históricas. Conforme α se hace más grande (o en otras palabras se acerca a 1), la técnica se asemeja más al pronóstico llamado "naive". Es decir, el pronóstico del periodo siguiente se basa en las ventas del periodo actual.

En el caso en que existen más datos con un nivel estable pero con mucho ruido estadístico, se recomienda un α pequeño, el cual pone peso semejante en todos los periodos de historia de venta, o en otras palabras, y por consiguiente elimina el ruido.

En el caso en que el nivel cambia, se recomienda un α más grande ya que permite que el pronóstico se ajuste más rápidamente, basándose en el último periodo de venta.

Es importante señalar que idealmente el α se debería ajustar basándonos en los patrones de cambio de las ventas históricas.

$$0 < \alpha < 1$$

Cuando α se acerca a cero, el suavizamiento exponencial pone más peso similar en todos los periodos (como el promedio)

A mayor ruido en los datos, α debe ser más pequeña.

A mayor cambio de nivel, α debe ser más grande.

5.4.3 Suavizamiento exponencial: cambio de nivel

En la figura 5.4.3 podemos ver que usando un $\alpha = 0.1$ obtenemos un pronóstico muy parecido al de la técnica de promedio simple. El pronóstico nunca se alcanza el cambio de nivel. Esto es debido a que el α es pequeño y por tanto, se le da más peso a todos los periodos anteriores de venta.

Sin embargo, en el caso en que $\alpha = 0.8$, el pronóstico reacciona más rápidamente al cambio de nivel.

Suavizamiento Exponencial - Cambio de Nivel

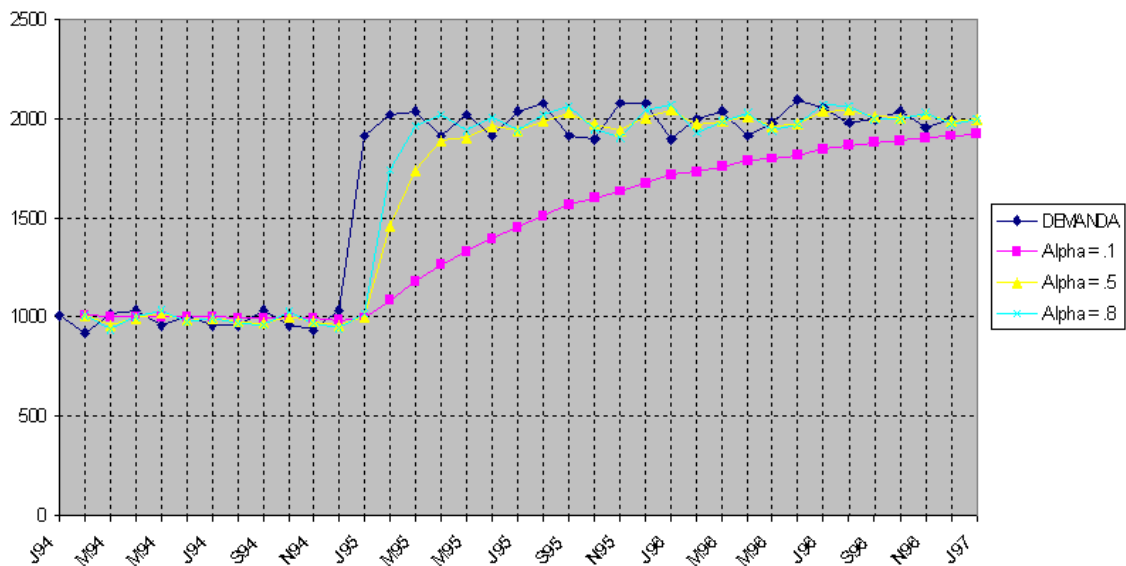


Figura 5.4.3

5.4.4 Suavizamiento exponencial: Poco Ruido.

Este es un ejemplo de un patrón de ventas históricas que contienen un componente de nivel estable y poco ruido estadístico o fluctuación aleatoria. Como podemos ver, un α pequeño de 0.1 produce un pronóstico que elimina el ruido.

Por otro lado, conforme α crece y el peso a los últimos periodos aumenta, el pronóstico reacciona más rápido a los cambios y las fluctuaciones aleatorias no se eliminan.

Suavizamiento Exponencial - Poco Ruido

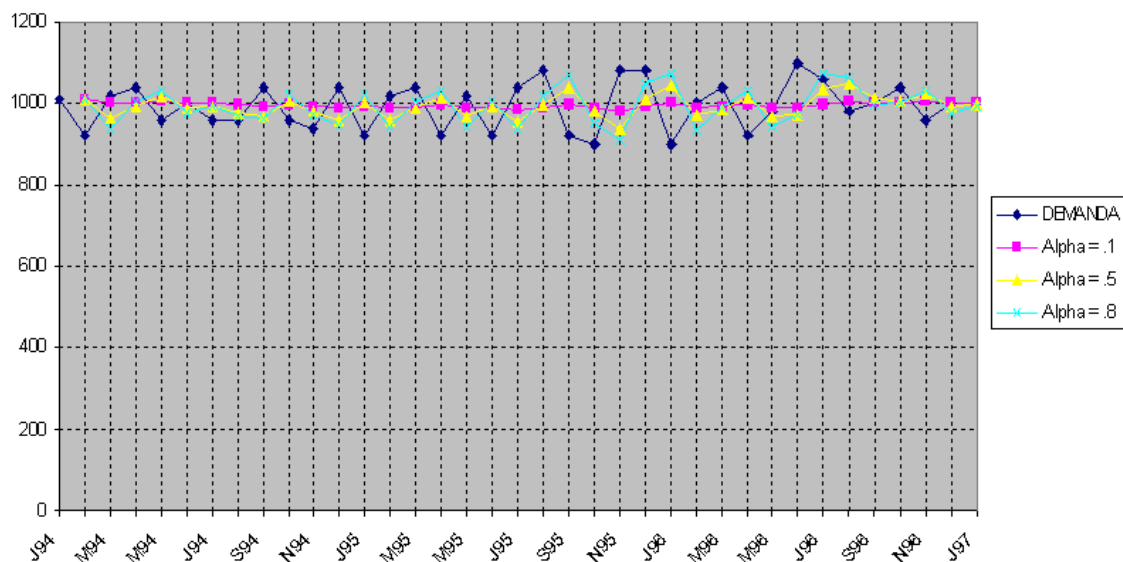


Figura 5.4.4

5.4.5 Suavizamiento exponencial: Mucho Ruido.

Como podemos ver en la figura 5.4.5, cuando los datos son extremadamente ruidosos, el usar un α grande, el cual no elimina el ruido, puede causar que el pronóstico tenga variaciones grandes. Esto puede resultar en serios problemas al planear la producción y también puede ocasionar problemas de inventario

Cuando los datos son extremadamente ruidosos pero el nivel es estable, un α pequeño suele ser más efectivo.

Sin embargo, aun tenemos el problema de seleccionar el α más apropiado, ya que el más pequeño cambio en el α puede causar grandes cambios en el pronóstico resultante.

Suavizamiento Exponencial - Mucho Ruido

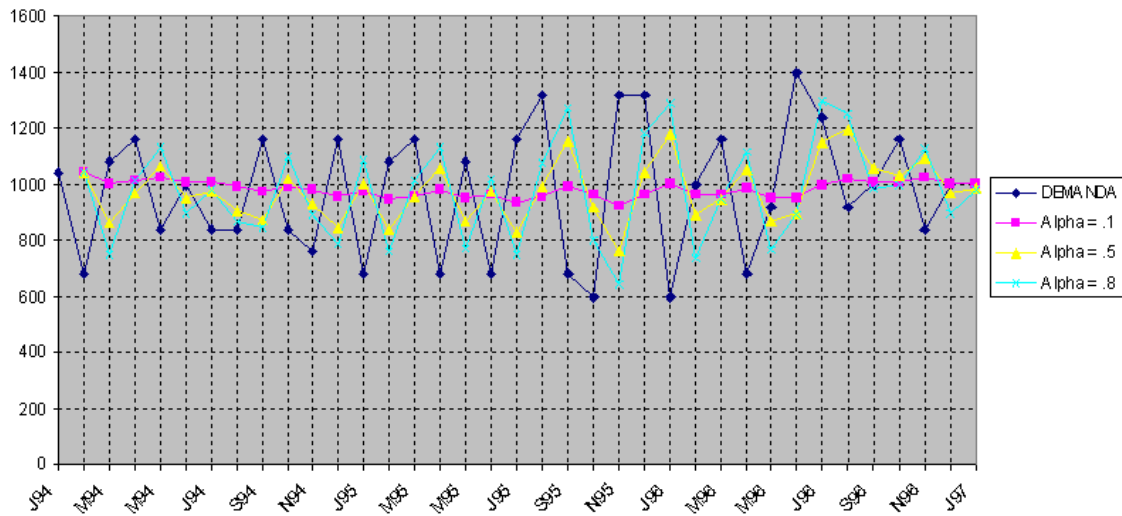


Figura 5.4.5



5.5 Suavizamiento adaptativo.

Con esta técnica se pretende solucionar el problema anterior. Constituye una técnica de suavizamiento exponencial que ajusta los valores de α .

$$F_{t+1} = \alpha V_t + (1 - \alpha) F_t$$

Y

$$\alpha_{t+2} = | (F_{t+1} - V_{t+1}) / S_{t+1} | = | PE_{t+1} |$$

SI EL VALOR DE $|PE_{t+1}|$ ES $\Rightarrow 1.0$, ENT. $\alpha_{t+2} = 0.99999$

SI EL VALOR DE $|PE_{t+1}|$ ES $= 0.0$, ENT. $\alpha_{t+2} = 0.00001$

Cabe mencionar que esta técnica mejora el suavizamiento exponencial ya que el α es seleccionado automáticamente, pero aun tenemos el problema la tendencia y estacionalidad no son tomados en cuenta.

También nótese que la fórmula para calcular el pronóstico es la misma que fórmula de suavizamiento exponencial que vimos anteriormente. Sin embargo, con esta técnica el α es calculado automáticamente basándonos en el valor absoluto del error porcentual del periodo anterior del pronóstico.

Este método asume que los errores grandes son causados por cambios de nivel (en cuyo caso el α salta para ajustarse) y por el ruido estadístico (en cuyo caso el α permanece pequeño, dando un peso similar a todos los periodos de venta pasada y eliminando el ruido).



En la tabla 5.5 tenemos unas ventas históricas con cambio de nivel. Nótese que en el mes de Enero'95 la demanda se incrementa grandemente (de 1000 a 2000) y de ahí se mantiene en el nivel de 2000. La tabla también contiene el pronóstico y el cálculo de error porcentual (columna 4), el cual es

$$(\text{pronóstico} - \text{demanda actual}) / \text{demanda actual}$$

La última columna es el valor absoluto del error porcentual o, en otras palabras, el valor calculado de α . Podemos ver que en Enero'95, mes en que cambió el nivel de la demanda, el α cambió de 0.044 a 0.481. También nótese que cuando el nivel permanece consistente durante el tiempo, no importa que éste se alto, el alfa se baja nuevamente a un nivel menor.



| Mes | Demanda | Pronóstico | Error Porcentual | Error Porcentual Absoluto o α_{t-1} |
|-----|---------|------------|------------------|--|
| E94 | 1010 | | | |
| F94 | 920 | 1010 | 0.098 | 0.098 |
| M94 | 1020 | 1002 | -0.018 | 0.018 |
| A94 | 1040 | 1002 | -0.037 | 0.037 |
| M94 | 960 | 1003 | 0.045 | 0.045 |
| J94 | 1000 | 1001 | 0.001 | 0.001 |
| J94 | 960 | 1001 | 0.043 | 0.043 |
| A94 | 960 | 999 | 0.041 | 0.041 |
| S94 | 1040 | 998 | -0.041 | 0.041 |
| O94 | 960 | 999 | 0.041 | 0.041 |
| N94 | 940 | 998 | 0.061 | 0.061 |
| D94 | 1040 | 994 | -0.044 | 0.044 |
| E95 | 1920 | 996 | -0.481 | 0.481 |
| F95 | 2020 | 1441 | -0.287 | 0.287 |
| M95 | 1920 | 1607 | -0.163 | 0.163 |
| A95 | 2040 | 1658 | -0.187 | 0.187 |
| M95 | 2080 | 1729 | -0.169 | 0.169 |
| J95 | 1920 | 1789 | -0.068 | 0.068 |
| J95 | 2040 | 1798 | -0.119 | 0.119 |
| A95 | 2080 | 1826 | -0.122 | 0.122 |
| S95 | 1920 | 1857 | -0.033 | 0.033 |
| O95 | 1900 | 1859 | -0.021 | 0.021 |
| N95 | 2080 | 1860 | -0.106 | 0.106 |
| D95 | 2080 | 1883 | -0.095 | 0.095 |
| E96 | 1900 | 1902 | -0.001 | 0.001 |
| F96 | 2000 | 1902 | -0.049 | 0.049 |
| M96 | 2040 | 1907 | -0.065 | 0.065 |
| A96 | 1920 | 1916 | -0.002 | 0.002 |
| M96 | 1980 | 1916 | -0.033 | 0.033 |
| J96 | 2100 | 1918 | -0.087 | 0.087 |
| J96 | 2060 | 1933 | -0.061 | 0.061 |
| A96 | 1980 | 1941 | -0.020 | 0.020 |
| S96 | 2000 | 1942 | -0.029 | 0.029 |
| O96 | 2040 | 1944 | -0.047 | 0.047 |
| N96 | 1960 | 1948 | -0.006 | 0.006 |
| D96 | 2000 | 1948 | -0.026 | 0.026 |
| E97 | | 1950 | | |

Figura 5.5

5.5.1 Suavizamiento adaptativo: cambio de nivel.

Como podemos ver en la figura 5.5.1, el nivel cambia en Enero '95. Aunque el pronóstico se queda atrás del cambio de nivel, vemos que brinca dramáticamente en el mes siguiente al cambio de nivel. Esto es el resultado de un valor grande de alfa calculado por el modelo.

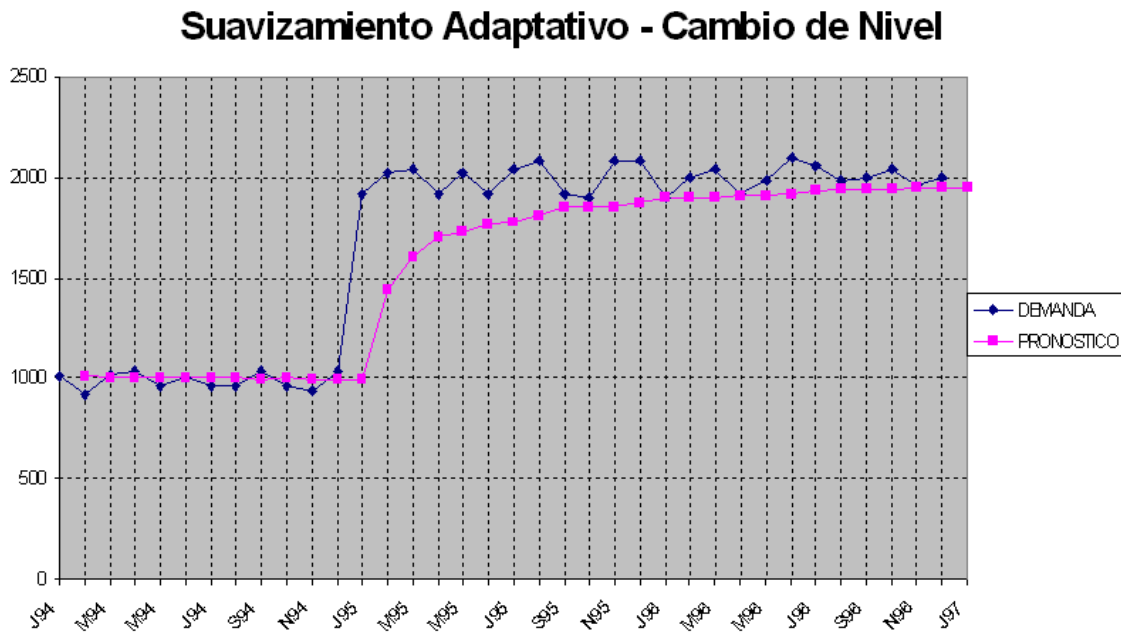


Figura 5.5.1

En la figura 5.5.2 vemos cómo el alfa aumenta dramáticamente cuando ocurre un cambio de nivel, y se reduce nuevamente conforme el nuevo nivel de ventas se mantiene estable en el tiempo.

Suavizamiento Adaptativo: Cambio de Nivel Valores calculados de Alpha

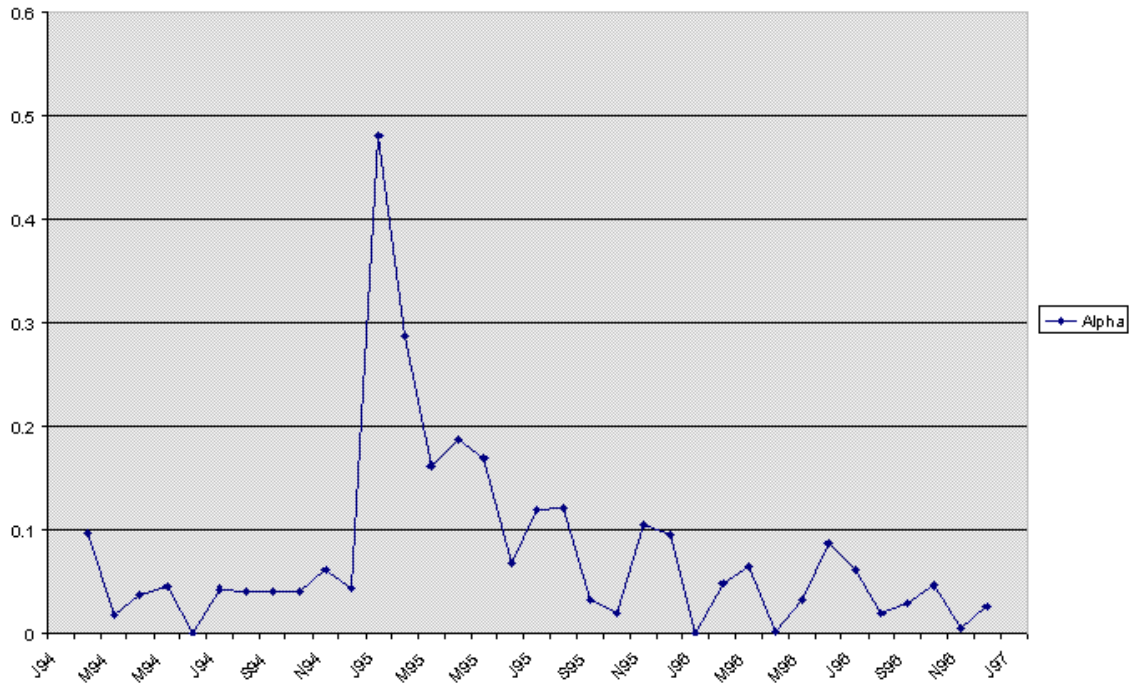


Figura 5.5.2

5.6 Suavizamiento exponencial con tendencia. Método de Holt.

Esta técnica de series de tiempo asume que existe una tendencia en los datos. En realidad, con esta técnica la tendencia es tratada como un escalón de una escalera de cambios de nivel de un periodo al otro. La altura de cada escalón (incremento) es considerado la tendencia (o trend). Ver figura 5.6.1.

Nótese que la tendencia en cada periodo es simplemente la altura del cambio de nivel. Y aunque la demanda muestra una tendencia hacia arriba en el tiempo y es representada por una línea recta, esta puede ser vista como una serie de escalones o cambios de nivel.

También nótese que el nivel de cualquier periodo de tiempo puede ser visto como el nivel del periodo anterior más la tendencia (incremento) del periodo anterior.

Tendencia en una Serie de Tiempo

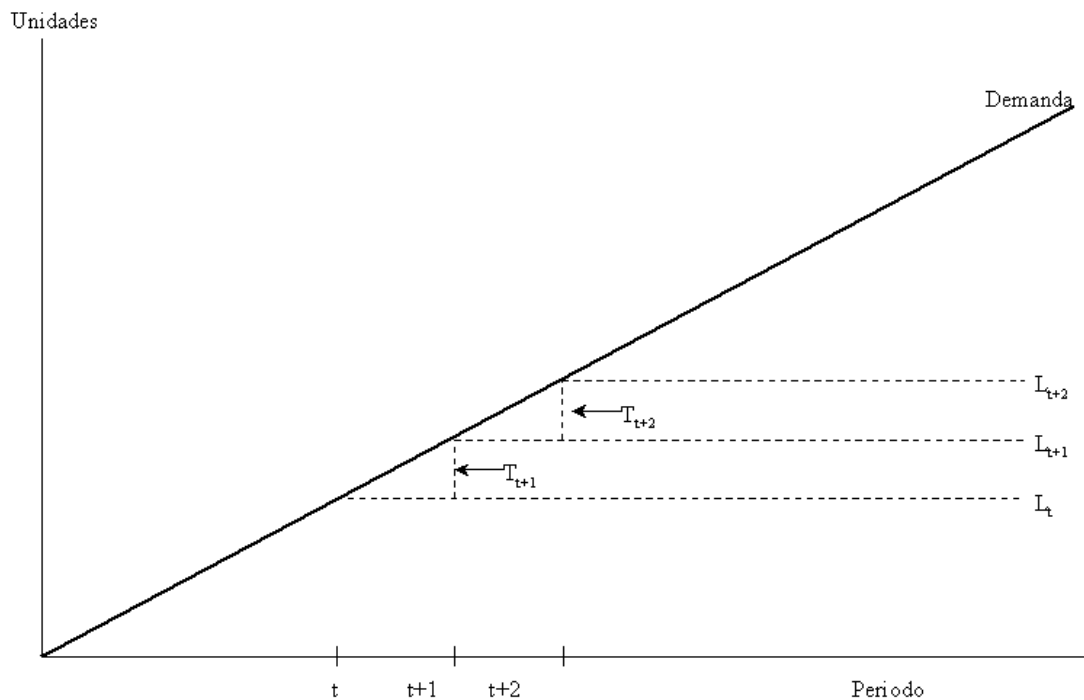


Figura 5.6.1



cálculo de la tendencia del periodo anterior, el cual incluye los cálculos de todas las tendencias de los periodos anteriores y que disminuye el peso exponencialmente sobre los periodos anteriores.

El peso dado a la tendencia del periodo inmediato anterior versus todos los periodos anteriores está determinado por la constante de suavizamiento β . Y similarmente como con α , un β mayor dará más peso a los periodos más recientes, mientras que un β menor dará más peso a todos los periodos anteriores y suavizará las fluctuaciones.

La tabla 5.6.2 muestra el valor calculado del nivel y la tendencia, así como el pronóstico para cada periodo con valores específicos de α (0.1) y β (0.2). El nivel en el periodo 1 se asume ser la demanda o venta real del primer periodo.



Suavizamiento Exponencial con Tendencia. Cálculo del Pronóstico

| Mes | Demanda | Nivel ($\alpha = 0.1$) | Tend ($\beta = 0.2$) | Pronóstico |
|-----|---------|--------------------------|------------------------|------------|
| E94 | 1010 | 1010 | 10 | |
| F94 | 1020 | 1020 | 10 | |
| M94 | 1220 | 1049 | 14 | 1030 |
| A94 | 1340 | 1091 | 19 | 1063 |
| M94 | 1360 | 1135 | 24 | 1110 |
| J94 | 1500 | 1193 | 31 | 1159 |
| J94 | 1560 | 1258 | 38 | 1224 |
| A94 | 1660 | 1332 | 45 | 1296 |
| S94 | 1840 | 1424 | 54 | 1377 |
| O94 | 1860 | 1516 | 62 | 1478 |
| N94 | 1940 | 1615 | 69 | 1578 |
| D94 | 2140 | 1729 | 78 | 1684 |
| E95 | 2120 | 1839 | 85 | 1808 |
| F95 | 2320 | 1963 | 93 | 1924 |
| M95 | 2440 | 2094 | 100 | 2056 |
| A95 | 2420 | 2217 | 105 | 2195 |
| M95 | 2620 | 2352 | 111 | 2322 |
| J95 | 2620 | 2478 | 114 | 2462 |
| J95 | 2840 | 2617 | 119 | 2592 |
| A95 | 2980 | 2760 | 124 | 2736 |
| S95 | 2920 | 2887 | 124 | 2884 |
| O95 | 3000 | 3011 | 124 | 3012 |
| N95 | 3280 | 3149 | 127 | 3135 |
| D95 | 3380 | 3287 | 129 | 3277 |
| E96 | 3300 | 3404 | 127 | 3416 |
| F96 | 3500 | 3528 | 126 | 3531 |
| M96 | 3640 | 3653 | 126 | 3654 |
| A96 | 3620 | 3763 | 123 | 3779 |
| M96 | 3780 | 3875 | 121 | 3886 |
| J96 | 4000 | 3996 | 121 | 3996 |
| J96 | 4060 | 4111 | 120 | 4117 |
| A96 | 4080 | 4216 | 117 | 4231 |
| S96 | 4200 | 4319 | 114 | 4332 |
| O96 | 4340 | 4424 | 112 | 4433 |
| N96 | 4360 | 4518 | 109 | 4536 |
| D96 | 4500 | 4614 | 106 | 4627 |
| E97 | | | | 4720 |

Tabla 5.6.2

La gráfica muestra la demanda de la tabla anterior y el pronóstico calculado con nivel y tendencia. Es importante notar que esta técnica no considera la estacionalidad.

Suavizamiento Exponencial con Tendencia

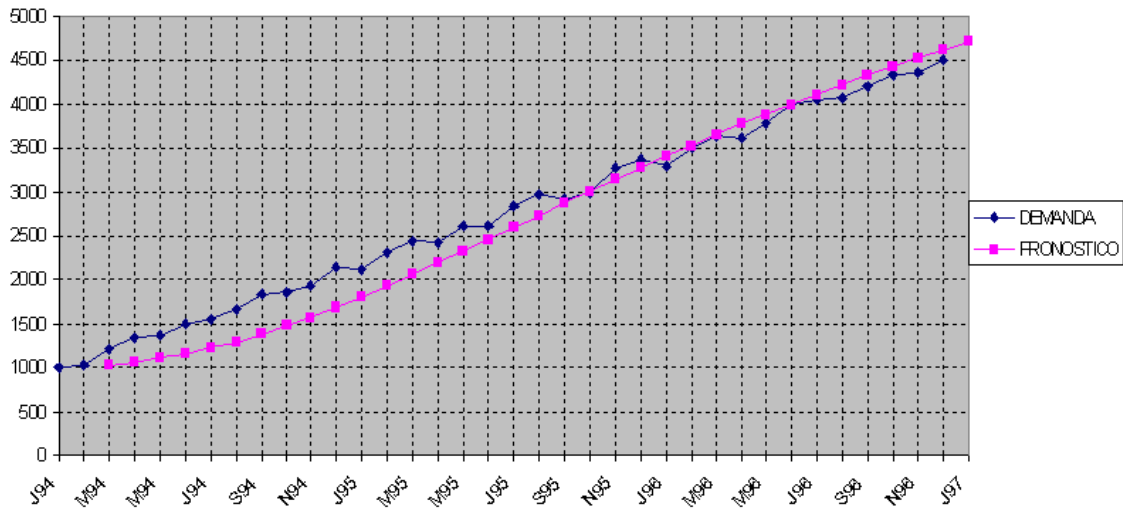


Figura 5.6.2



5.7 Suavizamiento exponencial con tendencia y estacionalidad. Método de Holt-Winters.

Esta técnica también usa suavizamiento exponencial para asignar pesos relativos a los periodos anteriores. Sin embargo, en adición al nivel y a la tendencia, esta técnica incorpora la estacionalidad en el cálculo del pronóstico. Es decir, se incorpora un *factor de ajuste estacional* (SA) en el pronóstico. Para explicar este factor consideremos el siguiente ejemplo:

Si la venta anual de un producto cualquiera es de 12,000 unidades al año, y asumimos que no existe tendencia ni estacionalidad, la venta mensual promedio será de 1,000 unidades. Si la venta del mes de Enero es de 1,175, entonces el ajuste estacional para Enero será de

$$\text{Venta de Enero} / \text{venta mensual promedio} = 1,175 / 1,000 \text{ unidades.} \\ SA_{\text{Enero}} = 1.175$$

lo cual significa que la venta es 17.5% mayor en Enero de lo que sería si no existiera estacionalidad.

Si la venta de Marzo es de 850 unidades, entonces el ajuste estacional para Marzo es de

$$850 \text{ unidades} / 1,000 \text{ unidades} = 0.85$$

lo que significa que la venta de Marzo es 15% menor que la venta no estacional.

Obsérvese que en la fórmula del nivel, en el primer término las ventas están divididas por el ajuste estacional del mismo periodo pero de un año (o ciclo) anterior. Esto hace que se remueva la estacionalidad. El segundo término contiene el nivel del periodo anterior sin estacionalidad.

La fórmula de la tendencia es la misma que la de suavizamiento exponencial con tendencia que ya hemos revisado.

La fórmula del ajuste estacional consiste de un estimado de la estacionalidad para el periodo más reciente, y el estimado de los periodos anteriores. Aquí el parámetro γ es el coeficiente de suavizamiento que determina cuánto peso dar a los ajustes estacionales de los periodos recientes.



$$L_t = \alpha (V_t / VA_{t-C}) + (1 - \alpha) (L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1}$$

$$SA_t = \gamma (S_t / L_t) + (1 - \gamma) (SA_{t-C})$$

Donde: **L** = **Nivel**
 T = **Tendencia**
 SA_t = **Ajuste Estacional para el Periodo t**
 C = **Longitud del Ciclo del Patrón Estacional**
 (i.e., para 12 meses C = 12)

$0 < \alpha < 1$
 $0 < \beta < 1$
 $0 < \gamma < 1$

La tabla 5.7 contiene tendencia y estacionalidad. El nivel, la tendencia, el factor de ajuste estacional y el pronóstico se han calculado para cada periodo usando las fórmulas anteriores de suavizamiento exponencial con $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.2$, y $\gamma = 0.15$.



Suavizamiento Exponencial con Tendencia y Estacionalidad

| Mez | Demanda | Nivel ($\alpha=0.1$) | Tend. ($\beta=0.2$) | Estacion. ($\gamma=0.1$) | Pronóstico |
|-----|---------|------------------------|-----------------------|----------------------------|------------|
| E94 | 1104 | 1104 | -219 | 1.00 | |
| F94 | 885 | 885 | -219 | 1.00 | 885 |
| M94 | 976 | 697 | -213 | 1.06 | 666 |
| A94 | 1101 | 546 | -200 | 1.15 | 484 |
| M94 | 1120 | 423 | -185 | 1.25 | 345 |
| J94 | 1276 | 342 | -164 | 1.41 | 238 |
| J94 | 1419 | 302 | -139 | 1.56 | 178 |
| A94 | 1615 | 308 | -110 | 1.64 | 162 |
| S94 | 1836 | 361 | -78 | 1.61 | 197 |
| O94 | 1730 | 428 | -49 | 1.46 | 284 |
| N94 | 1686 | 510 | -22 | 1.35 | 380 |
| D94 | 1769 | 616 | 3 | 1.28 | 488 |
| E95 | 1521 | 709 | 21 | 1.17 | 619 |
| F95 | 1504 | 808 | 37 | 1.13 | 730 |
| M95 | 1478 | 899 | 48 | 1.15 | 895 |
| A95 | 1480 | 981 | 54 | 1.21 | 1091 |
| M95 | 1726 | 1070 | 61 | 1.30 | 1291 |
| J95 | 1759 | 1143 | 64 | 1.43 | 1595 |
| J95 | 2137 | 1223 | 67 | 1.58 | 1877 |
| A95 | 2436 | 1310 | 71 | 1.67 | 2113 |
| S95 | 2425 | 1393 | 73 | 1.63 | 2227 |
| O95 | 2355 | 1482 | 76 | 1.48 | 2136 |
| N95 | 2499 | 1588 | 82 | 1.38 | 2097 |
| D95 | 2442 | 1694 | 87 | 1.30 | 2140 |
| E96 | 2069 | 1780 | 87 | 1.17 | 2087 |
| F96 | 1992 | 1856 | 85 | 1.12 | 2108 |
| M96 | 1958 | 1918 | 80 | 1.13 | 2227 |
| A96 | 1990 | 1963 | 73 | 1.18 | 2409 |
| M96 | 2222 | 2003 | 67 | 1.27 | 2651 |
| J96 | 2525 | 2039 | 60 | 1.40 | 2958 |
| J96 | 2789 | 2066 | 54 | 1.55 | 3327 |
| A96 | 3017 | 2088 | 47 | 1.64 | 3542 |
| S96 | 3232 | 2120 | 44 | 1.62 | 3485 |
| O96 | 3198 | 2165 | 44 | 1.48 | 3195 |
| N96 | 3028 | 2207 | 44 | 1.38 | 3048 |
| D96 | 2985 | 2255 | 45 | 1.31 | 2938 |
| J97 | | | | | 2692 |

Tabla 5.7

Obsérvese que en el primer año tenemos el problema de saber cual es la estacionalidad. Pero en el segundo año, que ya tenemos suficiente historia de ventas, hemos identificado la estacionalidad y por tanto, el pronóstico se acerca más a la venta real.

Es importante señalar que esta técnica es muy sensible a las constantes de suavizamiento, y por tanto, la selección de las constantes α , β y γ se vuelve un factor crítico.

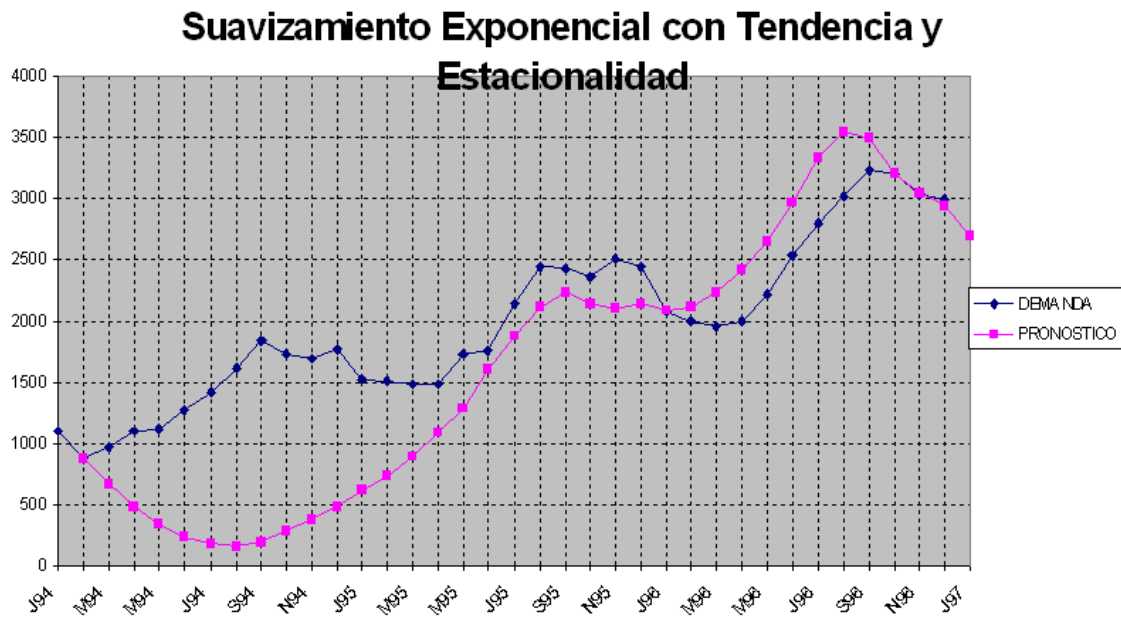


Figura 5.7



5.8 Guía de selección de la técnica de serie de tiempo.

Recordemos que es importante seleccionar la técnica de suavizamiento exponencial que reconozca e incorpore los patrones que existen en los datos. Por ejemplo, si no hay cambio de nivel, entonces podemos usar un α cercano a 0. Si no hay tendencia en los datos, entonces podemos usar un β cerca de 0, y si no hay estacionalidad, entonces γ cerca de 0.

| Componente de Serie de Tiempo | Técnica |
|---|--|
| Nivel estable, Sin Tendenc. ni Estacionalidad | Suavizamiento Exponencial |
| Nivel variable, Sin Tendenc. ni Estacionalidad | Suavizamiento Adaptativo |
| Nivel y Tendencia | Suavizamiento Exponencial con Tendencia |
| Nivel, Tendencia y Estacionalidad | Suavizamiento Exponencial con Tendencia y Estacional. |
| Nivel, Tendencia y Estacionalidad variables | AEES |

Figura 5.8



CAPITULO VI

Medición de la Efectividad de Pronóstico.

6.1 Necesidad de medir la asertividad del pronóstico.

Podemos decir, sin temor a equivocarnos, que la variación es inevitable en nuestras vidas; cada proceso, cada medida y cada muestra tienen variaciones. Los administradores, gerentes de negocios y tomadores de decisiones en general necesitan entender dicha variación por dos razones fundamentales. Primero, pueden guiar a otros para aplicar el razonamiento estadístico en las actividades cotidianas; y segundo, para aplicar este concepto en la búsqueda del mejoramiento permanente (mejora continua).

Hemos dicho anteriormente que el pronóstico es una predicción de algo que ocurrirá en el futuro, y que es en naturaleza un proceso con incertidumbre asociada. Debido a esta incertidumbre, la exactitud del pronóstico cobra un valor muy importante al punto de serlo tanto como el pronóstico mismo.

En el capítulo 3 mencionamos que uno de los aspectos críticos en la generación de un pronóstico es el seguimiento que se le dé a la asertividad del mismo. No obstante, con frecuencia los involucrados en la elaboración de un pronóstico lo elaboran sin las herramientas necesarias y no toman en cuenta su evaluación y seguimiento en etapas posteriores, lo cual conlleva a que el pronóstico no cumpla con su propósito.

Sin embargo, en el mundo de los negocios las cosas están cambiando y en la actualidad el medir el desempeño y efectividad del negocio se está convirtiendo, afortunadamente, en una prioridad para la alta gerencia de las compañías. Esto ha permitido desarrollar una serie de medidores de desempeño efectivos que posibilitan el control y la mejora continua del proceso de pronóstico.

En dicho proceso de generación de pronósticos, como en cualquier otro proceso, existe un principio que establece lo siguiente:

“Si no podemos controlarlo, entonces debemos aprender cómo medirlo y analizarlo, para después predecirlo con eficacia”.

En este capítulo revisaremos las principales técnicas y formas que existen para medir y manejar las variaciones del pronóstico y que han probado ser de mucha utilidad en la toma de decisión.



6.2 Métricas del error del pronóstico.

Con la idea de conocer y manejar la variación en los pronósticos se han desarrollado diversas métricas con propósitos específicos que proporcionan una base sólida para la toma de decisión y la mejora continua.

A la diferencia entre el valor pronosticado y el valor real de la demanda se le denomina *error del pronóstico, desviación del pronóstico o residual*. Es decir:

$$e = \text{Pronóstico} - \text{Actual}$$

Existen cuatro diferentes tipos de métricas del error del pronóstico ampliamente usadas, a saber:

- a. Desviación del pronóstico o residuales.
- b. Sesgo del pronóstico.
- c. Porcentaje de códigos por rango de error.
- d. Porcentaje de códigos por grupos de error

Desviación del pronóstico o residuales.

Las técnicas estadísticas de medición de la desviación o error del pronóstico más usuales son las siguientes:

a. Error Promedio $ME = 1/n \sum (\text{Pronóstico} - \text{Actual})$ (1)

b. Error Promedio Absoluto $MAE = 1/n \sum |(\text{Pronóstico} - \text{Actual})|$ (2)

c. Error Promedio Cuadrado $MSE = 1/n \sum (\text{Pronóstico} - \text{Actual})^2$ (3)

d. Error Porcentual Promedio $MPE = 1/n \sum (\text{Pron} - \text{Actual}) / \text{Actual} * 100$ (4)

e. Error Porcentual Promedio Absoluto $MAPE = 1/n \sum |(\text{Pron} - \text{Actual}) / \text{Actual} * 100|$ (5)

f. Error Porcentual Ponderado Absoluto $WAPE = \sum (|(\text{Pron} - \text{Actual}) / \text{Actual}| * W)$ (6)
 donde $W = \text{Actual} / \sum \text{Actual}$

El propósito fundamental de esta métrica es el de proporcionar un indicador general del *nivel de eficiencia del pronóstico* para un periodo de venta específico. En adición, el MAPE y WAPE son utilizados para establecer el nivel de



inventario y los inventarios de seguridad para enfrentar las variaciones de demanda y mejorar la disponibilidad de producto y nivel de servicio.

La tabla 6.2.1 nos muestra un ejemplo de estas técnicas estadísticas de medición con cifras de venta de una empresa de cosméticos. Podemos observar que para cada mes tenemos tanto las ventas reales como el pronóstico. También observamos que el error del pronóstico resulta del valor del pronóstico menos la venta real y no en el sentido inverso.

| Mes | Ventas (V) | Pronóstico (P) | Error (P - V) | Error Promedio ME | Error Promedio Absoluto MAE | Suma de Errores al cuadrado | Error Promedio Cuadrado MSE |
|--------|------------|----------------|---------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Ene'04 | 100 | 103 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 |
| Feb'04 | 119 | 120 | 1 | 2 | 2 | 10 | 5 |
| Mar'04 | 478 | 441 | -37 | -11 | 13.66667 | 1,379 | 459.6667 |
| Abr'04 | 98 | 118 | 20 | -3.250000 | 15.25000 | 1,779 | 444.7500 |
| May'04 | 110 | 104 | -6 | -3.800000 | 13.40000 | 1,815 | 363 |
| Jun'04 | 93 | 103 | 10 | -1.500000 | 12.83333 | 1,915 | 319.1667 |
| Jul'04 | 104 | 105 | 1 | -1.142860 | 11.14286 | 1,916 | 273.7143 |
| Ago'04 | 96 | 101 | 5 | -0.37500 | 10.37500 | 1,941 | 242.6250 |
| Sep'04 | 96 | 98 | 2 | -0.111111 | 9.44444 | 1,945 | 216.1111 |
| Oct'04 | 103 | 109 | 6 | 0.500000 | 9.10000 | 1,981 | 198.1000 |
| Nov'04 | 94 | 99 | 5 | 0.909091 | 8.72727 | 2,006 | 182.3636 |
| Dic'04 | 102 | 105 | 3 | 1.083333 | 8.25000 | 2,015 | 167.9167 |
| Ene'05 | 98 | 101 | 3 | 1.230769 | 7.84615 | 2,024 | 155.6923 |
| Feb'05 | 120 | 119 | -1 | 1.071429 | 7.35714 | 2,025 | 144.6429 |
| Mar'05 | 469 | 453 | -16 | -0.066667 | 7.93333 | 2,281 | 152.0667 |
| Abr'05 | 99 | 115 | 16 | 0.937500 | 8.43750 | 2,537 | 158.5625 |
| May'05 | 99 | 106 | 7 | 1.294118 | 8.35294 | 2,586 | 152.1176 |
| Jun'05 | | 101 | | | | | |

Tabla 6.2.1



En la siguiente sección se analizarán cada una de estas técnicas en términos de su cálculo y aplicación.

Sesgo del pronóstico.

Cuando calculamos el error del pronóstico de un grupo de productos para un periodo en específico, se nos pueden presentar dos situaciones. La primera es que algunos residuales sean positivos, es decir, que el pronóstico es mayor que la venta real y en cuyo caso se les llama sobre-estimados. Y la segunda es que otros residuales sean negativos, es decir, que el pronóstico es menor que la venta real y se les llama bajo-estimados.

Una vez obtenidos el número de productos sobre-estimados y bajo-estimados del grupo original de productos, podemos calcular el porcentaje que representa cada subgrupo. Es decir, del total de productos originales, qué porcentaje representa el subgrupo de sobre-estimaciones y qué porcentaje tiene el de bajo-estimaciones.

Decimos que se presenta un *sesgo del pronóstico* si a lo largo de varios periodos el porcentaje de sobre-estimaciones o bajo-estimaciones es consistentemente mayor a 50%. Es importante aclarar que en una buena práctica de pronóstico no existen sesgos y que consistentemente a lo largo de varios periodos el número de sobre-estimaciones es muy cercano al número de bajo-estimaciones.

Esta métrica tiene un propósito fundamental doble, el primero es evaluar el *impacto de pronóstico en el servicio* (para el caso de las bajo-estimaciones consistentes), y el segundo es evaluar el *impacto del pronóstico en el flujo de caja* (para el caso de las sobre-estimaciones consistentes). Adicionalmente, esta métrica nos sirve como un indicador para evaluar la credibilidad del pronóstico.

Porcentaje de códigos por rango de error.

Esta métrica consiste en obtener el porcentaje del número total de códigos cuyo error de pronóstico cae dentro de un *rango de error objetivo*, el cual está definido por un porcentaje de tolerancia previamente establecido, por ejemplo de +/- 40%. Al igual que con la métrica anterior, se calcula el error del pronóstico de un grupo de productos para un periodo en específico.

El propósito fundamental de esta métrica es el de proporcionar un indicador general del *nivel de confianza del pronóstico* a lo largo de varios periodos, indicándonos qué tan seguido "obtenemos el pronóstico correcto" dentro de los límites tolerables de error. En otras palabras, proporciona una base teórico-práctica para desarrollar pronósticos que caigan dentro de límites de control establecidos para cada producto.

La figura 6.2.1 ilustra esta métrica para un rango de error objetivo de +/- 40%.

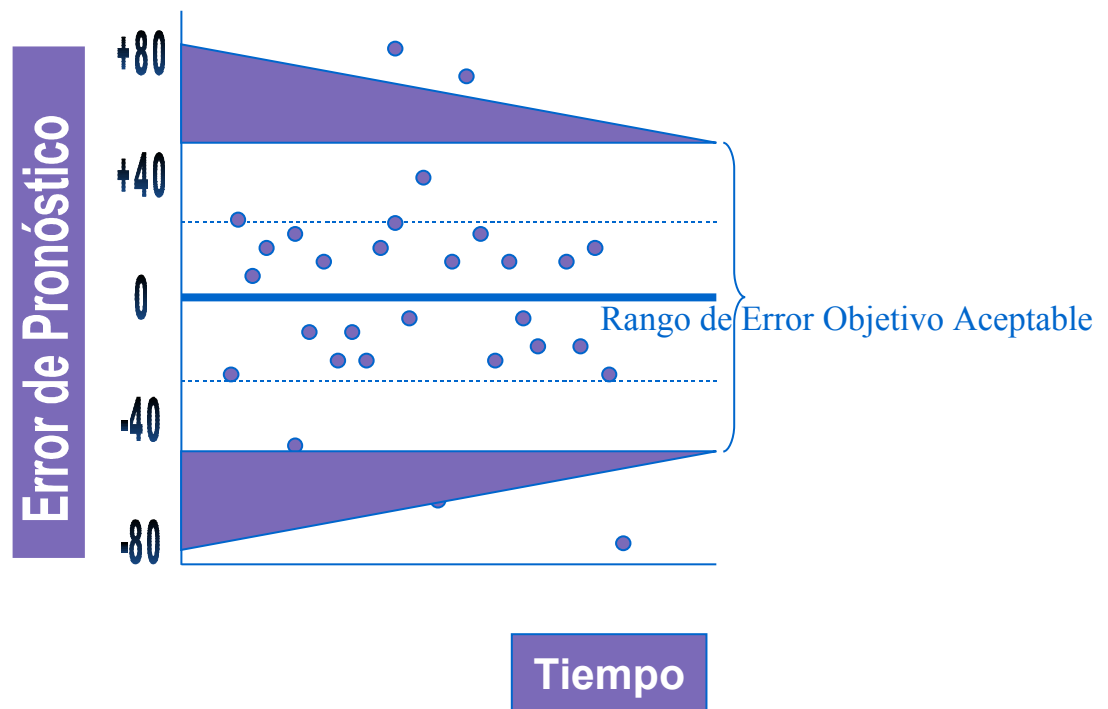


Figura 6.2.2

Porcentaje de códigos por grupos de error.

Esta métrica es muy similar a la anterior y consiste en obtener el porcentaje del número total de códigos cuyo error de pronóstico cae dentro de *grupos de error* previamente definidos. Estos grupos pueden ser de 0 a +25%, de +25% a +50%, etc. ó de 0 a -25%, de -25% a -50%, etc. Nótese que se consideran los signos +/- para distinguir los sobre-estimados (+) de los bajo-estimados (-).

El propósito fundamental de esta métrica es el de proporcionar un indicador general de *control del pronóstico*. El controlar el número de códigos que caen en los rangos de error extremos mejorará la exactitud del pronóstico, resultando en menos faltantes y menos excesos de inventario.



En la sección 6.4 “Formas de analizar el pronóstico” se presenta un ejemplo de esta métrica.

6.3 Análisis de las técnicas estadísticas de medición del error del pronóstico

En la tabla 6.2.1 tenemos un ejemplo de las técnicas de medición del error de pronóstico para los periodos del 2004 y 2005 de una empresa de cosméticos. En la primera columna tenemos los periodos de venta, en la segunda observamos las ventas reales de cada periodo y en la tercera el pronóstico.

Podemos observar que en el primer renglón que el error para el mes de Enero 04 fue de 3 unidades, el error promedio (ME) y el error promedio absoluto (MAE) también fue de 3, y que la suma de errores al cuadrado y el error promedio cuadrado (MSE) fue de 9.

Observemos lo que pasa en Marzo 04. El error de este periodo es 37. Sin embargo, cuando calculamos el error promedio tenemos que $(3 + 1 - 37) / 3 = -11$, el cual mucho menor que 37. Esto se debe a que el cálculo del error promedio permite que los negativos y positivos se cancelan uno con otro. Por otro lado, observemos que el error absoluto promedio (MAE) resuelve este problema. Su cálculo para este ejemplo es $(3 + 1 + 37)/3 = 13.667$, el cual es mayor que -11 .

Para el caso de la suma de errores al cuadrado y el error promedio cuadrado (MSE), notemos que las cifras aumentan significativamente. También notemos que al elevar al cuadrado los errores, se elimina el problema de la cancelación entre negativos y positivos.

El problema que tenemos con estas medidas es que ellas no dan en realidad mucha información sobre la eficiencia del pronóstico. Es decir, no nos dicen si el pronóstico es bueno o malo, o comparado con qué es bueno o malo.

Afortunadamente, existe una forma de resolver esta limitante, y es aquí donde juegan un papel importante las técnicas del MAPE y WAPE, cuyas fórmulas las mostramos en la sección 6.2.

Para revisar el MAPE y WAPE haremos uso de la tabla 6.3.1, la cual contiene las 4 primeras columnas de la tabla 6.2.1 relativas a las ventas y pronóstico del 2004 y 2005 de una empresa de cosméticos. Sin embargo, las siguientes 2 columnas muestran medidas de la exactitud *relativas a la venta real*.



| Mes | Venta (V) | Pronóstico (P) | Error (P - V) | Error Porcentual (PE)= (P -V) /V | Error Porcentual Promedio Absoluto (MAPE) | Year to Date Error Porcentual Promedio Absoluto (YTD MAPE) |
|--------|-----------|----------------|---------------|----------------------------------|---|--|
| Ene'04 | 100 | 103 | 3 | 3 | 3.00 | |
| Feb'04 | 119 | 120 | 1 | 0.84034 | 1.92 | |
| Mar'04 | 478 | 441 | -37 | -7.74059 | 3.86 | |
| Abr'04 | 98 | 118 | 20 | 20.40816 | 8.00 | |
| May'04 | 110 | 104 | -6 | -5.45455 | 7.49 | |
| Jun'04 | 93 | 103 | 10 | 10.75269 | 8.03 | |
| Jul'04 | 104 | 105 | 1 | 0.96154 | 7.02 | |
| Ago'04 | 96 | 101 | 5 | 5.20833 | 6.80 | |
| Sep'04 | 96 | 98 | 2 | 2.08333 | 6.27 | |
| Oct'04 | 103 | 109 | 6 | 5.82524 | 6.22 | |
| Nov'04 | 94 | 99 | 5 | 5.31915 | 6.14 | |
| Dic'4 | 102 | 105 | 3 | 2.94118 | 5.88 | 5.88 |
| Ene'05 | 98 | 101 | 3 | 3.06122 | 5.66 | 5.88 |
| Feb'05 | 120 | 119 | -1 | -0.83333 | 5.32 | 5.88 |
| Mar'05 | 469 | 453 | -16 | -3.41151 | 5.19 | 5.52 |
| Abr'05 | 99 | 115 | 16 | 16.16162 | 5.88 | 5.16 |
| May'05 | 99 | 106 | 7 | 7.07071 | 5.95 | 5.30 |
| Jun'05 | | 101 | | | | |

Tabla 6.3.1



La columna 5 se refiere al error porcentual (PE), el cual muestra tanto la exactitud relativa como la dirección del error al conservar el signo negativo. Esto es útil para ver los patrones consistentes en el error del pronóstico, lo que puede ayudar a determinar lo que está mal con la técnica particular de generación de pronóstico que estemos usando.

$$\text{Error Porcentual}_t = \mathbf{PE}_t = ((\text{Pronóstico}_t - \text{Venta}_t)/\text{Venta}_t) * 100$$

donde t = periodo de venta

Aquí vemos la fórmula del error porcentual. Consideremos ahora el cálculo para el mes de Mayo 04.

$$PE_{\text{Mayo } 04} = ((104-110)/110) * 100 = -5.45455 \%$$

Nótese que el valor negativo se conserva, mostrando la dirección del error en el pronóstico. En este caso, el pronóstico fue menor que la venta real.

Nótese también que el error porcentual se calcula como un porcentaje de las ventas y no como un porcentaje del pronóstico.

Hemos comentado que el propósito del error porcentual es identificar patrones consistentes en el error del pronóstico, y esto se puede hacer si usamos una gráfica como la de la figura 6.3.2, la cual muestra los valores del error porcentual de la tabla 6.3.1.

Observamos que hay dos periodos picos en los datos, uno en abril del 2004 y otro en abril del 2005. Esto nos hace preguntarnos si las razones por las que estamos sobre estimando obedecen a un problema recurrente o no. También observemos que hay un patrón continuo a sobre estimar a lo largo de varios periodos del 2004 y 2005.

Vemos la utilidad de esta gráfica al cuestionar los patrones en los errores porcentuales, lo cual nos puede ayudar a identificar problemas con la técnica de pronóstico usada o quizá haga falta incorporar información adicional al pronóstico.

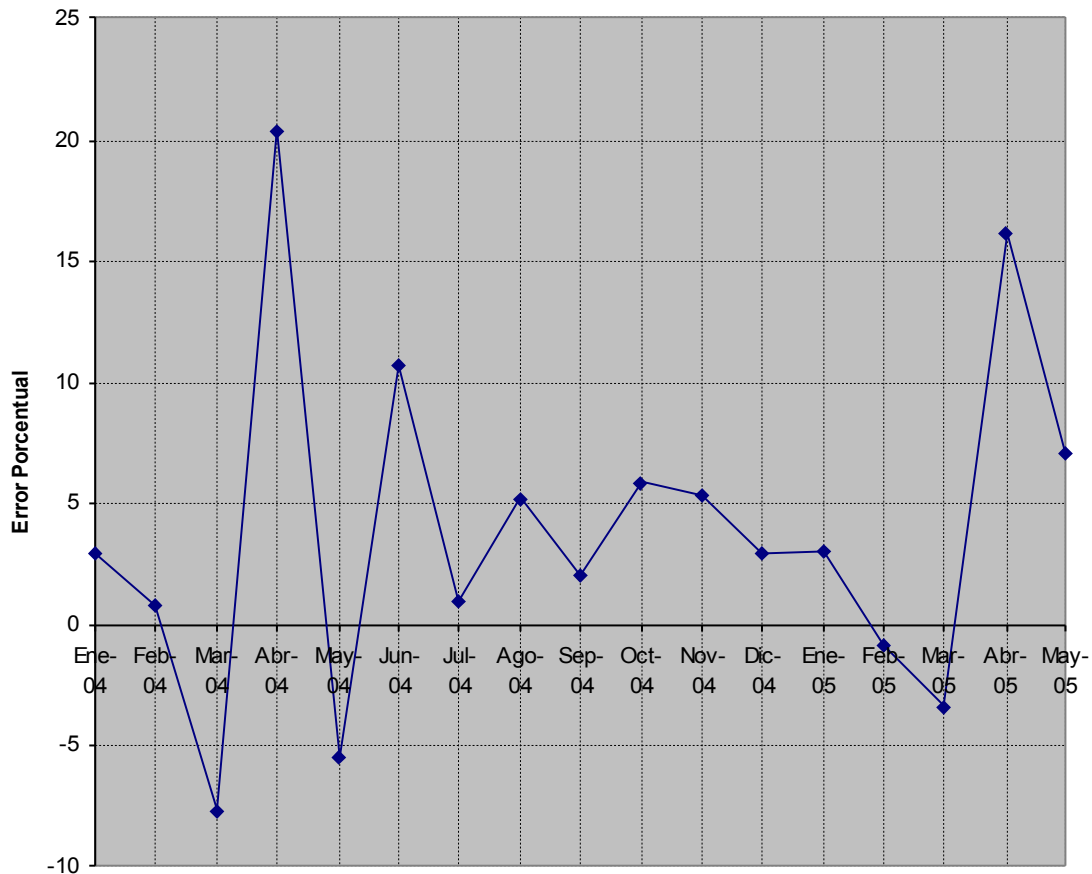


Figura 6.3.2

Regresando a la tabla 6.3.1, la columna 6 se refiere al error porcentual promedio absoluto (MAPE), el cual proporciona una medida de qué tan bien estamos pronosticando sobre el tiempo (y evita el problema de errores positivos y negativos que se cancela mutuamente).

$$\text{Error Porcentual Promedio Absoluto} = \mathbf{MAPE} = 1/n \sum |PE|$$

donde n = número de periodos para los que se revisa el error porcentual

$|PE|$ = valor absoluto del error porcentual



Aquí vemos la fórmula del error porcentual promedio absoluto. Consideremos ahora el cálculo para el mes de Mayo 04.

$$\text{MAPE}_{\text{Mayo 04}} = (3 + 0.840336 + |-7.740586| + 20.40816 + |-5.454545|) / 5 = 7.49\%$$

Nuevamente, nótese que usando el valor absoluto del error porcentual, se elimina el problema de los errores positivos y negativos que se cancelan.

Hasta ahora hemos visto la técnica del MAPE para medir la eficiencia del pronóstico de un solo producto. Sin embargo, existe la necesidad de medir qué tan bueno es el pronóstico de grupos o categorías de productos. Por ejemplo, nos puede interesar conocer cual es la efectividad del pronóstico para la categoría de fragancias, o maquillaje, o cuidado personal de una empresa típica de cosméticos.

Si utilizamos el MAPE como el promedio de los errores porcentuales absolutos de todos los productos de una categoría en particular, el resultado está distorsionado por el hecho de que el MAPE no incorpora los pesos relativos al volumen de ventas de cada producto. En otras palabras, podríamos tener el caso de un producto que vendió un volumen bajo de unidades, digamos 100, y que se le pronosticaron 10 unidades. Entonces su error porcentual absoluto sería de $|10 - 100| / 100 * 100 = 90\%$. Mientras que otro producto que vendió 200,000 unidades y se le estimaron 180,000 unidades, su error porcentual absoluto sería de 10%. Al promediar 90% con 10% obtendríamos 50% de MAPE para estos dos productos. Lógicamente, 50% nos da un valor distorsionado de qué tan bueno fue el pronóstico del producto que nos movió un mayor volumen de unidades, lo cual no es conveniente para el manejo de inventarios.

El WAPE es la técnica estadística de medición que resuelve este problema ya que pondera el error porcentual absoluto de cada producto con su correspondiente peso relativo a la venta total de todos los productos. Su fórmula es la siguiente:

Error Porcentual

$$\text{Ponderado Absoluto WAPE} = \frac{\sum (|(Pr on - Actual) / Actual| * W)}{\sum Actual} \quad (6)$$

donde $W = Actual / \sum Actual$



Nótese que el WAPE proporciona una medida de la exactitud del pronóstico con respecto a las ventas totales.

Para efectos prácticos, la fórmula anterior del WAPE se puede transformar en otra más fácil de calcular, a saber,

$$\mathbf{WAPE} = \sum (|(Pr\ on\acute{o}stico - Actual) / Actual| * W)$$

(6)

$$\text{donde } W = Actual / \sum Actual$$

Sustituyendo W, obtenemos:

$$\begin{aligned} \mathbf{WAPE} &= \sum (|(Pr\ on\acute{o}stico - Actual) / Actual| * (Actual / \sum Actual)) \\ &= \sum (|(Pr\ on\acute{o}stico / Actual) - 1| * (Actual / \sum Actual)) \\ &= \sum (|(Pr\ on\acute{o}stico / \sum Actual) - (Actual / \sum Actual)| \\ &= (1 / \sum Actual) * \sum (|Pr\ on\acute{o}stico - Actual| \end{aligned} \tag{6a}$$

Esta fórmula 6a resulta ser más sencilla de utilizar al momento de determinar el WAPE de un grupo de productos. En la tabla siguiente (tabla 6.3.3) vemos un ejemplo del cálculo del WAPE para un grupo de 10 productos que tuvieron su venta en el periodo 01 del año 1999.

Obsérvese que el WAPE para este grupo de productos es de 29.9%. Y este valor lo podemos obtener mediante dos procedimientos de cálculo diferentes, uno es usando la fórmula 6 y el otro con la fórmula 6a. En otras palabras, por un lado vemos que la columna K representa la fórmula 6, y al final de dicha columna vemos que la suma de los Errores Porcentuales Ponderados es de 29.9%. Y por otro lado, si dividimos el valor de la suma total de la columna H, 6 765, entre la suma total de la columna D, 22 620, obtenemos nuevamente 29.9%



| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|----|-----|---------|--------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|
| | | | | | (E-D) | (ABS(F)) | (F/D) | (G/D) | (D/Total D) | (J*I) |
| | | | VENTA | PRONOS TICO | | DIFER ENCIA | ERROR PORCEN TUAL | ERROR PORCEN TUAL | PESO | ERROR PORCEN TUAL |
| No | FSC | PERIODO | (V) | (P) | DIFER ENCIA | ABSOL UTA | (PE) | ABSOLU TO | | PONDER ADO |
| 1 | ABC | 199901 | 1000 | 800 | -200 | 200 | -20% | 20% | 4.4% | 0.9% |
| 2 | DEF | 199901 | 7000 | 6800 | -200 | 200 | -3% | 3% | 30.9% | 0.9% |
| 3 | GHI | 199901 | 5000 | 7000 | 2000 | 2000 | 40% | 40% | 22.1% | 8.8% |
| 4 | JKL | 199901 | 500 | 390 | -110 | 110 | -22% | 22% | 2.2% | 0.5% |
| 5 | MNO | 199901 | 50 | 45 | -5 | 5 | -10% | 10% | 0.2% | 0.0% |
| 6 | PQR | 199901 | 5000 | 5900 | 900 | 900 | 18% | 18% | 22.1% | 4.0% |
| 7 | STU | 199901 | 2000 | 860 | -1140 | 1140 | -57% | 57% | 8.8% | 5.0% |
| 8 | VWX | 199901 | 470 | 100 | -370 | 370 | -79% | 79% | 2.1% | 1.6% |
| 9 | YZA | 199901 | 600 | 2000 | 1400 | 1400 | 233% | 233% | 2.7% | 6.2% |
| 10 | BCD | 199901 | 1000 | 560 | -440 | 440 | -44% | 44% | 4.4% | 1.9% |
| | | | 22620 | | | | 6765 | 52.6% | 100% | 29.9% |
| | | | | | | | | MAPE | | WAPE |

Tabla 6.3.3

En la sección siguiente veremos varios ejemplos en los que se muestra la forma como se presentan a los administradores de las empresas algunas de las métricas hasta aquí vistas.

6.4 Formas de analizar y reportar la efectividad del pronóstico en la industria de manufactura.

Hasta ahora hemos comentado que la medición del desempeño del negocio es una prioridad para la gerencia y hemos revisado las principales técnicas estadísticas de medición del error del pronóstico.



Para que las métricas del pronóstico sean comprensibles y efectivas al momento de tomar decisiones de negocio, los gerentes y administradores en general, deben ser capaces de entender e interpretar correctamente las fórmulas estadísticas. Colocando números dentro de fórmulas y combinándolos no tiene ningún sentido si no se esfuerzan en entender los conceptos e interpretar los resultados.

Para ayudarles en este sentido, existen una serie de gráficas y reportes que facilitan el análisis del desempeño del pronóstico y que los administradores usan con frecuencia. Dichas gráficas y reportes son en realidad valiosas herramientas de análisis; las siete más frecuentemente usadas son las siguientes:

1. Gráfica de Tendencia del Error
2. Gráficas ABC del Error.
3. Gráfica de Desviación Total Negocio
4. Gráfica del "Rolling Forecast"
5. Reporte del BIAS
6. Reporte de Grupos de Error
7. Reporte de MAPE y WAPE YTD (Year-to-Date)

6.4.1 Gráfica de Tendencia del Error

Esta gráfica pertenece a la métrica de *Desviación del Pronóstico*, y consiste en mostrar el Error Porcentual Promedio Absoluto o MAPE, a lo largo de todos los periodos de venta de los últimos tres años. El MAPE es calculado para una unidad de negocio completa, la cual puede ser el negocio de cosméticos, de lencería o de joyería, por citar algunos. También se muestra el Error Promedio de cada año.

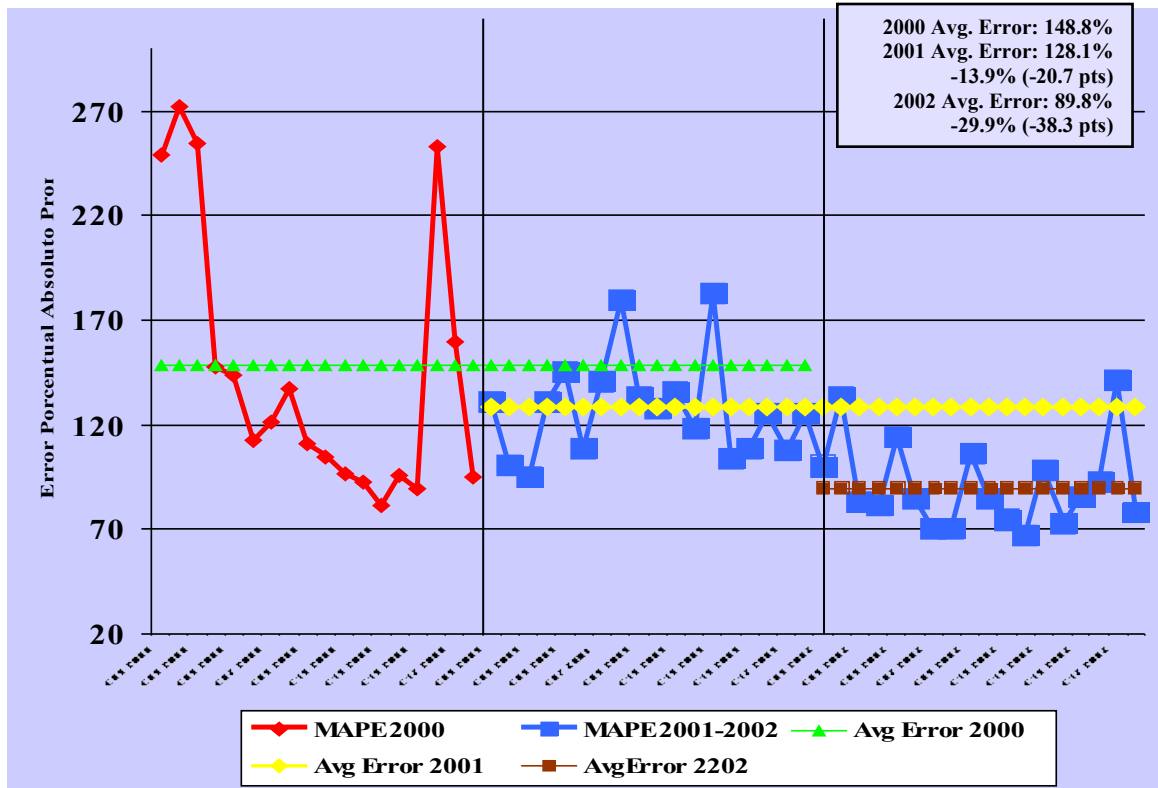


Figura 6.4.1

El propósito de esta gráfica es mostrar la evolución de la efectividad del estimado a través del MAPE de cada periodo de venta y de la comparación del Error Promedio de cada uno de los últimos años. Obviamente, la gerencia espera una disminución de este Error Promedio año con año.

Esta gráfica está dirigida a directores, gerentes y supervisores que toman decisiones de negocio importantes, como por ejemplo, los métodos y técnicas de pronóstico utilizados, el nivel conocimiento de la gente, el tiempo asignado a la generación del pronóstico, etc.

6.4.2 Gráficas ABC del Error

Esta gráfica pertenece a la métrica de *Porcentaje de Códigos por Grupos de Error*, y consiste en mostrar el porcentaje de códigos que caen dentro de tres

grupos de error previamente definidos. El grupo A es el que tiene las desviaciones más grandes y que hay que corregir de inmediato. El grupo C es el que posee las desviaciones objetivo y que no causarían mayor trastorno a la operación del negocio. Se pueden mostrar los resultados de todo el año (gráfica 6.4.2) o periodo por periodo (gráfica 6.4.3).

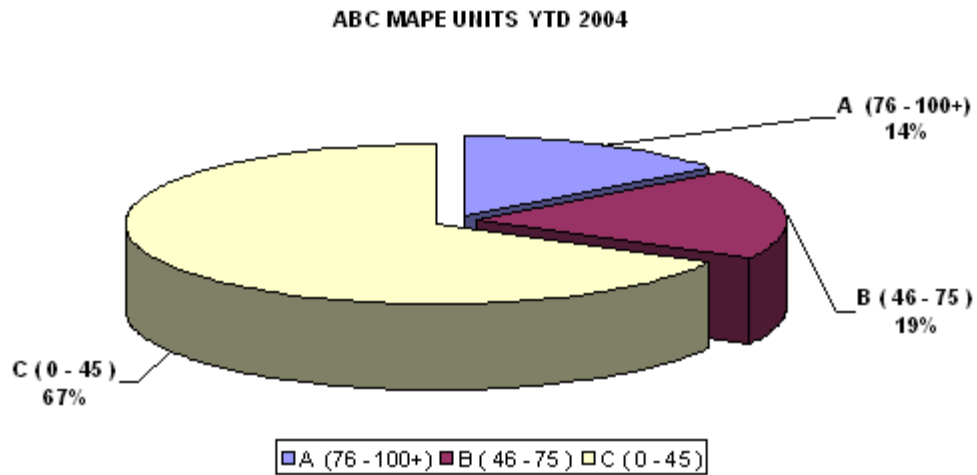


Figura 6.4.2

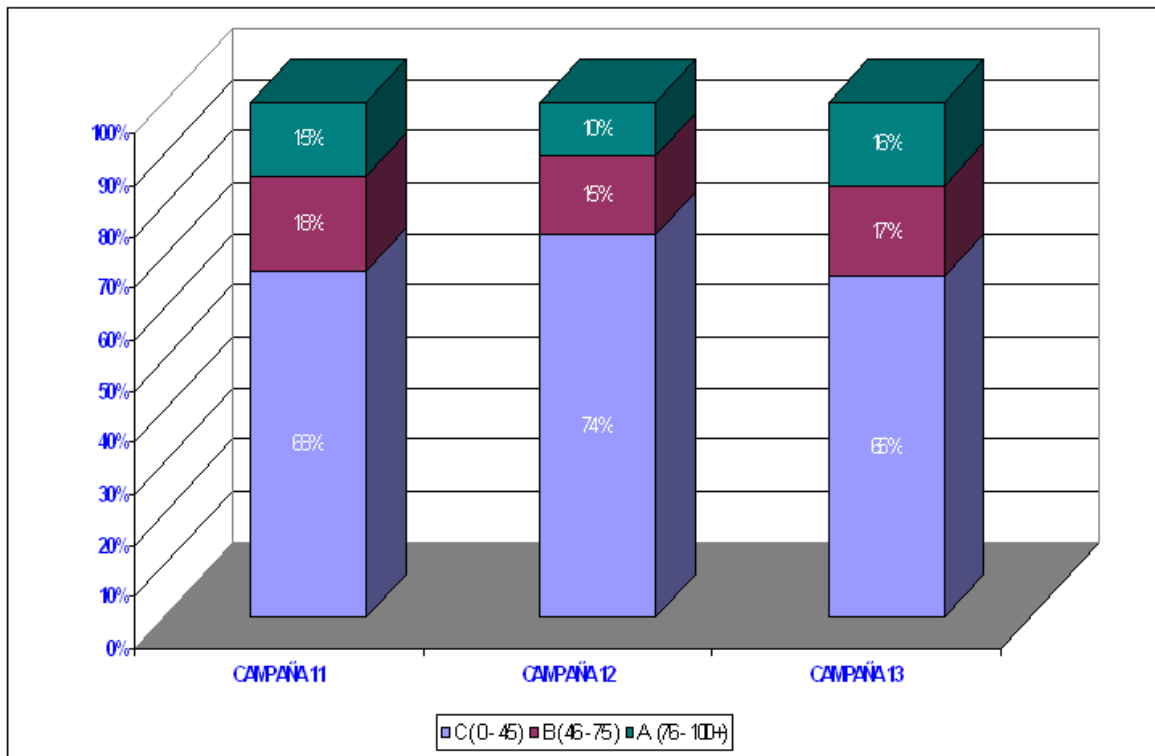


Figura 6.4.2.2

El propósito de estas gráficas es mostrar qué tan controlado se tiene la desviación del pronóstico y reaccionar oportunamente cuando se presenten errores de pronóstico mayor a 100% y que representen un riesgo para la operación del negocio. Lo que la gerencia desea es que la mayoría de los productos caigan en el grupo C.

Esta gráfica está dirigida principalmente a gerentes y supervisores, aunque también es revisada por administradores de mayor jerarquía.

6.4.3. Gráfica de Desviación Total Negocio

Esta gráfica pertenece a la métrica de *Desviación del Pronóstico*, y consiste en mostrar la desviación, a nivel total negocio, que se ha tenido en el año en curso. Esta desviación se calcula comparando la venta pronosticada (en pesos) versus la venta actual. Adicionalmente, se muestra el Error Porcentual Promedio Absoluto o MAPE, del año actual y pasado de cada periodo. Ver figura 6.4.3.

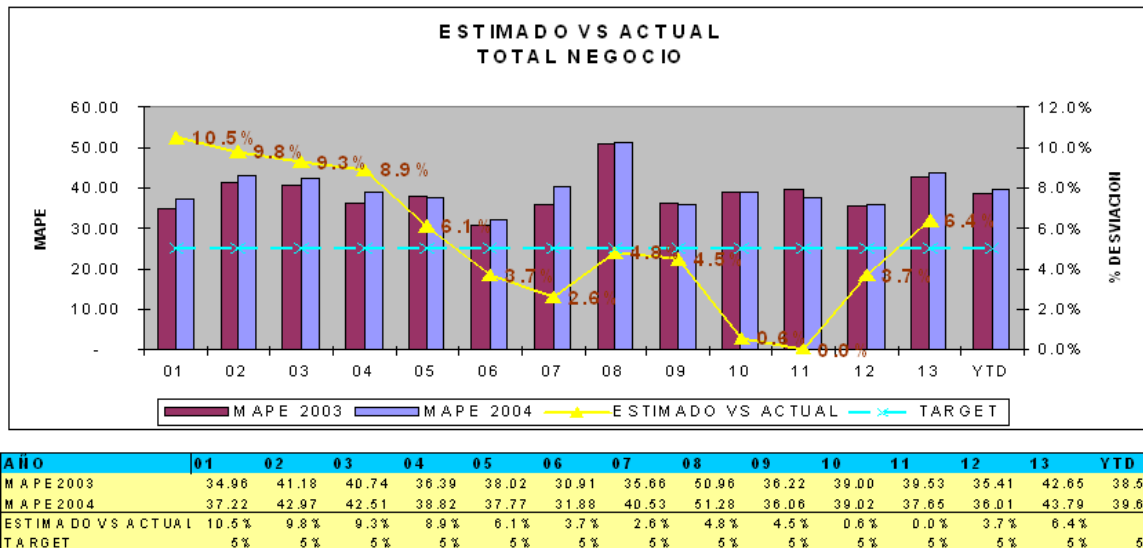


Figura 6.4.3

El propósito de esta gráfica es mostrar la evolución de la efectividad del estimado a nivel de las ventas totales. Es decir, en qué porcentaje la venta esperada o pronosticada se desvió de la venta real del negocio. La gerencia espera que esta desviación caiga consistentemente debajo de la desviación objetivo, lo cual garantizaría el cumplimiento de los objetivos financieros de la empresa.

Esta gráfica está dirigida a directores, gerentes de negocio principalmente.

6.4.4 Gráfica del "Rolling Forecast"

Esta gráfica pertenece a la métrica de *Desviación del Pronóstico*, y consiste en mostrar el Error Porcentual Promedio Absoluto o MAPE, en las diversas versiones o revisiones del pronóstico de un negocio en particular, previas a la venta del producto. Véase la figura 6.4.5.

El propósito de esta gráfica es mostrar la evolución de la efectividad del estimado a través del MAPE de cada versión del pronóstico para identificar posibles sesgos o debilidades en general en el proceso del pronóstico.

Esta gráfica está dirigida a gerentes, supervisores y planeadores de la demanda.



| Desviación del Pronóstico (MAPE) 2004 | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|--|
| Cosméticos | | | | | | | |
| LL Estimado Preliminar | | | | | | | |
| Presentación campaña | | | | | | | |
| LL Estimado Revisado | | | | | | | |
| LL Estimado Final 64.00% | | | | | | | |
| Recepción de Folleto | | | | | | | |
| Cambio Operacional 46.10% | | | | | | | |
| Customer Order Trend 31.30% | | | | | | | |
| Early Selling Trend 21.20% | | | | | | | |
| Día 1 Billing Trend | | | | | | | |
| Día 2 Billing Trend 8.94% | | | | | | | |
| Día 3 Billing Trend | | | | | | | |
| Hasta día 12 | | | | | | | |
| -23 semanas | -20 semanas | -16 semanas | -9 semanas | -8 semanas | -4 semanas | -2 1/2 semanas | |

Figura 6.4.4

6.4.5 Reporte del BIAS

Este reporte pertenece a la métrica de *Sesgo del Pronóstico*, y consiste en mostrar el número de productos sobre-estimados (bajo-venta) y bajo-estimados (sobre-venta) de los principales negocios o categorías de producto de la compañía. Así mismo, se muestra el porcentaje que representa cada bajo-venta y sobre-venta. Adicionalmente, podemos observar la exactitud del pronóstico representado por el porcentaje de error mostrado en la tercera columna de cada año. Ver figura 6.4.5.

Este reporte tiene un propósito doble, el primero es evaluar el *impacto de pronóstico en el servicio* (para el caso de las bajo-estimaciones consistentes), y el segundo es evaluar el *impacto del pronóstico en el flujo de caja* (para el caso de las sobre-estimaciones consistentes).

Al igual que la Gráfica de Tendencia de Error, este reporte está dirigido a directores, gerentes y supervisores que toman decisiones de negocio importantes, como por ejemplo, los métodos y técnicas de pronóstico utilizados, el nivel conocimiento de la gente, el tiempo asignado a la generación del pronóstico, etc.



| Total Sales Estimating Accuracy Review | | | | | | |
|--|------------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------------|----------------|
| (Number of Sku's at final MKT Plan) | | | | | | |
| | 2003 | | | 2004 | | |
| <u>Beauty</u> | | | | | | |
| | #Products | %Product | %Error | # Products | %Product | % Error |
| Oversales | 3,547 | 40% | 81% | 4,661 | 40% | 90% |
| Undersales | 5,414 | 60% | 35% | 6,784 | 60% | 36% |
| Totals | 8,961 | | | 11,445 | | |
| <u>Non-Beauty</u> | | | | | | |
| Oversales | 5,030 | 36% | 60.7% | 4,078 | 37% | 75% |
| Undersales | 9,261 | 64% | 38.6% | 7,106 | 63% | 39% |
| Totals | 14,291 | | | 11,184 | | |
| <u>Total Demand Sales</u> | | | | | | |
| Oversales | 8,577 | 37% | 69% | 8,739 | 39% | 83% |
| Undersales | 14,675 | 63% | 37% | 13,890 | 61% | 38% |
| | 23,252 | | | 22,629 | | |
| <u>Comments</u> | | | | | | |
| In both 2003 and 2004, the percent of products that were oversales and undersales were about the same. | | | | | | |
| However, the Estimating accuracy for the oversales has increased above the prior year from 69% to 83 % | | | | | | |

Figura 6.4.5

6.4.6 Reporte de Grupos de Error

Este reporte pertenece a la métrica de *Porcentaje de códigos por Grupos de Error*, y consiste en mostrar el número de códigos cuyo error de pronóstico cae dentro de grupos de error previamente definidos. Nótese que se consideran los signos +/- para distinguir los sobre-estimados (+) de los bajo-estimados (-). En este reporte a los sobre-estimados se les llama bajo-venta y a los bajo estimados se les llama sobre-venta. Véase la figura 6.4.6.

Como lo hemos visto anteriormente, el propósito fundamental de esta métrica es el de proporcionar un indicador general de *control del pronóstico*. El controlar el número de códigos que caen en los rangos de error extremos mejorará la exactitud del pronóstico, resultando en menos faltantes y menos excesos de inventario.

Este reporte está dirigido a directores y gerentes, aunque los supervisores y planeadores de la demanda se beneficien también con el mismo.

Beauty New Product Estimating Accuracy

| Beauty | 2003 | | | 2004 | | |
|--------------|------------|------------------|---------|------------|------------------|---------|
| | # FSC's | % Over&Undersale | % Error | # FSC's | % Over&Undersale | % Error |
| Over sales | 334 | 34% | 80% | 216 | 33% | 66% |
| Undersales | 649 | 66% | 45% | 441 | 67% | 44% |
| Total | 983 | 100% | | 657 | 100% | |

| Target Ranges | 2003 | | 2004 | |
|-------------------|------------|-------------|------------|-------------|
| | # FSC's | % FSC's | # FSC's | % FSC's |
| Over sales | | | | |
| 0 - 25 % | 99 | 30% | 64 | 30% |
| 26 - 50 % | 62 | 19% | 48 | 22% |
| 51 - 75 % | 49 | 15% | 27 | 13% |
| 76 - 99 % | 29 | 9% | 16 | 7% |
| > 100 % | 95 | 27% | 61 | 28% |
| Total | 334 | 100% | 216 | 100% |
| Undersales | | | | |
| 0 - 25 % | 168 | 26% | 84 | 19% |
| 26 - 50 % | 188 | 29% | 132 | 30% |
| 51 - 75 % | 193 | 30% | 138 | 31% |
| 76 - 99 % | 100 | 15% | 87 | 20% |
| Total | 649 | 100% | 441 | 100% |

| Totals | | | |
|--------------|------------|-------------|------------|
| 0 +/- 25 % | 267 | 27% | 148 |
| 26 +/- 50 % | 250 | 25% | 180 |
| 51 +/- 75 % | 242 | 25% | 165 |
| 76 +/- 99 % | 129 | 13% | 103 |
| > 100 % | 95 | 10% | 61 |
| Total | 983 | 100% | 657 |

Figura 6.4.6

6.4.7 Reporte de MAPE y WAPE YTD

Este reporte pertenece a la métrica de *Desviación del Pronóstico*, y consiste en mostrar el Error Porcentual Promedio Absoluto o MAPE (aunque también se usa con el WAPE) que se ha tenido en el año en curso. El nivel de agregación corresponde a negocios o incluso categorías de productos. El reporte se va actualizando cada vez que se tienen las ventas reales del último periodo de venta. Adicionalmente se muestra el MAPE o WAPE del año pasado. Ver figura 6.4.7.

Al igual que la Gráfica de Tendencia de Error, el propósito de este reporte es mostrar la evolución de la efectividad del estimado a través del MAPE de cada periodo de venta y de la comparación del Error Promedio de cada uno de los últimos años.



Este reporte está dirigido a gerentes y supervisores. Es muy usado por éstos últimos para monitorear los resultados de los planeadores a su cargo en términos de la asertividad del pronóstico.

| AVON | | MAPE YTD | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|----|----|----|----|----------|-----------|
| Cosmetics S.A. de C.V. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CFT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PERIODO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | YTD 2001 | LAST YEAR |
| BUSINESS | 77.4 | 80.2 | 103.5 | 73.2 | 54.8 | 58.5 | 51.3 | 70.3 | 56.5 | 50.9 | 94.1 | 76.3 | 70.6 | 78.9 | | | | | 70.1 | 139.9 |
| SKIN CARE | 74.3 | 47.9 | 95.3 | 65.4 | 59.7 | 58.9 | 33.2 | 99.9 | 57.1 | 53.7 | 109.5 | 59.3 | 66.5 | 52.2 | | | | | 67.4 | 178.9 |
| HAIR CARE | 70.9 | 56.6 | 112.1 | 93.1 | 52.1 | 39.1 | 27.9 | 38.9 | 26.2 | 41.0 | 54.9 | 46.5 | 46.7 | 27.1 | | | | | 52.4 | 446.1 |
| MENs FRAGRANCE | 98.7 | 48.6 | 71.8 | 75.3 | 47.3 | 67.6 | 42.7 | 57.1 | 42.2 | 34.7 | 135.9 | 64.2 | 95.1 | 93.9 | | | | | 68.3 | 58.0 |
| WOMENs FRAGRANCE | 38.1 | 54.8 | 47.1 | 73.1 | 72.9 | 51.7 | 50.8 | 48.2 | 37.5 | 55.8 | 72.1 | 41.8 | 41.6 | 42.4 | | | | | 52.5 | 57.8 |
| MAKE UP | 95.4 | 73.5 | 138.7 | 81.3 | 52.8 | 73.2 | 62.0 | 98.9 | 80.5 | 58.9 | 107.5 | 103.6 | 95.2 | 108.8 | | | | | 88.6 | 100.8 |
| CHILDREN | 46.4 | 42.4 | 78.9 | 40.3 | 40.0 | 21.5 | 28.6 | 37.8 | 35.1 | 47.9 | 31.6 | 30.3 | 40.5 | 47.3 | | | | | 40.9 | 89.1 |
| DAILY NEEDS | 79.8 | 51.8 | 56.4 | 20.5 | 48.8 | 30.7 | 43.3 | 25.8 | 28.8 | 25.8 | 98.5 | 52.0 | 25.5 | 42.8 | | | | | 46.9 | 155.3 |

Note: From campaigns 2 to 9 the calculations are based on the Operational Change instead of the Final Leader List Estimate

Figura 6.4.7



CAPITULO VII

Proceso de planeación de la demanda.

7.1 Planeación e Incertidumbre

Es común encontrar una posición de que a mayor incertidumbre se requiere menos planeación. Después de todo, ¿para qué planear si las cosas van a cambiar y el plan se va a hacer obsoleto? Por otro lado esta el argumento de que a mayor incertidumbre se requiere más planeación. Para qué planear en épocas de estabilidad si los vientos naturales nos van a llevar a donde queremos. Veamos tres aspectos relacionados con la incertidumbre para poder tener una conclusión al respecto.

Primero, la incertidumbre llegó para quedarse en el mundo de los negocios. La interdependencia creciente de comercio, de información y de capitales, lleva a que cambios en una parte del mundo puedan tener una repercusión en otros países. No solamente esto sino que los eventos que nos pueden afectar son cada vez menos predecibles. Esta interdependencia y reducción de predicibilidad lejos de aumentar estan creciendo.

Segundo, la incertidumbre es cambio y por lo tanto presenta oportunidades. Oportunidades al aparecer nuevas tecnologías de productos y procesos, al crearse nuevos canales de comercialización y distribución, al desvanecerse mercados que nos obligan a replantear estrategias, todos estos son cambios que nos afectan y que afectan a la competencia.

Por último, las empresas no están diseñadas para manejar la incertidumbre. Mucho de lo que existe en una empresa, políticas, procedimientos, sistemas, indicadores, está precisamente orientado a reducir la incertidumbre y no a aumentarla. Esto es un reflejo de nuestro deseo que todo fuera estable y que la incertidumbre tiene un costo.

Definitivamente a mayor incertidumbre es mayor la necesidad de planeación. El razonamiento es muy simple. Entre más turbulencia, el hacer las mismas cosas de siempre y hacerlas como siempre representa un gran peligro. El peligro de quedarnos sin nada, de que la empresa se nos vaya de las manos en un abrir y cerrar de ojos.

Planeación en épocas de turbulencia e incertidumbre requiere de procesos y planes diferentes a los tradicionales que definen una posición en la que se quiere estar en mercados y productos y delinear acciones de cómo llegar ahí. Bajo la turbulencia cualquier posición que definamos no sabemos si va a existir en el futuro y o si para cuando llegemos no va a existir una mejor posición.



Planeación en tiempos de turbulencia requiere al menos tres elementos.

La Gestión Continua del Rumbo

En tiempos de estabilidad la posición de un director es como la de un piloto de una aeronave bajo un clima estable - se fija el rumbo, se pone el piloto automático y se interviene cuando se presenta alguna desviación. Pero esta forma de actuar de un piloto en un clima estable no es la misma que bajo una tormenta. Bajo inclemencias del tiempo es imperativo tomar personalmente el control de la nave, estar sorteando las tormentas, tener una continua comunicación con el resto de la tripulación, con los pasajeros y con la torre de control, avisar de que todos deben permanecer sentados con los cinturones abrochados, se restringen las libertades. Un director tiene que asumir una posición similar. Debe estar guiando a la empresa bajo las tormentas que se presentan, debe estar dispuesto a tomar decisiones que lo desvíen del plan originalmente trazado. Debe cerrar filas con el equipo directivo, estar en constante comunicación con la organización y con las áreas que proporcionan información clave de sobre lo que pasa afuera. Debe poder lograr mantener una estabilidad interna aún cuando la situación externa sea caótica.

La Gestión de las Alternativas

Un segundo elemento importante que permite mayor efectividad en tiempos de turbulencia implica tener un despliegue de recursos que nos haga menos vulnerables a los cambios en el mercado. En palabras simples, se deben tener varias velas prendidas y no una sola. En tiempos de cambio vamos a enfrentar problemas de rentabilidad y crecimiento con algunos productos o con algunos mercados, eso es un dato del problema. Así, entre más concentrados estemos en productos y mercados más vulnerables somos. Sin embargo, el problema es que la vulnerabilidad también está en una mayor dispersión de productos y mercados. ¿Cuál es el balance correcto? No existe una fórmula que nos de la respuesta pero sí factores a considerar. El factor más importante es la sinergia entre las alternativas. Un segundo factor importante es que las alternativas se basen en competencias comunes.

La Gestión de la Agilidad

Por último, en tiempos de turbulencia es indispensable tener medios muy muy ágiles de obtener y comunicar información y de generar acción para poder adaptarse a las condiciones que se van presentando en el mercado. Sentir y responder, es el modo de operación. La información externa pasa a ser más importante que la interna. La comunicación personal toma una gran relevancia. La acción con los socios comerciales es indispensable para sortear los problemas o aprovechar las oportunidades. La noción del tiempo debe cambiar, el lenguaje del mes o semana debe pasar al lenguaje del día y de la hora.



La habilidad gerencial y ejecutiva se manifiestan más en tiempos de turbulencia y problemas que en la estabilidad y en la ausencia de problemas. Cada vez nos hemos adentrado más en la dinámica del cambio y de sus dimensiones. En situaciones de turbulencia, las políticas, procedimientos, estructuras e indicadores son medios superficiales de estabilidad y control. Se requieren de otros medios, la gestión del Rumbo, de las Alternativas y de la Agilidad.

7.2 Planeación de la Demanda en la empresa de manufactura.

7.2.1 Rol del pronóstico en la planeación.

El intervalo de tiempo entre una decisión y la ocurrencia de un evento genera la necesidad de *predecir* y *planear*. Si el intervalo es corto no se requiere planear; pero en todos los casos se debe predecir, por lo menos el *qué, cómo y cuándo*. Pero si el intervalo es largo, la planificación debe incluir métodos formales de predicción.

Existe una relación biunívoca entre las técnicas de pronóstico y la planeación. Es decir, por un lado las técnicas de predicción son de poco valor a menos que se apliquen efectivamente en el proceso de planeación de la organización; y por el otro lado, en la actualidad una planeación eficiente en los negocios, sin pronóstico (generado por una técnica de predicción), es literalmente imposible.

Las empresas se enfrentan con la necesidad de optimizar recursos con el objetivo de maximizar ingresos y minimizar costos. En este sentido, el proceso de predicción se hace indispensable y, más aun, ante el incremento de la competitividad entre las empresas y el cambio vertiginoso en los mercados.

7.2.2 Papel de la planeación de la demanda

Hoy en día uno de los temas más importantes y difíciles de manejar dentro de las empresas es el cómo poder predecir o estimar una demanda que se gestará en un futuro medianamente cercano, de forma que ésta sea un input adecuado para la planeación de inventarios, planeación de producción y materiales. Adicionalmente, existe una gran complejidad al tratar de hacer estimados de venta ya que tenemos un alto número de variables en el proceso, como son los constantes cambios en hábitos de consumo, las acciones comerciales, un creciente número de productos ofertados al consumidor, una cada vez mas constante y dinámica entrada y salida de productos, etc.

Por lo anterior, se vuelve importante revisar cual es el papel del pronóstico dentro de la organización, cuáles son las áreas involucradas con el pronóstico, cual es la estrategia de negocio que las empresas líderes en el mercado están adoptando y dónde entran las técnicas estadísticas de predicción en dicha estrategia.

La figura 7.2.2.1 muestra la interrogante que la alta gerencia se plantea, la cual estriba fundamentalmente en saber qué estrategia implementar para pasar de un escenario de problemas de inventario, nivel de servicio y capacidad de planta derivados de una demanda variable, a un escenario de un proceso de pronóstico controlado con una demanda predecible.

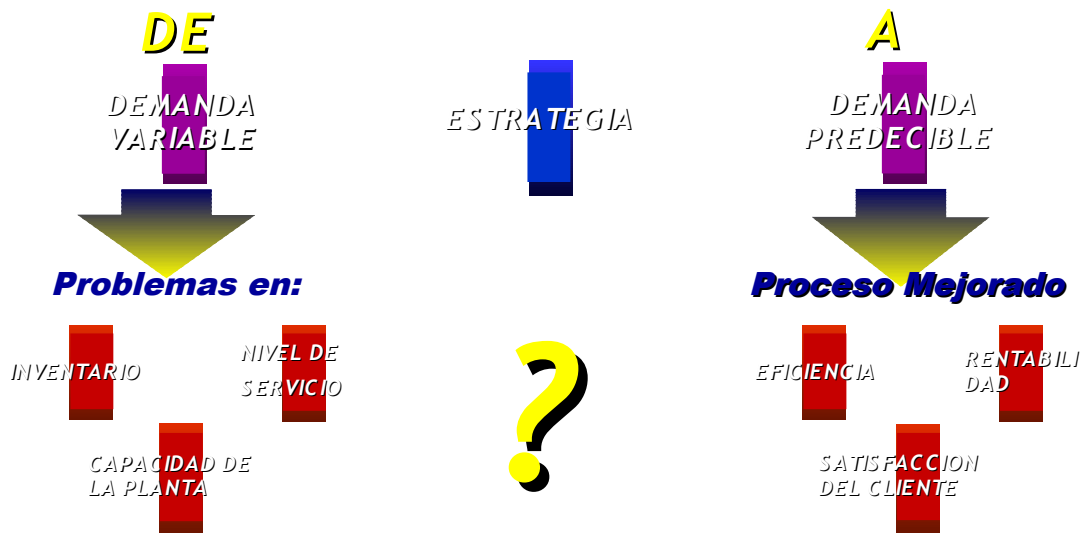


Figura 7.2.2.1

El camino que han seguido las empresas de manufactura modernas para responder a esta interrogante es la implementación de una metodología de pronóstico que esté realmente soportada por un *Proceso de Planeación de la Demanda*, el cual está soportado a su vez por las técnicas estadísticas y por un sistema de pronóstico, tal como se puede apreciar en la figura 7.2.2.2.

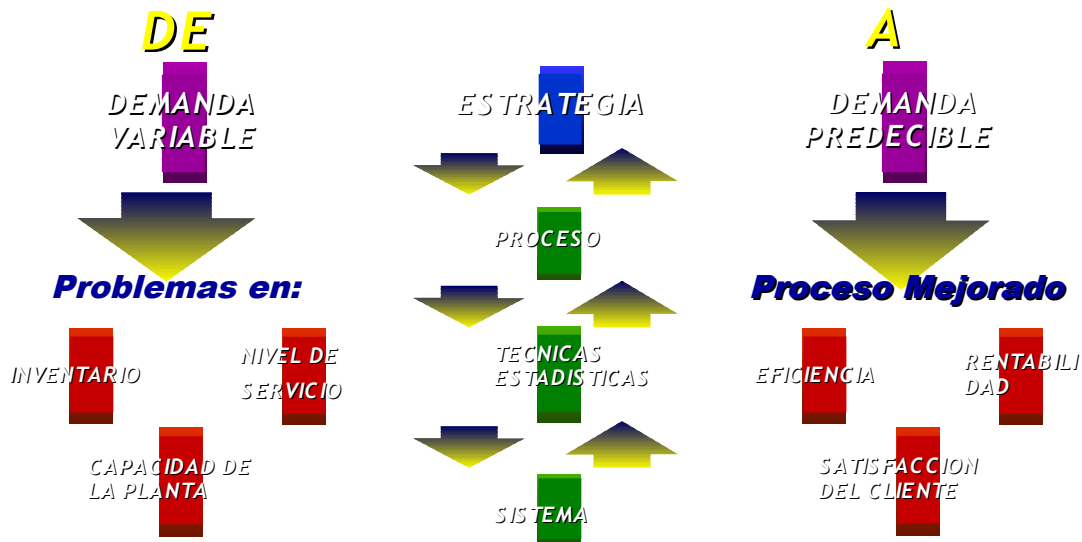


Figura 7.2.2.2

Obsérvese en la figura 7.2.2.2 que tanto el sistema como las técnicas estadísticas se encuentran debajo del proceso de planeación, lo cual indica que primero va el proceso y que éste se apoya de las técnicas y sistemas. La experiencia ha demostrado que las empresas que basan su estrategia de cambio únicamente en los sistemas y técnicas estadísticas y que no tienen un proceso de planeación de la demanda establecido que involucre a diversas áreas como mercadotecnia, ventas, compras y operaciones, no obtendrán los resultados de exactitud del pronóstico deseados y, por lo tanto, tendrán muchos problemas de operación de negocio.

Lo anterior se debe a que el pronóstico está estrechamente relacionado con diversas áreas de la compañía y el error o desviación tiene un impacto en cada una de ellas. De esto platicaremos en la sección 7.2.4 del presente capítulo.

En función de lo que hemos revisado hasta ahora en esta sección, podemos establecer que el papel de la planeación de la demanda es el de "Proporcionar un estimado de venta preciso y confiable, resultando en un óptimo servicio al cliente y manteniendo los niveles de inventario más bajos y apropiados".

Finalmente, es preciso hacer énfasis en que para implementar una estrategia de esta naturaleza se requiere del apoyo de la alta dirección para que se asignen los recursos suficientes -humanos, técnicos y financieros- y estar en

posibilidad de comenzar a trabajar en la revisión del proceso de creación de estimados. Dicho apoyo será particularmente importante cuando se llegue a la etapa de realizar los cambios necesarios en el proceso, en las herramientas y métodos estadísticos empleados o en ambos.

7.2.3 Estructura de la planeación de la demanda.

Es bien sabido que el obtener un pronóstico perfecto es prácticamente imposible, ya que son muchos los factores que intervienen en el caso del entorno empresarial, mismos que no pueden ser anticipados con certeza. Por lo tanto, más que buscar un pronóstico perfecto, lo importante es establecer una *estructura de planeación de la demanda* que apoye al proceso de generación de pronósticos y que englobe todos los elementos que juegan un papel importante en el uso de los mismos.

La figura 7.2.3 muestra los elementos clave de la planeación de la demanda.

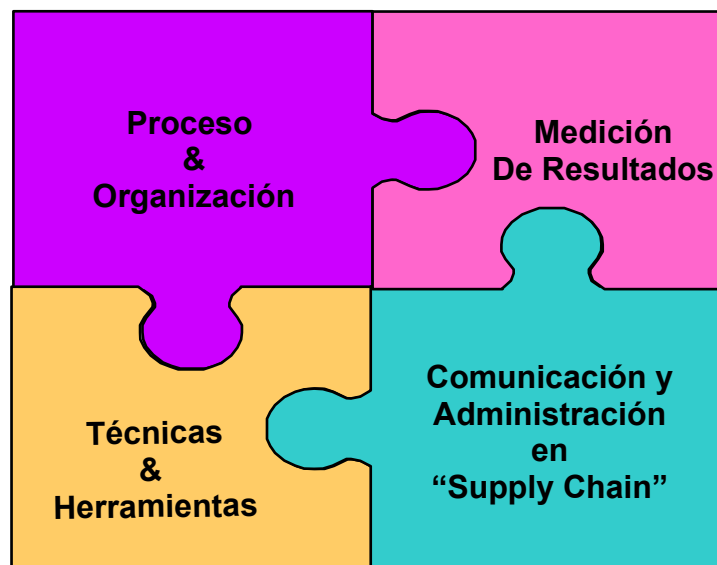


Figura 7.2.3

Proceso y Organización.

En la parte de "Proceso y Organización" se define para qué se va a utilizar el pronóstico, a qué nivel y cada cuando se va a modificar y por quién.



Un aspecto importante del “Proceso y Organización” es la validación del pronóstico por parte de ventas y mercadotecnia (proceso de consenso) y a qué nivel se va a dar ésta, es decir, a nivel región, familia, producto, etc.

Adicionalmente, existen tres reglas de oro del proceso:

- a. “Principio de un solo número”, el cual establece que todas las áreas de la empresa basan sus planes en un solo pronóstico. Es decir, el estimado de venta que generó el planeador de la demanda, es el número que usa compras, planeación de la producción y mercadotecnia, sin que cada área modifique el estimado.
- b. “Supuestos de estimación”, consiste en que se deben documentar todos las hipótesis o supuestos usados para generar pronóstico, por ejemplo, los descuento de precio, y las promociones se cuantifican y se documenta.
- c. Tener un “campeón del pronóstico”, es decir, alguien que genere y analice la estadística y que coordine el proceso de validación y seguimiento.

Medición de resultados.

En esta parte se reconoce que no existe un pronóstico perfecto, es decir, que va a existir un error del estimado de venta. Por lo tanto, se enfatiza la necesidad de dar seguimiento al error del pronóstico teniendo en cuenta lo siguiente:

- a. Usar medidas estándares de error basadas en las mejores prácticas (ver capítulo 6).
- b. Medir la exactitud del pronóstico en todos los niveles relevantes para cada área que use el pronóstico.
- c. Preparar los resultados en forma gráfica y tabular.
- d. Enfatizar en la mejora continua.

Técnicas y herramientas.

En esta parte se determinan las técnicas estadísticas de predicción más apropiadas para el negocio, las cuales estarán en función del nivel y exactitud de la información histórica de ventas disponible, y de la exactitud del pronóstico deseada.

En el capítulo 4 hemos dado una revisión de los diversos métodos y técnicas de pronóstico disponibles.



Adicionalmente, en esta sección se hace énfasis en que el equipo de planeación de la demanda debe estar entrenado, tanto en las técnicas estadísticas como en la operación del negocio en general y en las diversas áreas de la compañía en lo particular.

Comunicación.

En esta parte se refiere a la comunicación de la demanda a lo largo de la cadena de abastecimiento ("Supply Chain"). Es decir, debemos asegurarnos que el pronóstico de la demanda sea comunicado a compras y planeación de la producción, para lo cual las principales compañías de manufactura han desarrollado interfases entre el sistema de planeación de la demanda con los otros sistemas de la cadena de abastecimiento.

7.2.4 Áreas de la empresa involucradas con el pronóstico de la demanda.

Es común que la exactitud del pronóstico de la demanda tenga un impacto directo en el bienestar financiero de la empresa, ya que el pronóstico se usa para tomar decisiones relativas tanto a la operación del negocio como presupuestales en áreas de administración de personal, compras, ventas, mercadotecnia y publicidad, capital financiero, etc.

Cuando la desviación o error del pronóstico es significativamente grande, entonces se pueden ver afectadas varias áreas de la compañía de diferente manera.

La figura 7.2.4.1 muestra las principales áreas de una empresa de manufactura que tienen un cierto grado de involucramiento con el pronóstico de la demanda y cómo son afectadas por el error del pronóstico.

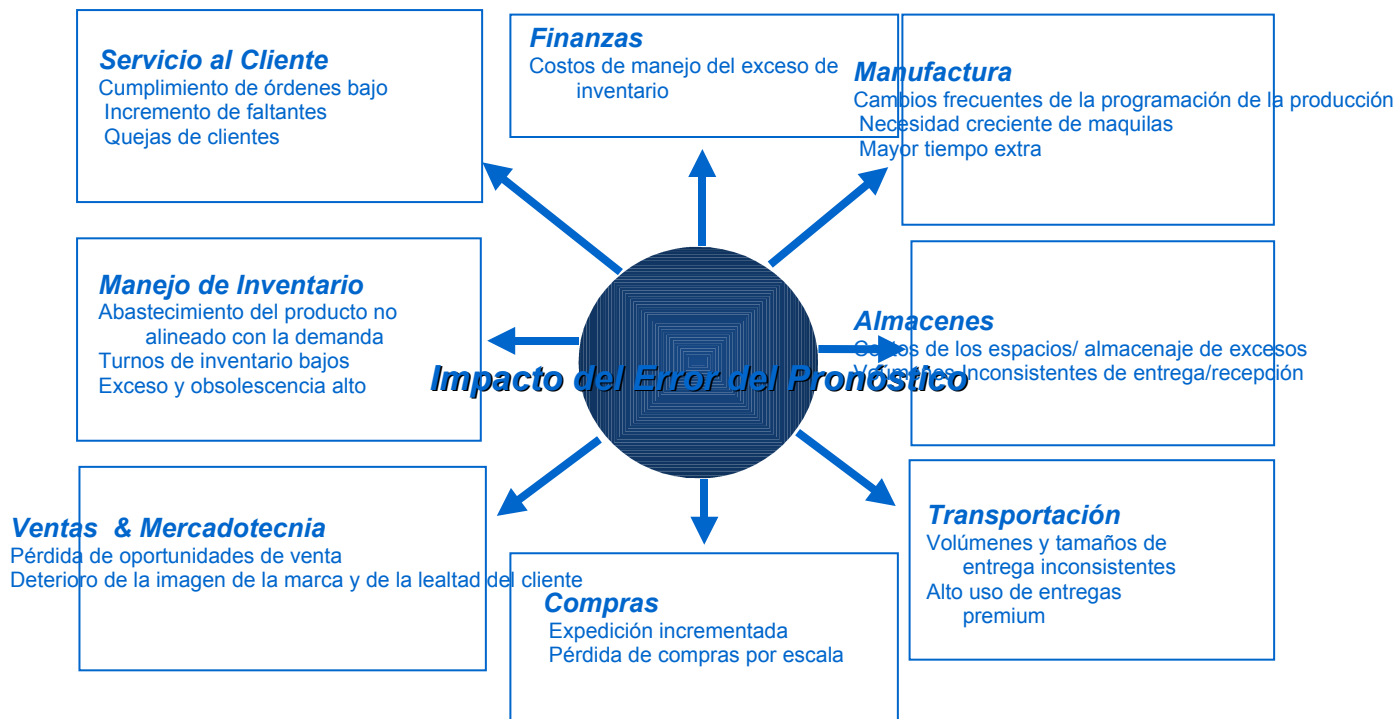


Figura 7.2.4.1

Otra forma como se mira y analiza el impacto del error del pronóstico en el negocio es en función de la bajo estimación de los productos y la sobre estimación. Lo cual se refiere a lo siguiente:

Cuando la demanda pronosticada queda significativamente por debajo de la demanda real (bajo estimación), la compañía puede tener problemas de faltantes de productos, clientes no satisfechos y pérdida de venta en general. Contrariamente, cuando la demanda pronosticada resulta ser significativamente más alta que la demanda real (sobre estimación), entonces podemos tener problemas de excesos de inventario y de gastos innecesarios derivados de este último.

Lo anterior lo podemos ver más claro en la figura siguiente.



Figura 7.2.4.2

7.3 Mejores prácticas del pronóstico de la demanda.

Las empresas de manufactura líderes están adoptando una serie de prácticas que, enmarcadas en el proceso de planeación de la demanda, les están permitiendo mejorar significativamente la asertividad del pronóstico de su demanda.

De entre esta serie de mejores prácticas vamos a platicar brevemente de algunas de las más importantes, a saber, *el proceso de planeación y operaciones ("S & OP" por sus siglas en inglés), la junta de consenso, la junta de post-mortem, los sistemas computacionales de creación de pronósticos, la medición de la efectividad del pronóstico, el entrenamiento y la definición del perfil, rol y responsabilidades del desarrollador de pronósticos.*

7.3.1 Proceso de planeación y operaciones.

Esta es una de las más importantes mejores prácticas, sino es que la más importante, ya que un grupo de personas expertas de cada área se reúne periódicamente para discutir el pronóstico de los productos más relevantes para

la compañía. El propósito es llegar a un acuerdo y obtener un “solo número” que será usado a lo largo de la cadena de abastecimiento.

A esta junta asisten representantes de las áreas de planeación de la demanda, mercadotecnia, ventas, compras, logística, producción y finanzas; lo cual asegura que el análisis del pronóstico se enriquezca a través de puntos de vista y retroalimentación de diversas áreas de la compañía. Adicionalmente, si el pronóstico se desvía significativamente de la venta real, el grupo estará enterado y se facilitará la comprensión de la causa del error.

PREPARACION PREVIA A LA JUNTA

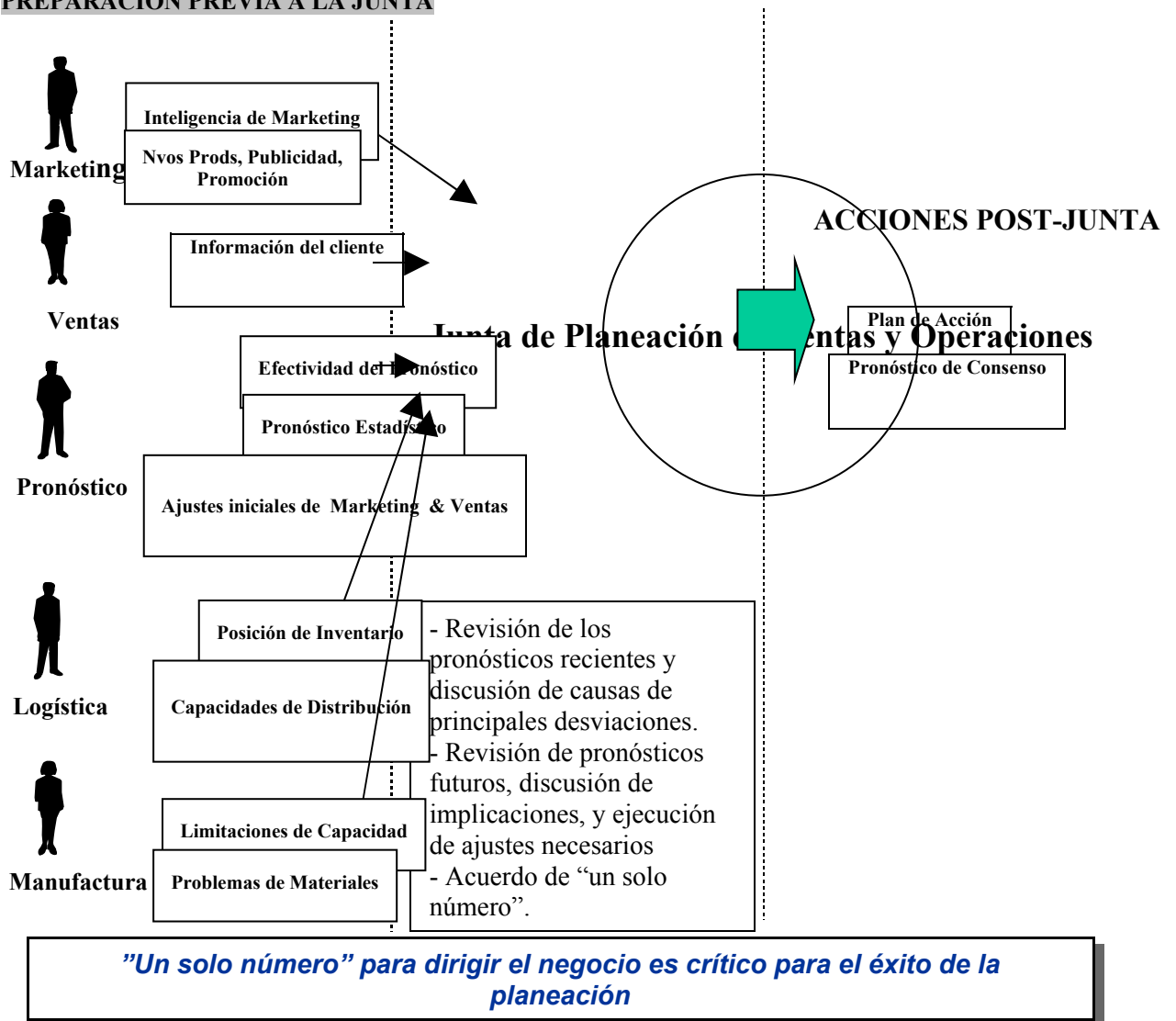


Figura 7.3.1



7.3.2 Junta de consenso.

La junta de consenso es similar a la junta de planeación de ventas y operaciones, solo que en esta junta se revisan a detalle todos los sku's de cada área de negocio. Otra diferencia radica en que no todas las áreas participan en esta junta. Sin embargo, es esencial que las áreas de ventas y mercadotecnia estén involucradas en este proceso, ya que solo son ellas las que tienen la capacidad de influir o impulsar la demanda. Y por lo tanto, su contribución resulta importante al momento de hacer ajustes al pronóstico.

7.3.3 Junta de post-mortem.

Una vez que se tuvo la demanda real de los productos, podemos comparar el pronóstico de la demanda contra la demanda real y hacer diversos análisis de negocio, por ejemplo de desviación del pronóstico, de contribución de las ofertas más vendedoras, etc.

Con estos análisis se convoca a una junta de post-mortem en la que participan principalmente las áreas de demanda, mercadotecnia y ventas para discutir los hallazgos, revisar los supuestos de estimación discutidos en la junta de consenso y obtener y documentar lecciones aprendidas.

Esta junta es muy importante para aplicar las lecciones aprendidas a la estimación de futuras ofertas y productos y posibilitar al proceso de mejora continua.

7.3.4 Sistemas computacionales de creación de pronósticos.

La implementación de sistemas computacionales para pronósticos de demanda es un elemento crítico para generar pronósticos de calidad. Sin embargo, es importante hacer énfasis que un sistema por sí mismo no va a producir los resultados de exactitud del pronóstico esperados. Como discutimos en la sección "7.2.2 Papel de la planeación de la demanda", los sistemas y técnicas de predicción están por debajo del proceso, lo que significa que primero hay que definir la metodología, luego seleccionar el método de pronóstico más apropiado y después el sistema.

La tecnología de cómputo actual ha hecho posible crear sistemas computacionales que incorporan los diversos métodos estadísticos de pronóstico desarrollados hasta la fecha actual. Dichos sistemas van desde la automatización de promedios móviles simples hasta sistemas complejos de redes neuronales o aplicaciones de Box-Jenkins. Pero lo más importante es, como lo hemos mencionado en repetidas ocasiones, disponer de información histórica de ventas, definir el nivel de exactitud deseado y seleccionar el método estadístico más



apropiado, para posteriormente desarrollar o adquirir un sistema computacional comercial de pronóstico de la demanda.

7.3.5 Medición de la efectividad del pronóstico.

En el capítulo 7 hablamos a detalle de la necesidad de medir la efectividad del pronóstico y de las diversas formas disponibles de hacerlo. Solo resta comentar que esta actividad constituye una mejor práctica entre las empresas de manufactura líderes en el mercado.

7.3.6 Perfil, rol y responsabilidades del pronosticador.

La última, pero no menos importante, buena práctica que revisaremos corresponde al perfil o habilidades que debe poseer un buen pronosticador y a sus roles y responsabilidades dentro de la organización.

Existen una serie de competencias que distinguen a un buen pronosticador de la demanda, las cuales tienen que ver con la comunicación, organización, trabajo en equipo y conocimiento del negocio. Pero las competencias esenciales son, sin duda, las que corresponden a las habilidades matemáticas para comprender los modelos estadísticos de predicción y su aplicación en el mundo de los negocios.

Es recomendable que el pronosticador posea estudios de licenciatura en matemáticas aplicadas o que al menos haya tomado cursos estadísticos que certifiquen su nivel de conocimiento de las técnicas estadísticas aplicadas a los pronósticos.

Por otro lado, debido al hecho de que el pronosticador debe realizar diversas actividades relacionadas con el pronóstico, además de la creación del pronóstico mismo, resulta muy útil e importante que se definan las responsabilidades que tendrá a su cargo.

Típicamente un pronosticador tiene las siguientes responsabilidades:

- a. Trabajar con ventas y mercadotecnia para identificar tendencias de venta
- b. Analizar el potencial de venta de los productos y de los eventos o variables que impactan la demanda.
- c. Generar el pronóstico de venta.
- d. Comunicar el pronóstico a las áreas de mercadotecnia, compras y producción.
- e. Dar seguimiento a la desviación del pronóstico, es decir, comparar el pronóstico contra la venta actual.



- f. Preparar diversos reportes de la efectividad del pronóstico.

7.4 Beneficios de la mejora de la exactitud del pronóstico.

Para hablar de los beneficios que se obtienen como resultado de la mejora de la exactitud del pronóstico, es importante recordar que, en el caso de las empresas de manufactura, se pronostica para responder a las exigencias de los clientes y accionistas al sincronizar y hacer eficiente el proceso entre las diversas áreas que generan valor, con el fin de conseguir tres objetivos básicos, a saber: *administración de la demanda, eficiencia operacional y mejor grado de respuesta.*

La intención es que todo lo anterior se traduzca, al final del día, en los siguientes beneficios:

- Alto nivel de servicio al cliente
- Mayores ventas y participación de mercado
- Alta rentabilidad

En la medida que se mejora la exactitud del pronóstico de la demanda, el impacto negativo del error del pronóstico en las diversas áreas de la compañía (véase sección 7.2.4) se ve reducido, y por lo tanto se vuelven alcanzables los beneficios anteriores.

En otras palabras, al disponer de un pronóstico mejorado, se reducirán los excesos de inventario y los faltantes de productos, trayendo consigo un mejor manejo de inventarios y un mejor nivel de servicio, lo cual redundará, finalmente en mayores ventas y mejor rentabilidad del negocio. La figura 8.4 nos resume todo esto de manera gráfica.

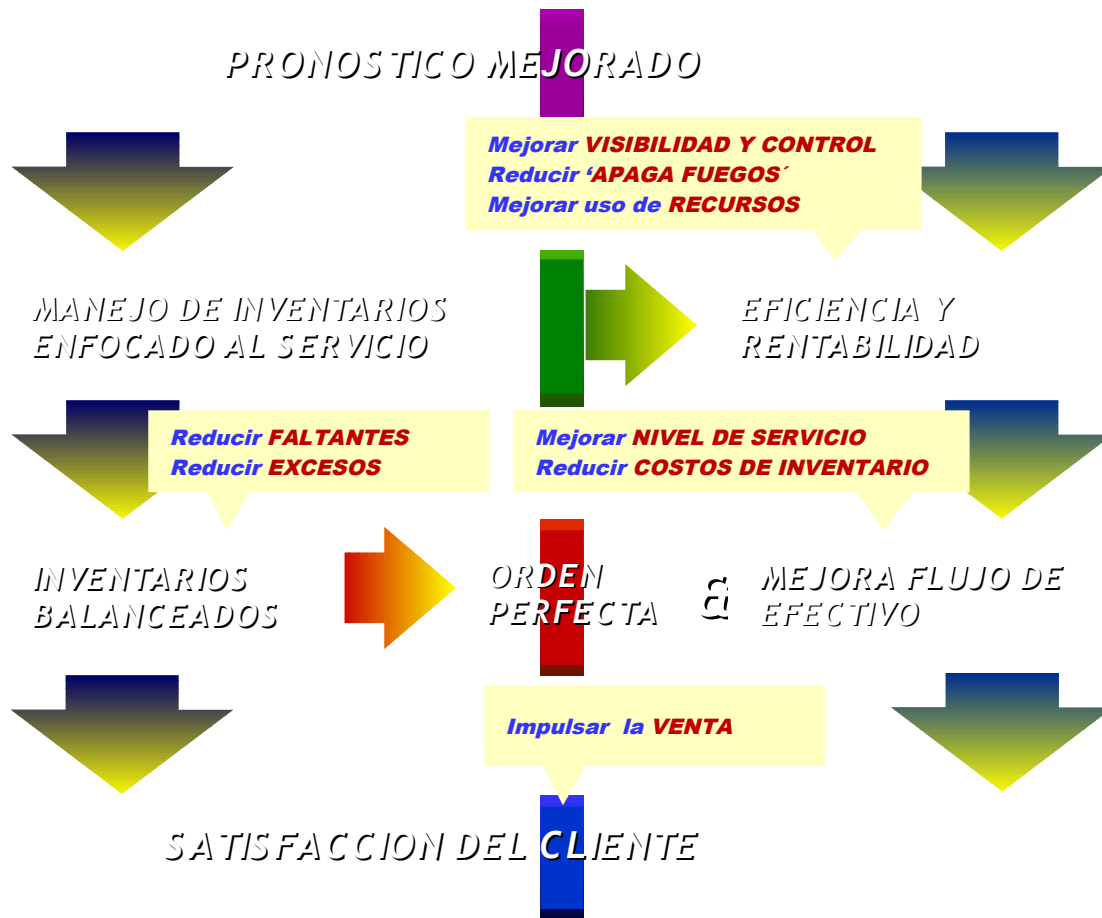


Figura 7.4

7.5 Beneficios de la implementación del proceso de planeación de la demanda.

Hasta el momento, hemos hablado la visión del proceso de planeación de la demanda, en qué consiste y cuáles son los objetivos que persigue. Hablemos ahora de los beneficios de la implementación de dicho proceso, entre los cuales podemos citar los siguientes:

7.5.1 Sistemas y procedimientos estandarizados.

Al apoyarnos en sistemas y procedimientos estándares, hacemos más eficiente el trabajo de todas las personas que participan en el proceso de creación de



estimados - analistas de demanda o estimadores, asistentes de mercadotecnia, gerentes de producto y directores de área.

Adicionalmente, reducimos de manera considerable la dependencia de empleados con habilidades y métodos de pronóstico muy particulares, permitiendo que cualquier estimador pueda aprender y manejar los métodos estándares.

7.5.2 Más tiempo para el análisis.

Al disponer de una herramienta de creación de estimados confiable, el analista de la demanda se liberará de la tarea de hacer cálculos numéricos repetitivos para cada SKU y tendrá más tiempo para hacer análisis.

El impacto de este beneficio es muy grande, ya que el éxito de las técnicas de pronóstico revisadas en este trabajo depende en gran medida del análisis del comportamiento histórico de las ventas de los productos, así como de la identificación de los patrones de cambio y la determinación del impacto en la demanda de las diversas variables promocionales.

7.5.3 Mejor entendimiento de las variables que impactan a la demanda.

Al estar documentadas las estrategias de mercadotecnia y almacenadas en una base de datos las promociones de cada periodo y todas las variables que impactan a la demanda, el analista de la demanda podrá hacer simulaciones con dichas variables y predecir estadísticamente la venta futura a través del manejo de diversos escenarios promocionales.

7.5.4 Medición del pronóstico.

El primer paso para mejorar todo proceso es conocerlo. Por lo tanto, para mejorar la exactitud del pronóstico de ventas es necesario medirlo sistemáticamente y obtener registros que nos permitan conocer qué tan bien o mal estamos desarrollando nuestros estimados.

De esta manera podremos definir los límites de control para cada SKU que nos servirán de metas a seguir en los futuros periodos de pronóstico.

La medición se deberá hacer en todos los niveles de pronóstico, que van desde el nivel de SKU, hasta el de negocio, pasando por las familias y categorías intermedias.

Finalmente, las empresas que entiendan las variaciones del pronóstico y sus causas podrán usar este conocimiento para administrar mejor el riesgo y la incertidumbre inherentes al proceso de creación de estimados.

7.5.5 Un solo pronóstico para manejar la compañía.

El presente trabajo promueve la aplicación del principio de "un solo número". Es decir, que todos los departamentos y áreas involucradas en el ciclo de la



administración de la demanda, como son mercadotecnia y ventas, compras, operaciones y finanzas, trabajen solo con los estimados de venta generados por mercadotecnia o el área de planeación de la demanda, según sea el caso. De esta forma se evitarán discrepancias en los números, y se tendrá la garantía de que tanto el plan de ventas como el plan de operaciones estén alineados al plan del negocio.

7.5.6 Enfoque en la mejora continua.

Esta metodología promueve la mejora continua al facilitar los métodos y herramientas para crear y medir los pronósticos de venta.

Finalmente, para cerrar este capítulo, es pertinente comentar que son pocas las empresas en nuestro país que cuentan con un proceso de planeación de la demanda y que utilizan modelos de predicción sistemáticos. Pero la tendencia está creciendo, ya que como hemos visto, son muchos los beneficios que se pueden obtener.

En resumen, con la implementación de un proceso de planeación de la demanda la organización podrá disponer de métodos de pronóstico estadísticos confiables, gente capacitada y un proceso que los conjunte efectivamente para conseguir los dos grandes objetivos operacionales que toda compañía de manufactura persigue:

- Reducción de inventarios y gastos.
- Mejoramiento del servicio al cliente.



CAPITULO VIII

Conclusiones

La acción de pronosticar es parte de un modelo de negocios para planear y controlar, con el objetivo de contribuir en forma eficiente a la toma de decisiones y a la planeación de operaciones en general. Para asegurar la calidad de los resultados de esta acción es básico emplear una guía para administrar el proceso.

Los pronósticos son demasiado importantes como para equivocarse a la primera, y no siempre se tiene una segunda oportunidad para corregir errores. Los pronósticos se deben calcular con la mayor exactitud posible desde el principio.

Podemos decir, sin temor a equivocarnos, que los pronósticos son uno de los insumos más importantes de que disponen los administradores para ayudarse en el proceso de toma de decisiones.

Y en particular, cuando hablamos de pronósticos de la demanda, resulta ser que el proceso de creación de estimados de venta es uno de los procesos críticos de toda compañía de manufactura, y por lo tanto, es de vital importancia que este siga una metodología clara y bien definida, que promueva la mejora continua y que esté apoyado por herramientas basadas en *modelos estadísticos* que garanticen la menor desviación del *pronóstico*, para cumplir con los objetivos de la empresa en cuanto a servicio y niveles de inventario.

Seguir un proceso robusto, revisado y probado ayudará y, aunque no garantiza el éxito, la calidad de sus resultados mejorará significativamente.

El *proceso de planeación de la demanda* expuesto en el presente trabajo, reconoce y enfatiza el valor que tienen los *series de tiempo*, y en particular los *modelos de suavizamiento exponencial*, para generar pronósticos de venta de calidad, los cuales juegan un papel importante en toda la cadena productiva de la empresa de manufactura.

Ahora bien, cuando los gerentes se enfrentan con la necesidad de tomar decisiones en un ambiente de incertidumbre, la pregunta obligada es ¿cuál de los métodos de pronósticos que revisamos en el presente trabajo es el más recomendable?

No existe una respuesta que aplique a todos los casos, ya que...



Los métodos de pronóstico basados en *promedios*, *promedios móviles* y *suavizamiento exponencial* son muy útiles por su relativa simplicidad. Estos métodos simples tienden a ser menos costosos, más fáciles de implementar y más sencillos de comprender. Los negocios pequeños adoptan estos modelos de pronóstico ya que los encuentran muy prácticos y más atractivos que los modelos más sofisticados, aunque sacrifiquen un poco la precisión del estimado de venta.

El método de promedio móvil realiza bien su trabajo de ajuste a los cambios en los patrones. Es económico de actualizar y no requiere almacenar muchos datos. Debido a que estas ventajas se ven de algún modo superadas por altos costos iniciales, los métodos de promedio móvil se usan con más frecuencia cuando son necesarios pronósticos repetidos.

El suavizamiento exponencial es una técnica popular para el pronóstico a corto plazo. Sus mayores ventajas son el bajo costo y la simplicidad. Este método se usa mucho cuando se requieren pronósticos regulares mensuales, o incluso semanales, para un gran número de elementos.

Por lo regular, el suavizamiento exponencial no es tan preciso como otros métodos más complejos, como las técnicas autorregresivas. Sin embargo, cuando se requieren pronósticos de demanda que contienen cientos de elementos, los métodos de suavizamiento son a menudo una solución muy buena.

En los últimos años se ha incrementado la confianza en las técnicas estadísticas de pronósticos de venta, y los pronósticos generados de manera subjetiva y por adivinación se han ido reduciendo.

Por otro lado, con el aumento vertiginoso de la capacidad de las computadoras, estas herramientas estadísticas de pronóstico se están volviendo cada vez más importante e indispensables en las organizaciones que operan en el mundo moderno.



BIBLIOGRAFIA

1. Forecasting and Time Series Analysis.
 - Douglas Montgomery. Ed. McGraw-Hill. 1990. Second edition.
2. Time Series Analysis. Forecasting and Control.
 - George E.P. Box
 - Wwilym M. Jenkins. Ed. Prentice-Hall. 1994. Third edition.
3. Forecasting. Methods and Applications.
 - Spyros Makridakis. Ed. John Wiley and Sons Publication. 1998.
4. Focus Forecasting.
 - Bernard T. Smith.
 - Oliver Wight. Ed. Oliver Wight Publications 1984.
5. Pronósticos en los Negocios.
 - John E. Hanke. Ed. Prentice-Hall. 1996. Quinta edición.
6. Pronóstico de Ventas.
 - Sales Executives Club of New York.
 - Harry R. White. Ed. Compañía Editorial Continental. 1990.
7. Estadística para Administradores.
 - Richard Levin. Ed. Prentice Hall. 1988
8. Econometría.
 - Damodar Gujarati. Ed. McGraw Hill. 1996
9. Metodología de la Investigación.
 - Roberto Hernández. Ed. McGraw Hill. 2003.