

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS ESTADO DE MÉXICO



**PRONÓSTICOS DE VENTAS PARA LA ADMINISTRACIÓN
ESTRATEGICA DE LOS RECURSOS EN UNA EMPRESA DEL
SECTOR AUTOMOTRIZ.**

TESIS QUE PARA OPTAR EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA INDUSTRIAL
PRESENTA

JORGE HUMBERTO FRAUSTO ENRÍQUEZ

Asesor: Dr. Eduardo Díaz

Comité de tesis: Dr. Jaime Mora
Dr. Alejandro Sandoval

Atizapán de Zaragoza, Edo. Méx., Noviembre de 2009.

1. MOTIVACIÓN – IMPORTANCIA DEL PROBLEMA	3
2. ANTECEDENTES.....	12
2.1 CONTEXTO DE LA EMPRESA.....	13
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
3.1 OBJETIVOS Y LIMITACIONES	17
4. MARCO TEÓRICO.....	18
4.1 ANÁLISIS DE DATOS.....	18
4.1.1 LA LEY DE PARETO.....	19
4.1.2 SISTEMA LOGÍSTICO DE INFORMACIÓN.....	19
4.2 DEMANDA Y PRONÓSTICOS	20
4.2.1 COMPONENTES DE UNA SERIE DE TIEMPO.....	20
4.2.2 DEMANDA ESPACIAL Y DEMANDA TEMPORAL.....	21
4.2.3 REGULARIDAD DE LA DEMANDA.....	21
4.2.4 DEPENDENCIA DE LA DEMANDA.....	22
4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRONÓSTICOS.....	22
4.3.1 EL AMBIENTE DE DECISIÓN Y LA FUNCIÓN DE PERDIDAS.....	23
4.3.2 EL OBJETO DEL PRONÓSTICO.....	24
4.3.3 EL ENUNCIADO DEL PRONÓSTICO.....	25
4.3.4 EL HORIZONTE DEL PRONÓSTICO.....	26
4.3.5 EL CONJUNTO DE INFORMACIÓN.....	26
4.3.6 LOS MÉTODOS Y LA COMPLEJIDAD, EL PRINCIPIO DE LA PARSIMONIA Y EL PRINCIPIO DE CONTRACCIÓN.....	26
4.4 CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS DE PRONÓSTICOS.....	27
4.4.1 MÉTODOS CUALITATIVOS.....	28
4.4.2 MÉTODOS DE PROYECCIÓN HISTÓRICA.....	28
4.4.3 MÉTODOS CAUSALES (EXTRÍNSECOS).....	28
4.5 MÉTODOS DE PRONÓSTICOS.....	29
4.5.1 MÉTODOS DE PRONÓSTICO CUALITATIVOS O SUBJETIVOS.....	31
4.5.1.1 Composición de la fuerza de ventas.....	31
4.5.1.2 Encuestas de clientes y de la población general.....	32
4.5.1.3 El jurado de opinión ejecutiva.....	33
4.5.1.4 El método Delphi.....	33
4.5.1.5 Ventajas y desventajas de los métodos subjetivos.....	34
4.5.2 MÉTODO DE ANÁLISIS GRÁFICO.....	34
4.5.3 MÉTODO DE DESCOMPOSICIÓN DE SERIES DE TIEMPO.....	35
4.5.4 MÉTODO DE SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL SIMPLE.....	37
4.5.4.1 Inicialización para el enfoque de ajuste exponencial.....	39
4.5.5 MÉTODO DE SUVIZAMIENTO EXPONENCIAL AJUSTADO PARA VARIACIONES DE TENENCIA Y ESTACIONALES (HOLT-WINTERS).....	39
4.5.6 MODELOS AUTOCORRELACIONADOS.....	41
4.5.6.1 Metodología Box-Jenkins (ARIMA).....	42
4.5.7 MODELO DE REGRESIÓN MULTIPLE.....	44
4.5.8 MINERÍA DE DATOS.....	46
4.5.8.1 Árboles De Decisión.....	48
4.5.8.2 Redes Neuronales.....	49
4.6 EVALUACIÓN DE PRONÓSTICOS.....	52
4.7 ADMINISTRACIÓN A PARTIR DE PRONÓSTICOS.....	56
5. MODELO DE APLICACIÓN	58
5.2 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	58
5.3 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	60
5.4 PROCESO DE GENERACIÓN DE PRONÓSTICO.....	64
5.4.1 MÉTODOS CUALITATIVOS SIMPLES.....	64
5.4.2 MÉTODOS DE PROMEDIO SIMPLE.....	65
5.4.3 MÉTODO DE SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL.....	65
5.4.4 MÉTODO DE SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL AJUSTADO PARA VARIACIONES DE TENENCIA Y ESTACIONALES (HOLT-WINTERS).....	66
5.4.5 ESTUDIO MEDIANTE EL MÉTODO DE DESCOMPOSICIÓN POR SERIES DE TIEMPO. 66	
5.4.6 MODELO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE.....	70

5.4.7	<i>MÉTODO ARIMA</i>	73
5.4.8	<i>REDES NEURONALES</i>	76
5.4.9	<i>COMPARACIÓN DE RESULTADOS</i>	78
5.4.10	<i>AJUSTE DE MÉTODOS CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS</i>	80
5.4.10.1	Sesgos y limitaciones.....	81
5.4.10.2	Juicios de la fuerza de ventas.....	82
5.4.10.3	Juicios de ejecutivos.....	84
5.4.10.4	Resultados del ajuste por métodos cualitativos.....	84
5.4.11	<i>EVALUACIÓN DE ERRORES DE PRONÓSTICO</i>	87
6.	RESULTADOS DEL MODELO	89
7.	CONCLUSIONES	91
7.1	ANÁLISIS DE DATOS	91
7.2	MODELO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE	91
7.3	GENERACIÓN DE PRONÓSTICOS	91
8.	BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS	93

1. MOTIVACIÓN – IMPORTANCIA DEL PROBLEMA

El propósito general de este trabajo es la evaluación y aplicación de diferentes métodos de pronósticos, para generar la información necesaria para la planeación estratégica de los recursos en una empresa del sector automotriz.

El uso de pronósticos de ventas es necesario para la buena administración de cualquier empresa, a lo largo de la historia moderna de la administración de recursos se confirma que un buen desarrollo en los pronósticos, conlleva a una mejor administración de los recursos disponibles [71].

Como se menciona, el uso de pronósticos de la demanda es necesario para una buena administración de cualquier empresa, ya que la planeación y control de las actividades logísticas requieren estimaciones precisas de los volúmenes de productos y servicios que serán manejados, estas estimaciones se realizan con pronósticos y estos a su vez son generados en varios departamentos, como son mercadotecnia, planeación de la producción, logística u otros.

Con los pronósticos se puede a su vez generar información para el departamento de finanzas, para presupuestos, créditos, etc.; para el departamento de producción, para capacidad por línea, maquinaria, mano de obra, procesos o métodos, etc.; para el departamento de logística, para localización y capacidad de plantas, almacenes y centros de distribución, determinar sistemas de distribución, planeación de inventarios, requerimientos de materia prima, necesidades de transporte, etc.

Por lo tanto es de suma importancia entender la relación entre los pronósticos y las decisiones que se deben tomar en la administración de recursos; sin un pronóstico de ventas no podría haber planeación de las necesidades de producción como son capacidad y mano de obra. Además, son utilizados para la generación de información para finanzas, capacidad de planta, planeación de inventarios, requerimientos de materia prima, necesidades de transporte, etc.

Estratégicamente, el éxito de las empresas esta unida a la efectividad de las relaciones entre el pronóstico y la planeación de los recursos para lograr un efectivo servicio al cliente; el cual se refiere específicamente a la cadena de actividades orientadas al cumplimiento de los requerimientos del cliente, que en general inician con el ingreso del pedido y finalizan con la entrega del producto a los clientes, continuando en algunos casos como servicio o mantenimiento de equipo, u otros como soporte técnico [1]. En otras palabras, el servicio a cliente es el proceso integral de cumplir con el pedido de un cliente. Este proceso incluye la recepción del pedido (ya sea manual o electrónica), administración del pago, recolección y empacado de los productos, envío del paquete, entrega del mismo, y proporcionar el servicio al cliente para el usuario final, así como el manejo de posible devolución de los productos [2].

Shycon Associates, una firma de consultoría de administración, realizó una encuesta entre ejecutivos del área de compras y distribución a lo largo de una muestra representativa de la industria manufacturera norteamericana, pidiéndoles que calificaran a sus proveedores [3] en la Figura 1.1 se muestra lo que los entrevistados sentían que eran las fallas más comunes en el servicio. La entrega retrasada una variable del servicio logístico al cliente, fue causa de cerca de la mitad de las fallas mencionadas al servicio, en tanto que los errores en la calidad del producto representaron cerca de una tercera parte.

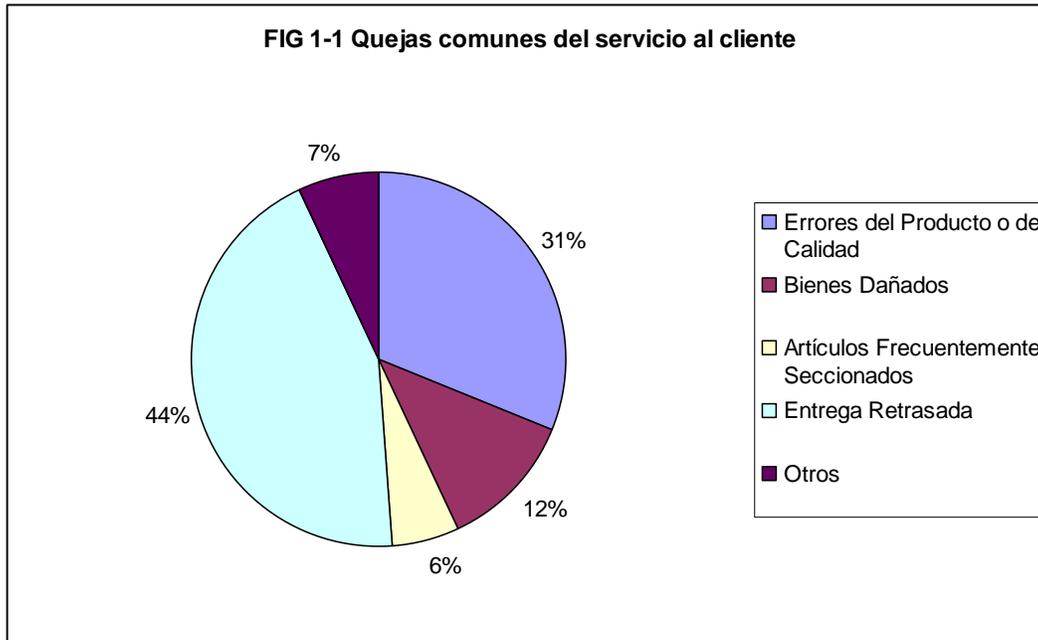


Fig 1.1 Quejas comunes del servicio al cliente. (Original en colores)

Durante mucho tiempo se ha creído que las ventas son afectadas en cierto grado por el nivel proporcionado del servicio logístico al cliente, esto es el nivel de cumplimiento de los requerimientos tanto en cantidad como en tiempo. El hecho es que el servicio al cliente en cuanto a logística representa un elemento dentro del servicio total al cliente, las ventas no pueden compararse en forma precisa contra las de los niveles de servicio logístico al cliente y los clientes no siempre expresan de manera precisa sus deseos de servicio ni responden consistentemente al ofrecimiento de servicio. Esto con frecuencia da lugar a que los responsables de logística establezcan los niveles de servicio al cliente y luego diseñen el canal de suministro alrededor de ellos. Naturalmente este método no es ideal pero resulta práctico. Igualmente, esto depende de la estrategia específica de la empresa que puede estar enfocada a buscar costo, calidad, tiempo de entrega o servicio.

El nivel de servicio al cliente debe ser referenciado al nivel del servicio que la cadena de suministro mantiene en el proceso; para lo cual se pueden manejar ciertas métricas para analizar su desempeño. La calificación del nivel de servicio que un cliente da a un proveedor particular es el acumulado de factores como puede ser el número de productos entregados que están fuera de las especificaciones de compra contra el total entregado (PPM), el porcentaje de productos entregados en tiempo y cantidad correcta contra lo solicitado, el nivel de crédito que se presta al cliente e incluso el beneficio en precio. Todos estos factores se deben analizar para una correcta evaluación de los proveedores.

Chopra [72] señala que las métricas deben estar ligadas a las directrices que determinan el desempeño de cualquier cadena de suministro, las cuales son:

- Instalaciones, son las ubicaciones físicas reales en la red de la cadena de suministro donde el producto se almacena, ensambla o fabrica. Los dos grandes tipos de instalaciones son los sitios de producción y de almacenamiento. Las decisiones respecto al papel, ubicación, capacidad y flexibilidad de las instalaciones tienen un impacto significativo en el desempeño de la cadena. Por ejemplo, un distribuidor de autopartes que se esfuerza por la capacidad de respuesta podría tener muchas instalaciones de abastecimiento ubicadas cerca de los clientes, aún cuando esta práctica redujera la eficiencia. De manera similar, un distribuidor muy eficiente podría tener pocos almacenes para incrementar la eficiencia a pesar del echo de que esta práctica reduciría la capacidad de respuesta. Las métricas relacionadas con las instalaciones son:
 - La capacidad.
 - La utilización.
 - El tiempo de flujo / de ciclo teórico de producción.
 - El flujo / tiempo de ciclo promedio real.
 - La eficiencia del tiempo de flujo.
 - La variedad del producto.
 - La contribución al volumen de 20% superior de SKU y clientes.
 - El tiempo de proceso / preparación / descompostura / inactividad.
 - El tamaño de lote de producción promedio.
 - Nivel de servicio de producción.
- El inventario, abarca toda la materia prima, el trabajo en proceso y los bienes terminados dentro de la cadena de suministro. Cambiar las políticas de inventario puede alterar drásticamente su eficiencia y capacidad de respuesta. Por ejemplo, un minorista de ropa puede tener mayor capacidad de respuesta mediante la acumulación de grandes cantidades de inventario y satisfacer la demanda del cliente a partir del inventario. Sin embargo, un inventario grande incrementa su costo y, por tanto, merma su eficiencia. Reducir el inventario lo hace más eficiente pero afecta su capacidad de respuesta. Las métricas con el inventario son:
 - El inventario promedio.
 - Los productos con más de un número específico de días en inventario.
 - El tamaño promedio de lote de abastecimiento.
 - El inventario de seguridad promedio.
 - El inventario estacional.
 - La tasa de surtido.
 - La fracción de tiempo sin inventario.
- La traspotación, supone mover el inventario de un punto a otro en la cadena de suministro. Puede tomar la forma de muchas combinaciones de modos y rutas cada una con sus propias características de desempeño. Las opciones de traspotación tienen un gran impacto en la capacidad de respuesta y eficiencia de la cadena. Por ejemplo, una compañía de ventas por catálogo puede utilizar un método rápido de transporte como FedEx para enviar sus productos, haciendo que su cadena tenga mayora capacidad de respuesta y a su vez, sea menos eficiente dados los altos costos asociados. O la compañía podría

emplear un método de transporte por tierra más barato pero lento, aunque esto lo haría eficiente, limitaría su capacidad de respuesta. Las métricas relacionadas con la transportación son:

- El costo promedio del transporte entrante.
- El tamaño promedio del embarque entrante.
- El costo promedio del transporte entrante por embarque.
- El costo promedio del transporte saliente.
- El tamaño promedio del embarque saliente.
- El costo promedio del transporte saliente, por embarque.
- La fracción transportada por medio.
- La información, consiste en datos y análisis concernientes a las instalaciones, inventario, transportación, costos, precios y cliente a lo largo de la cadena de suministro. Es potencialmente la mayor directriz del desempeño en la cadena ya que afecta de manera directa a cada una de las demás directrices. La información da a la administración la oportunidad de hacer que las cadenas tengan mayor capacidad de respuesta y sean más eficientes. Por ejemplo, con información sobre los patrones de demanda del consumidor, una compañía farmacéutica produce y almacena medicamentos con anticipación a la demanda del cliente, lo cual hace que la cadena tenga una alta capacidad de respuesta, pues los consumidores encontrarán los medicamentos cuando los necesiten. Esta información acerca de la demanda también puede hacerla más eficiente ya que la compañía farmacéutica está mejor preparada para pronosticar la demanda y producir solo la cantidad requerida. También la hace más eficiente al proporcionar a los gerentes opciones de envío, por ejemplo, les permite escoger la alternativa de menor costo mientras cumplen los requerimientos necesarios del servicio. Las métricas relacionadas con la información son:
 - El horizonte de pronóstico.
 - La frecuencia de actualización.
 - El error de pronóstico
 - Los factores estacionales.
 - La varianza del plan.
 - El cociente entre la variabilidad de la demanda y la variabilidad de los pedidos.
- El aprovisionamiento, es la decisión sobre quien desempeñara una actividad específica de la cadena de suministro como producción, almacenamiento, transportación o administración de la información. A nivel estratégico, estas decisiones determinan que funciones llevará a cabo la compañía y cuales otras subcontratará. Las decisiones de aprovisionamiento afectan tanto la capacidad de respuesta como la eficiencia de la cadena. Después de que Motorola subcontrato gran parte de su producción con fabricantes chinos, vio que su eficiencia mejoraba; sin embargo, su capacidad de respuesta se veía afectada debido a las largas distancias. Para compensar esto, Motorola comenzó a enviar por avión algunos de sus teléfonos celulares desde China aún cuando esta decisión incrementaba el costo de transportación. Flextronics, un fabricante de aparatos electrónicos por contrato, espera ofrecer opciones de aprovisionamiento tanto con capacidad de respuesta como eficientes a sus clientes. Para ello trata de hacer que sus instalaciones de producción en USA tengan una alta capacidad de respuesta al mismo tiempo que mantiene

eficientes sus instalaciones en países de bajo costo. Flextronics espera volverse un proveedor efectivo para todos sus clientes mediante esta combinación de instalaciones. Las métricas relacionadas al aprovisionamiento son:

- Días pendientes por pagar.
- Precio promedio de compra.
- El rango de precios de compra.
- La cantidad promedio de compra.
- La fracción de las entregas a tiempo.
- La calidad del suministro.
- El tiempo de entrega del suministro.
- La fijación de precios, determina cuanto cobrará una compañía por los bienes y servicios que pone a disposición en la cadena de suministro. Afecta el comportamiento del comprador por lo que influye en el desempeño de la cadena. Por ejemplo, si una compañía de transporte varía sus cargos con base al tiempo de entrega proporcionado por los clientes, es muy posible que los valoren la eficiencia harán su pedido con anticipación, y los que valoran la capacidad de respuesta, estarán dispuestos a esperar y harán su pedido justo antes de que necesiten que se transporte el producto. Es probable que los pedidos anticipados sean menos si los precio no varían con el tiempo de entrega. Las métricas relacionadas con el precio son:
 - El margen de utilidad.
 - Los días de ventas pendientes.
 - El costo fijo incremental por pedido.
 - El costo variable incremental por unidad.
 - El precio promedio de venta.
 - El tamaño promedio de pedido.
 - El rango del precio de ventas.
 - El rango de ventas periódicas.

Esta definición de estas directrices trata de delinear la logística y la administración de la cadena de suministro. Esta última incluye el uso de las directrices logísticas e interfuncionales para incrementar su superávit. En años recientes, las directrices interfuncionales se han vuelto cada vez más importantes en el incremento del superávit de las cadenas [72]. Aunque la logística continua siendo una parte importante, la gerencia de la cadena de suministro se enfoca cada vez más en las tres directrices interfuncionales. Es importante reconocer que dichas directrices no actúan de manera independiente, sino que, por el contrario, interactúan entre sí para determinar el desempeño de toda la cadena. El buen diseño y operación de esta reconoce tal interacción y establece los equilibrios necesarios para entregar el nivel deseado de capacidad de respuesta.

En la actualidad hay mayores evidencia definitivas [4, 5 y 6] de que el servicio logístico al cliente sí afecta a las ventas. En su estudio del servicio al cliente Sterling y Lambert concluyeron que los servicios de Marketing sí afectan la participación de mercado [4]. Debemos notar que Sterling y Lambert también concluyeron que los elementos más importantes del servicio al cliente eran de naturaleza logística. Krenn y Shycon concluyeron a partir de sus entrevistas a 300 clientes de GTE / Silvana, que: la distribución, cuando proporciona los adecuados niveles de servicio para cumplir las necesidades del cliente,

pueden llevar directamente a un incremento en las ventas, mayor participación de mercado y por último a mayor contribución y crecimiento de las utilidades [5].

Baritz y Zissman demostraron que los clientes (ejecutivos del área de compras y de distribución) pueden percibir diferencias de servicio entre su “mejor” proveedor y su proveedor “promedio” [6]. Concluyeron que cuando se presenta una falla del servicio, los compradores con frecuencia imponían una acción de penalización al proveedor responsable. Estas acciones afectarán el costo o los ingresos del proveedor. En la Figura 1-2 se ilustran los tipos de acciones específicas que se toman contra los proveedores. Los investigadores concluyeron con la firme aseveración siguiente con respecto a los efectos del servicio sobre las ventas: Se han cuantificado que de un 5 a un 6% de las variaciones de ventas de un proveedor tanto positivas como negativas tienen su origen en el desempeño del servicio al cliente[6].

De igual manera, Blanding encontró que en los mercados industriales tan solo una disminución del 5% en los niveles de servicio dará por resultado 24% de caída en las compras de la base de los clientes actuales [7]; esto es una relación clara entre el nivel de servicio y el efecto que tiene en el nivel de ventas resultante.

Por último, en un estudio de Singhal y Hendricks de 861 compañías que cotizan en la bolsa se encontró que las fallas en las cadenas de suministros tienen efecto adverso sobre el precio de las acciones [8]. Cuando una compañía anuncia una anomalía de la cadena de suministros, como retraso en la producción o en el envío, el precio de las acciones puede caer inmediatamente 9% y hasta 20% en un periodo de 6 meses. Los seis motivos más comunes de fallas imprevistas en la cadena de suministros fueron: Escasez de partes, cambios solicitados por los clientes, lanzamiento de nuevos productos, problemas de producción, problemas de desarrollo y problemas de calidad.

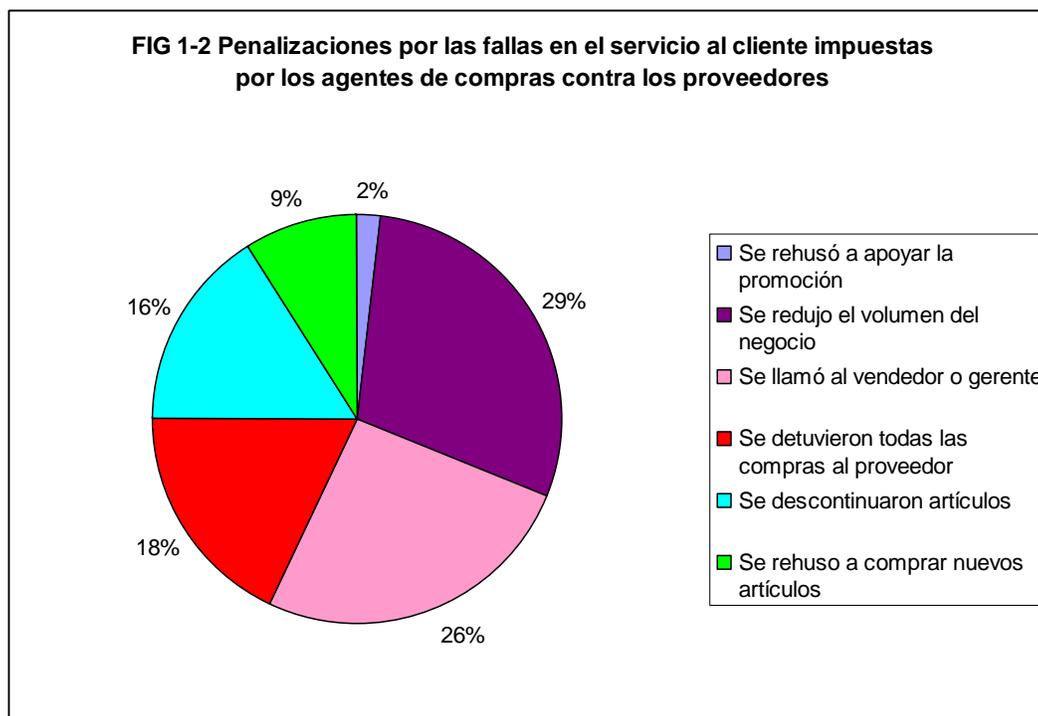


Fig 1.2 Penalizaciones por las fallas en el servicio al cliente impuestas por los agentes de compras contra los proveedores. (Original en colores)

La importancia de mantener producto en stock para algunas compañías es de suma importancia, ya que el costo de dejar una venta no es tan simple como se pudiera identificar; de aquí se genera las consideraciones de mantener un inventario de seguridad (Safety Stock SS), esto ha sido identificado y estudiado pues el impacto de dejar una venta va desde el backorder, aceptación por parte del cliente la sustitución del producto; Corsten y Gruen's [9] en su estudio en 2004 con encuestas a más de 71,000 clientes en todo el mundo, concluyeron que en un punto de venta de un minorista, un 31% de los clientes, dejaron la tienda para buscar el artículo en otra tienda y un 9% no harán ninguna compra; estos descubrimientos equivalen al 40% de pérdida en una venta en particular si los artículos buscados no están disponibles. Este estudio también mostró que alrededor del mundo, aproximadamente el 8% de las ocasiones se encuentra sin inventario. Esto nos da una idea del nivel de costo que representaría quedarse sin inventario de un producto en particular que el mercado este requiriendo.

En base a esto, es necesario contar en la mayor medida con pronósticos; en teoría si contáramos con un pronóstico 100% exacto se podría lograr un servicio a cliente del 100% y mantener el ideal de 0 inventario. Sin embargo, una característica natural de los pronósticos es el hecho de que presentan un cierto grado de inexactitud. Se debe tomar en cuenta que aun siendo inexactos, toda empresa debe contar con algún pronóstico que vaya marcando lo que se irá presentando; pues al no contar con ningún lineamiento se presentarían graves problemas para poder cumplir los requerimientos del mercado. Maynard Refuse [10] indicó que si claramente los pronósticos van a generar errores, se deben centrar los esfuerzos en buscar un sistema Make to Order (MTO), modificando los sistemas de manufactura y mejorando la flexibilidad y tiempo de respuesta de las cadenas de suministro. Esto debe buscarse inevitablemente, sin embargo, la necesidad de un pronóstico es absoluta ya que para poder trabajar en una empresa que no requiera pronósticos tendría que presentar por lo menos el perfil siguiente:

- El tiempo de entrega que es requerido por los clientes es mayor que el tiempo total de compra y producción. Es decir, en el momento de recibir la orden de compra, se cuenta con suficiente tiempo como para comprar la materia prima y manufacturar el producto.
- La compañía cuenta con la habilidad de aumentar y reducir su capacidad de una manera muy rápida y sin ningún impacto económico para la empresa ni emocional en la vida del personal.
- Los controladores de la empresa no requieren ninguna planeación financiera ni presupuesto alguno.

Todo esto, es en la práctica muy difícil de conseguir, por lo que la necesidad de Pronósticos es evidente en toda empresa.

Con todo esto, los métodos y sistemas actuales han cambiando por mucho la concepción de los pronósticos a lo largo de los últimos años, desde la inclusión de las computadoras y el manejo de grandes cantidades de datos, se ha evolucionado mucho en las técnicas estadísticas y se ha creado mayor conciencia en el proceso de generar pronósticos. Y

todo esto ha tenido su consecuencia en el uso formal de procesos de pronósticos; Larry Lapide [11] comparó el uso formal del proceso de pronósticos en 1975 y 2001 y encontró que la mayoría de las empresas en la actualidad revisan sus pronósticos cada mes, comparando contra una revisión trimestral o mayor que se daba en 1975 en la mayoría de las empresas; además, se encontró que en las encuestas de 2001 el uso de los pronósticos por parte de la junta del S&OP (Sales and Operation Planning) y de los controladores de inventario había aumentado en un 14% comparando con los resultados obtenidos en 1975.

Tanto en el nivel de la planeación estratégica como en la organización, las diferentes empresas se basan en ciertos supuestos que normalmente tienen su origen en un pronóstico a partir del cual se genera la información de presupuestos, y se determinan las capacidades, las ubicaciones, tipo y cantidades de productos y una variedad de decisiones que se hacen basados en los pronósticos.

En toda empresa, hay alguien que esta desarrollando algún proceso para generar pronósticos, puede ser directamente los encargados de comprar las materias primas, los encargados de definir la plantilla de trabajadores o incluso aquellos que desarrollan los presupuestos; esto puede ser formalmente o en un proceso impreciso, de esta manera el reto es poder generar buenos pronósticos, y dado que todas las empresas generan en cierta modo pronósticos, el reto se extiende a generar pronósticos mejores que la competencia; ya que esto colocará a la empresa con una ventaja competitiva.

Mejores pronósticos permitirán a las compañías dar un mejor servicio a cliente (cumplir con requerimientos), disminuir inventarios, mejorar el aprovechamiento de los recursos, trabajar mas cooperativamente con proveedores y a vender más productos. [12] Ya que se podrá explotar mejor al mercado y cubrir de una manera eficiente sus requerimientos.

Para el correcto uso de los pronósticos es necesario entender la teoría de pronósticos. En este punto es necesario definir los diferentes niveles en los que los pronósticos son confiables para los administradores, este punto fue revisado por Fischhoff [13], el cual definió los siguientes niveles:

- 1) Primer nivel – En donde se establece la teoría que ofrece una explicación a partir de un análisis causal.
- 2) Segundo nivel – Modelos teóricos que cuentan con hipótesis de las relaciones causales.
- 3) Tercer nivel – Los modelos computacionales que aproximan las relaciones causales.
- 4) Cuarto nivel – Los modelos estadísticos que no ofrecen una causalidad directa, sino a partir de suposiciones.

Además, los pronósticos deben incluir una explicación clara de cómo y porque fueron estructurados, así como un estimado de la exactitud de las predicciones, Bunge [14] y Wacker [15] indican que un buen pronóstico debe incluir definiciones, alcances, explicaciones y predicciones.

Es importante destacar que en ocasiones, es necesario entender las necesidades propias del consumidor, los pronósticos deben ser tanto basados en la teoría como en la experiencia, especifica para los productos y el mercado al que esta dirigido. Makridakis [16] define que la

más importante lección que hemos aprendido en el campo de los pronósticos es que los modelos que mejor ajustan sobre los datos disponibles, no son necesariamente los más exactos en las predicciones a partir de esos datos. Es pues de suma importancia, en el análisis de pronósticos, el estudio de los errores en los pronósticos.

El impacto de los errores en las decisiones estratégicas se ha considerado desde el comienzo del estudio de la planeación y control de la producción [73], Actualmente se ha encontrado que la inexactitud en los pronósticos tiene impactos económicos en las empresas [17], el impacto de los errores en la planeación va desde el riesgo de no poder cumplir con los requerimientos de los clientes, con todos los costos que eso implica, hasta el tener que contratar mas mano de obra, modificar la ubicación de alguna instalación, e incluso el cambiar totalmente el giro de la empresa. Esto no quiere decir, de ninguna manera, que las empresas deben basar todas sus decisiones en los pronósticos; estudios han demostrado que en la medida en que las organizaciones pueden reaccionar rápida y eficientemente a los cambios e imprevistos, aseguran su éxito a lo largo del tiempo [74].

De este modo, el interés en los costos asociados a los errores de los pronósticos ha motivado estudios acerca de los errores en los pronósticos, existe una basta literatura al respecto, es por eso que un pronostico debe ser explicito, tener un propósito claro, incluir las suposiciones en las que se basa, y la relación que busca con las decisiones administrativas.

Los diferentes patrones que puede presentar una demanda específica, se debe tratara de manera cuidadosa, ya que una técnica para generar pronósticos que sea adecuada para un tipo especifico de demanda puede dar resultados desastrosos en otro caso en el que la demanda presente características diferentes.

Es pues de suma importancia en las organizaciones el contar con pronósticos lo mas certeros posible, que hayan sido generados a partir de la técnica mas adecuada con respecto al ambiente de ventas que presenta la organización; entenderlos y utilizarlos para distribuir y administrar los recursos disponibles. Así como, entender las limitaciones de los pronósticos y considerar las suposiciones en las que se basan, para poder reaccionar de una manera organizada y eficiente ante posibles efectos fuera de lo normal, con lo cual se pueda asegurar la permanencia y mejoría del desempeño de las organizaciones.

2. ANTECEDENTES

La importancia de la industria automotriz en México queda en evidencia al visualizar que la fabricación de equipo de transporte representa 19% del PIB manufacturero en el país, así mismo, las exportaciones de autopartes representan 12% de las exportaciones totales, el empleo generado por la industria automotriz representa 13% del empleo manufacturero y los flujos de inversión extranjera directa en autopartes son 15% del total de los flujos de inversión extranjera directa destinada a al industria manufacturera [61]. México ocupó en 2008 el 9° lugar en la producción mundial, solo por debajo de países como Francia, Brasil, India, Corea del Sur, entre otros, con una producción un poco mayor de dos millones de unidades ligeras y cerca de ochenta mil unidades pesadas; y con un futuro en el que se considera un fuerte crecimiento, planeando para 2015 tener el 7° lugar [62]

Con todo esto, la industria de autopartes ha desarrollado un fuerte crecimiento e importancia, convirtiendo a México junto con Canadá en los principales proveedores de autopartes, tomando parte de la región NAFTA [63]

Actualmente las empresas están pasando por un proceso de alta competencia, lo cual demanda esfuerzos extraordinarios no solo para lograr un crecimiento sino para mantener la posición económica en el mercado que ya se ha logrado. Dentro de este proceso de desarrollo continuo, las empresas han incursionado en diferentes técnicas y métodos para aumentar sus ventas, su productividad y su eficiencia; sin embargo, en ocasiones las organizaciones invierten en proyectos que no dan los resultados esperados y terminan desperdiciando los recursos, debido a una mala planeación basada en supuestos que no se cumplieron en la realidad [12].

La situación del sector automotriz a nivel mundial esta pasando por un proceso más que difícil, tal como lo se pone en evidencia con las bajas en ventas de las grandes armadoras, para agosto de 2008 las ventas de Ford habían caído un 20.4%, afirmó James D Farley, Director de Marketing de Ford [18], debido a las débiles condiciones económicas y los problemas crediticios de los consumidores. Incluso la todopoderosa Toyota resiente la baja en las ventas, para agosto 2008, las ventas en Japón habían caído un 14.9%, informó la agencia EFE [19]; más crítica es la situación en el mercado automotriz de España donde se desplomó 41.3% el mercado automotriz [20]; esta situación general ha afectado en gran medida a los proveedores y productores de autopartes, el gigante de autopartes Delphi Corp. Está hundiéndose cada vez más, generando dudas sobre su capacidad para sobrevivir como una compañía independiente [21]. Sin embargo, la situación mundial ha traído un beneficio a la producción nacional en México, pese a la caída del mercado de automotores en USA, las exportaciones automotrices de México hacia ese país ascendieron durante el primer semestre de 2008, monto que representa un crecimiento de 9.7% con respecto al mismo periodo de 2007 [22].

De acuerdo al documento del Fondo Monetario Internacional “Perspectivas de la economía mundial”: Sustentar la recuperación , la salida de la actual crisis podría ser difícil y lenta y seguramente requerirá de intervención gubernamental adicional contracíclica para alcanzar la recuperación: “Tras una profunda recesión mundial, el crecimiento económico ha

entrado en terreno positivo gracias a extensas intervenciones públicas que apuntalaron la demanda y alejaron la incertidumbre y el riesgo sistémico en los mercados financieros. La recuperación seguramente será lenta... Pese a los déficits ya grandes y a la creciente deuda pública de muchos países, será necesario mantener el estímulo fiscal hasta que la recuperación se afirme y posiblemente ampliarlo o prolongarlo más allá de lo actualmente planificado si se hacen realidad los riesgos a la baja para el crecimiento.” [64]

La demanda en México continúa contraída, resultado de la incertidumbre que el consumidor tiene respecto al futuro de la economía y de sus propias finanzas. El índice de confianza del consumidor en México, de acuerdo al Banco de México, en septiembre de 2009 se ubicó 7.6% por abajo del mismo mes del año anterior. Destaca la disminución en el componente que mide las posibilidades actuales de adquirir bienes durables, el cual tuvo en septiembre una reducción de 25.7% respecto al año anterior [65].

El problema a resolver incluye un proceso de análisis de información para generar pronósticos de una empresa del giro autopartes, que fabrica juntas, es decir sellos para diferentes aplicaciones en el ramo automotriz. Esto implica alrededor de mil productos en venta, con comportamientos muy disímiles; lo cual conlleva a la organización a tener graves problemas en el desarrollo logístico del abastecimiento de materias primas para el cumplimiento de los requerimientos de los clientes, y como consecuencia se tiene una gran cantidad de materias primas innecesarias y al mismo tiempo se presentan una buena cantidad de procesos urgentes para el abastecimiento de materias primas que no se tienen en existencia.

2.1 CONTEXTO DE LA EMPRESA.

La empresa sobre la cual se esta desarrollando este estudio es una empresa del sector autopartes y que actualmente forma parte de uno de los grupos corporativos mas importantes dentro del desarrollo nacional.

Las áreas de negocios del grupo constituyen y mantienen su fortaleza a través de 11 unidades de estratégicas de negocios ubicadas en la República Mexicana, Estados Unidos y España. Cuenta con 13,000 persona aproximadamente, con amplia experiencia en el manejo de los negocios de consumo e industriales así como de servicios corporativos.

Es precisamente a una de estas unidades estratégicas de negocios a la que pertenece la empresa, la cual es una empresa que se encuentra en operación desde 1952 y esta dedicada a la producción de juntas, sellos y materiales de sellado; es la empresa líder en el mercado de repuesto en México con presencia en los mercados de Estados Unidos, Venezuela, Colombia, España y Bélgica; actualmente cuenta con alrededor de 300 empleados.



Fig. 2.1 Imagen explosionada del motor de combustión interna.

Los productos desarrollados en la empresa son muy variados, lo cual le da una estructura de flexibilidad y versatilidad, pues se desarrollan una gran variedad de productos como son juntas de cabeza, juntas para múltiples de escape y admisión, juntas para Carter, juntas para tapa de punterías, sellos de válvula, retenes (o sellos radiales) juntas para bomba de agua, anillos de escape, juntas para la tapa de distribución y todas las juntas en general; el diagrama 3.1 muestra la imagen explosionada de un motor de combustión interna, donde se pueden observar los diferentes tipos de productos que se utilizan para el sellado del motor.

Esta diversidad de productos conlleva a la diversidad de procesos productivos utilizados en la empresa, que son desde mezclado de materiales, calandreado, corte, combinado de materiales, troquelado, engargolado, planchado, aplicación de serigrafía, corte por láser, moldeado de piezas de hule y termoplásticos, etc. Todo esto lleva a la empresa a tener un catálogo de productos en venta de por arriba de los 3000 números de parte.

Su mercado de aplicación esta dividido en el mercado de repuesto nacional, materiales de sellado nacional (MAT), piezas dentro de la cadena de suministro de equipo original nacional (EO) y exportación (EXP); el enfoque de este estudio excluye el mercado de repuesto nacional, debido a la naturaleza del mismo. Tanto el mercado de exportación, como el de materiales y equipo original están bajo un sistema MTO, lo cual indica que las ventas coinciden directamente con los requerimientos de los clientes, esto es la demanda del mismo; esto viene unido a que la empresa ha presentado un nivel de servicio de 100% a costa de un alto valor de inventario.

Con la caída del mercado automotriz internacional, las ventas de exportación han caído hasta 52% por debajo de lo presupuestado, mientras que las ventas a mercado de original solo presentan bajas del 20% en promedio. Esto ha implicado, sin embargo, una

reducción en la plantilla de la planta; y se teme, que el mercado presente una reacción de mejora y se tenga que recontractar personal.

Actualmente se maneja en la empresa un sistema ERP en el que se mantienen todos los datos con los que opera la misma, es precisamente de aquí desde donde se obtendrán los datos para su análisis y procesamiento.

Los pronósticos generados serán utilizados tanto para el estudio financiero de presupuestos, como para el aprovisionamiento de materias primas y las consideraciones necesarias de equipamiento y mano de obra necesarias; utilizando únicamente el pronóstico generado por el método seleccionado, en lugar de los diferentes pronósticos generados informalmente en cada área.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Todo proceso de logística de abastecimiento que no es planeado adecuadamente trae consigo un costo relacionado, actualmente la organización cuenta con un valor de inventario de materias primas de alrededor de 20 millones de pesos, inventario en proceso por 10 millones de pesos, y inventario de producto terminado por 25 millones de pesos, junto con los costos de manejo de inventario, dando un total de 55 millones de pesos de inversión promedio en inventarios. Así mismo, al analizar el costo de fletes urgentes, se encuentra que la organización esta gastando mensualmente en promedio alrededor de \$ 25,000.00 y en gastos de tiempo extra alrededor de \$ 70,000.00. Todo esto puede ser optimizado por medio de la aplicación correcta de pronósticos de ventas, con la finalidad de hacer una distribución adecuada de los recursos de la empresa; ya que al contar con una planeación basada en pronósticos se pueden generar políticas de inventarios más adecuadas.

Actualmente la empresa, no cuenta con ningún proceso formal para generar pronósticos, aquellos que necesitan indagar sobre el futuro lo hacen de manera informal y cada quien por separado, lo que ha causado mantener diferentes puntos de vista sobre los “pronósticos” planteados desde finanzas, programación, ventas e incluso recursos humanos.

El personal de programación, basándose en un cierto nivel de experiencia histórica se prevé en la compra de materias primas, buscando el cubrir los requerimientos de los clientes, en este punto es importante destacar que se cuenta con algunas materias primas cuyo tiempo de entrega excede los 3 meses. Por lo que partir de indagar en el futuro es obligatorio. El área de venta, genera un programa de ventas basado en alguna estrategia particular y genera un pronóstico, mientras finanzas desarrolla el presupuesto atendiendo los requerimientos de los directivos. Esto conlleva a tener varios pronósticos según la necesidad, sin tener un consenso general y normalmente se detectan discrepancias.

Este desarrollo de pronósticos se usará para lograr desarrollar una estructura de toma de decisiones que genere una política de abastecimiento que pueda operar cubriendo los niveles de servicio deseados utilizando el nivel óptimo de inventario.

El problema radica en el diseño de un método de generación de pronósticos que cumpla con los requerimientos de todos los posibles usuarios en la planta, y que tenga exactitud, sin implicar una inversión que no pueda ser cubierta por el proyecto mismo; con la finalidad de llevar los inventarios a un nivel óptimo, es decir los mínimos necesarios.

Por lo que al generar un buen método de generación de pronósticos, se busca el lograr mantener el nivel de servicio a cliente actual (100%) pero reduciendo de manera significativa los niveles de inventario, gastos por cambio de capacidad y costos de acelerar envíos de materiales.

La respuesta preliminar a este planteamiento nos lleva a considerar los diversos métodos de generación de pronósticos de uso común, incluyendo la revisión de los diferentes softwares con aplicación específicas en este tema. Siguiendo una línea de investigación podremos descubrir que las últimas tendencias en el desarrollo de pronósticos están

precisamente en la complejidad en la que se están desarrollando los softwares. Además de los métodos administrativos para lograr captar la atención de los directivos en los pronósticos como base para la toma de decisiones [23].

De este modo, se debe considerar la integración de la cadena de suministros, es decir clientes y proveedores, en el desarrollo de los pronósticos, considerar las afectaciones que pueden llegar a tener las diferentes áreas de la organización por tomar ciertas políticas

3.1 OBJETIVOS Y LIMITACIONES

Esta investigación pretende generar un método que cumpla con las necesidades de la empresa y con las condiciones de demanda específicas del mercado que atiende, para generar los pronósticos de venta detallados para cada producto, tanto para el análisis de estrategias y políticas de inventarios, como para el estudio de capacidades y presupuestos de inversión

El objetivo particular es evaluar varios métodos de generación de pronósticos para la demanda en estudio, comparando sus resultados individuales y evaluando su costo de desarrollo contra el valor agregado que dan a los pronósticos.

Igualmente se identificarán las limitantes en el uso de pronósticos y entendimiento sobre el utilizar una técnica de pronósticos inadecuada, para los procesos establecidos.

Las limitaciones principales del estudio radican a la aplicación práctica de la metodología en una empresa de la rama automotriz, para la línea de productos con sistema de producción MTO, tanto para corto como mediano plazo. Esto quiere decir que se estarán analizando alrededor de 1000 productos con diferentes espectros de series de tiempo de demanda para hacer uso de pronósticos a uno o doce periodos adelante del periodo actual.

Estos pronósticos generados, serán utilizados para el desarrollo de la estructura de toma de decisiones que incluyen puntos relativos al aprovisionamiento como son el cuando y cuanto comprar, inclusive cuando y cuanto producir, además, puntos relativos a las inversiones y capacidades para determinar la capacidad necesaria tanto en instalaciones, maquinaria y mano de obra.

4. MARCO TEÓRICO

Un Pronóstico es una estimación de una demanda futura. Un pronóstico puede ser construido utilizando métodos cuantitativos, métodos cualitativos, o una combinación de métodos, y puede ser basado en factores extrínsecos (externos) o intrínsecos (internos). Varias técnicas de pronóstico intentan predecir uno o más de los cuatro componentes de la demanda: tendencia, ciclo, aleatoriedad y estacionalidad [24].

Los pronósticos de futuras demandas son esenciales para tomar decisiones en la cadena de suministro, en sí el pronóstico de la demanda forma las bases de la planeación en la cadena de suministro.

De este modo, la planeación y el control de las actividades de logística y de la cadena de suministros requieren estimados precisos de los volúmenes de producto y de servicio que serán manejados por la cadena de suministros. Sin embargo, por lo regular no es responsabilidad única de quien esta al frente de la logística el generar los pronósticos generales de las empresas. Es más probable que esta tarea se asigne a marketing, planeación económica o a un grupo especialmente conformado. Bajo ciertas circunstancias, en particular en la planeación de corto plazo, como el control de inventarios, la magnitud de los pedidos o la programación del transporte, el responsable de la logística con frecuencia enfrenta la necesidad de asumir la labor de generar este tipo de información. Por ello, este capítulo es una visión general de las técnicas de pronóstico que se utilizaran para la planeación y control de la logística.

4.1 ANÁLISIS DE DATOS.

El desarrollo actual de las empresas, bajo un enfoque globalizado exige un crecimiento en procesos y complejidad, efecto que contrae el manejo de una gran cantidad de datos e información que necesariamente deben ser procesadas mediante técnicas o sistemas de apoyo que las vuelvan manejables, para poder utilizar esta información y traducirla en un verdadero soporte para la toma de decisiones y generar estrategias.

Los datos se refieren generalmente a situaciones reales, y se representan por medio de símbolos. Al ser interpretados, adquieren un significado, y a éste se lo puede llamar información. No es posible obtener información del conjunto de datos disponibles sin conocer el contexto en el cual éstos adquieren un significado: es el contexto el que le confiere significado a los datos. La información no es pues un conjunto de datos cualquiera, Es más bien una colección de hechos significativos y pertinentes, para el organismo u organización que los percibe. La definición de información es la siguiente: Información es un conjunto de datos significativos y pertinentes que han sido interpretados y que cubren las necesidades de los gerentes de las empresas [24].

Quien cuente con más y mejor información, tiene mayores posibilidades de sobrevivir, da igual que se trate de un organismo biológico, una empresa o un país, la información

representa el poder tomar las decisiones correctas que pueden representar el continuar o no con ciertos negocios.

4.1.1 LA LEY DE PARETO

El problema logístico de cualquier empresa es el total de problemas individuales de los productos. La línea de productos de a típica empresa está conformada por artículos individuales en diferentes etapas de sus respectivos ciclos de vida y con diferentes grados de éxito de ventas. En cualquier punto del tiempo, esto crea un fenómeno de productos conocido como la curva 80-20, concepto particularmente valioso para la planeación logística.

Después de observar los patrones de productos en muchas empresas, el concepto 80-20 se deriva de que el volumen de ventas es generado por relativamente pocos productos en la línea de productos, y del principio conocido como la ley de Pareto¹. Es decir, 80% de las ventas de una empresa se genera por 20% de los artículos de la línea de productos. Rara vez se observa una relación exacta 80-20, pero la desproporcionalidad entra las ventas y el número de artículos por lo general es verdadera.

El concepto 80-20 es particularmente útil para planear la distribución cuando los productos se agrupan o clasifican según su actividad de ventas. El primer 20% podría llamarse A, el 30% siguiente B y el restante artículos C. Este tipo de clasificación ha encontrado amplia aceptación en la industria manufacturera y en particular en la industria automotriz, donde es común direccionar los recursos a los artículos tipo A o AA.

Otro uso frecuente del concepto 80-20 y de la clasificación ABC es agrupar los productos en un almacén, u otro punto de venta, en un número limitado de categorías donde luego son manejados con diferentes niveles de disponibilidad de existencias. Las clasificaciones de los productos son arbitrarias. El hecho es que no todos los productos deberían recibir el mismo tratamiento logístico. El concepto 80-20 (con cuna clasificación resultante de productos) proporciona un esquema, basado en la actividad de ventas, para determinar los productos que recibirán los diferentes niveles de tratamiento logístico.

4.1.2 SISTEMA LOGÍSTICO DE INFORMACIÓN

Un sistema logístico puede describirse en términos de funcionalidad y de su operación interna. Como ya se ha mencionado el propósito principal de reunir, retener y manipular datos dentro de una empresa es la interpretación para obtener información y llegar a una adecuada toma de decisiones, desde las estratégicas hasta las operativas, y facilitar las transacciones del negocio. Gracias al desarrollo de la informática y al mayor espacio en la memoria de las computadoras, computadoras más rápidas, acceso cada vez mayor a la información de toda la organización mediante sistemas de información empresarial (como SAP y MfgPro) y las plataformas mejoradas para la trasmisión de información, como EDI e Internet, han creado para las empresas la oportunidad de compartir información de manera conveniente y barata por toda la cadena de suministros. Con esto se obtiene el beneficio de suministrar información a tiempo y de manera comprensible dentro de la empresa, así como los beneficios de

¹ La curva 80-20 fue observada por primera vez por Vilfredo Pareto en 1897, durante un estudio sobre la distribución del ingreso y la riqueza en Italia. Concluyó que un gran porcentaje del ingreso total estaba concentrado en las manos de un pequeño porcentaje de la población, en una proporción de casi 80 a 20%, respectivamente. La idea general ha hallado amplia aplicación en los negocios.

compartir información adecuada entre otros miembros del canal, ahora son posibles operaciones logísticas más eficientes. Esto ha llevado a las compañías a pensar en la información con propósitos logísticos como un sistema logístico de información. [25]

Este sistema logístico de información debe ser lo suficientemente comprensible y capaz como para permitir la comunicación, no sólo entre las áreas funcionales de la empresa, sino también entre los miembros de la cadena de suministros. Compartir información seleccionada sobre ventas, envíos, programas de producción, disponibilidad de existencias, estado del pedido y similares, con vendedores y compradores, tiene el valor de reducir las incertidumbres por toda la cadena de suministros, con lo que los usuarios encuentran maneras de beneficiarse de la disponibilidad de información.

4.2 DEMANDA Y PRONÓSTICOS

El entendimiento de la naturaleza de los pronósticos representa en gran medida el éxito en la generación y análisis de pronósticos, pues de esto depende la técnica que se utilizará para su generación. Por este motivo es de suma importancia el definir el tipo de pronóstico y su finalidad, de este modo se tendrá que definir consideraciones de tiempo, dependencia y aleatoriedad.

Al hacer un estudio de pronósticos necesariamente se debe partir de un entendimiento profundo de la demanda, ya que del entendimiento de la misma para cada caso particular dependerá la aplicación de la correcta técnica y de amenorar posibles errores en el cálculo del pronóstico. La demanda es una necesidad de un producto o componente particular. La demanda puede provenir de cualquier origen (órdenes de cliente o pronósticos, un requerimiento de alguna planta hermana, un requerimiento de almacén para una parte de servicio, etc.). En el nivel de producto terminado, los datos de demanda son usualmente diferentes de los datos de ventas debido a que la demanda no necesariamente culmina en una venta (por ejemplo, si no hay stock no habrá venta), existen generalmente cuatro componentes de la demanda: tendencia, ciclo, aleatoriedad y estacionalidad [24].

También debe entenderse la naturaleza del sistema de producción, actualmente se reconoce el sistema PUSH, como el procesamiento de productos de acuerdo a un programa planeado en forma adelantada; y el sistema PULL, como el procesamiento de productos únicamente cuando es demandado para uso o para reemplazar aquellas que fueron usadas [24]. De este modo en un sistema PUSH se está fabricando para tener un inventario (MTS por sus siglas en inglés, make to stock) en este caso se debe planear el nivel de actividad de producción, transporte, todas las actividades; y en un sistema PULL se fabrica para la venta (MTO por sus siglas en inglés, make to order) en este caso se debe planear el nivel de capacidad disponible y de inventario, pero no la cantidad a ser realizada; para ambos casos lo primero que hay que hacer es pronosticar cuál será la demanda.

4.2.1 COMPONENTES DE UNA SERIE DE TIEMPO

Una serie de tiempo consiste en datos que son recolectados en incrementos sucesivos de tiempo. Se compone en general de cuatro componentes que son:

- Componente tendencia, considera el cambio gradual en la serie de tiempo sobre un largo periodo de tiempo.

- Componente ciclo, cualquier patrón de secuencias de valores por arriba o debajo de la línea de tendencia es atribuible a este componente de las series.
- Componente estacionalidad, considera patrones regulares de variabilidad dentro de ciertos periodos de tiempo, por ejemplo un año.
- Componente aleatoriedad, es causada en un corto tiempo, no es posible anticiparla y no presenta factores recurrentes, en este caso no es posible predecir el impacto en la serie de tiempo con anticipación.

4.2.2 DEMANDA ESPACIAL Y DEMANDA TEMPORAL

Tiempo o temporal se refiere a los niveles de demanda comunes en los pronósticos. La variación de la demanda en el tiempo es resultado del crecimiento o declinación de los índices de ventas, variación estacional del patrón de demanda, así como de las fluctuaciones generales ocasionadas por múltiples factores. La mayor parte de los métodos de pronósticos a corto plazo se relacionan con este tipo de variación temporal, a menudo denominada como series de tiempo.

La logística tiene tanto dimensiones de espacio como de tiempo. Es decir, el responsable de la logística deberá saber donde tendrá lugar el volumen de demanda y cuando lo hará. Se necesita localización espacial de la demanda para planear la ubicación del almacén equilibrar los niveles de inventario a través de la red de logística y asignar geográficamente recursos de trasportación. Las técnicas de pronóstico deberán seleccionarse para reflejar las diferencias geográficas que puedan afectar los patrones de demanda. Las técnicas también pueden diferir, dependiendo de que toda la demanda sea pronosticada y luego desagrupada por ubicación geográfica (pronostico de arriba hacia abajo), o si cada ubicación geográfica es pronosticada en forma individual y luego agrupada, si es necesario (pronostico de abajo hacia arriba).

4.2.3 REGULARIDAD DE LA DEMANDA

Los responsables de la logística acomodan los productos en grupos para diferenciar niveles de servicio entre ellos o simplemente para manejarlos de forma distinta. Estos grupos y los artículos individuales dentro de ellos forman distintos patrones de demanda en el tiempo. Cuando la demanda es “regular”, típicamente podrá representarse por alguno de los patrones generales. Los cuales podrían descomponerse en componentes de tendencia, estacionales y aleatorios. En tanto las variaciones aleatorias sean una pequeña porción de la variación restante en la serie de tiempo, se obtendrá en general un adecuado pronóstico a partir de los procedimientos de pronóstico tradicionales.

Cuando la demanda para los artículos es intermitente, debido a un bajo volumen general y a un alto grado de incertidumbre en cuanto al momento y la cantidad en que se presentará el nivel de demanda, se dice que la serie de tiempo es desproporcionada o irregular. Este patrón a menudo se presenta en los productos que se están introduciendo o retirándose de la línea de productos, demandados por relativamente pocos clientes, divididos entre muchas ubicaciones de inventario y de manera que la demanda en cada ubicación es baja o es derivada de la demanda por otros artículos. Tales patrones de demanda son particularmente difíciles de pronosticar utilizando las técnicas más populares. Sin embargo, debido a que tales

artículos representan hasta el 50% de los productos que las empresas manejan, representan un problema especial de pronóstico de la demanda para el responsable de la logística.

4.2.4 DEPENDENCIA DE LA DEMANDA.

La naturaleza de la demanda puede diferir en gran medida, dependiendo de la operación de la empresa para la cual el responsable de la logística debe planear. Por un lado, la demanda es generada por parte de muchos clientes, la mayoría de los cuales adquieren en forma general solo una fracción del volumen total distribuido por la empresa. Se dice que esta demanda es independiente. Por otro lado, la demanda es derivada a partir de los requerimientos específicos en un programa de producción, y se dice que esta demanda es dependiente. Por ejemplo, el número de llantas nuevas que se ordenaran a un proveedor será un múltiplo del número de automóviles nuevos que el fabricante construirá. Esta diferencia fundamental ocasiona formas alternativas en las que los requerimientos se pronostican.

Cuando la demanda es independiente, los procedimientos de pronósticos estadísticos funcionan bien, la mayoría de los modelos de pronósticos de corto plazo están basados en condiciones de independencia o aleatoriedad en la demanda. En contraste, los patrones de demanda derivada son altamente sesgados y no aleatorios. El entendimiento de estos sesgos reemplaza la necesidad de pronosticar, ya que la demanda se conoce con certeza.

El pronóstico de los requerimientos mediante el procedimiento de demanda derivada por resultado pronósticos perfectos en la medida en que la demanda del producto final se conozca con certeza. Este tipo de procedimiento es un buen ejemplo de la forma como el pronóstico se mejora mediante el reconocimiento de sesgos, regularidades y patrones sistemáticos que se presentan en la demanda en el tiempo. Cuando las causas para la variación de la demanda se desconocen y son resultado de muchos factores, se presenta la aleatoriedad. Para el que se utilizan procedimientos estadísticos.

4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRONÓSTICOS

Los pronósticos son una parte esencial en toda empresa, estos ayudan a la generación de información en presupuesto, capacidad de planta, planeación de inventarios, requerimientos de materia prima y necesidades de transporte; estos pronósticos conllevan ciertas características y limitaciones:

- Ambigüedad, los pronósticos están siempre equivocados. Estos deben incluir el valor esperado de los pronósticos y la medida del error, aun cuando se encuentre un producto, mercado y método de pronóstico lo suficientemente estable, el futuro resulta ambiguo y existe un error factible.
- Inmodestia, no reconocer los límites de los pronósticos. Los pronósticos a largo término son menos precisos que los pronósticos de corto término y son precisamente estos en los que se basan en mayor medida las decisiones estratégicas en la planeación de los recursos.
- Irrelevancia, no ofrecer pronósticos que estén dirigidos a las necesidades de la cadena de suministro y por consecuencia a las necesidades de los clientes. Los pronósticos agregados son usualmente más precisos que pronósticos desagregados, entre más alejados están los componentes de la cadena de suministro mayor es la

distorsión de la información que se recibe; el efecto látigo es un ejemplo de esto, las ordenes son amplificadas como las ordenes se mueven del consumidor final hacia el fabricante. Como resultado, entre más alejados los componentes de la cadena mayor es el error de pronóstico.

- Inertes, no colocar a los pronósticos en un contexto de decisión útil, el objetivo general de los pronósticos es la toma de decisiones y deben incluir el contexto de las decisiones que se desean tomar [26].

4.3.1 EL AMBIENTE DE DECISIÓN Y LA FUNCIÓN DE PERDIDAS

Los pronósticos no se hacen en una isla. La clave para generar pronósticos buenos y útiles es reconocer que se hacen para guiar las decisiones. El enlace entre los pronósticos y las decisiones parece obvio, pero vale la pena razonar profundamente sobre este asunto. Los pronósticos se emiten en una amplia variedad de situaciones; sin embargo, en cada caso además auxilian en la toma de decisiones. Los buenos pronósticos, sencillamente ayudan a tomar buenas decisiones. El reconocimiento y la conciencia del ambiente de toma de decisiones es la clave del buen diseño, uso y evaluación de los modelos de pronósticos.

Para cada problema de toma de decisiones hay una estructura de pérdidas asociadas; por cada par de decisión resultado hay una pérdida asociada. Se puede imaginar que la pérdida asociada con la decisión correcta es cero, y que las decisiones incorrectas conducen a pérdidas positivas. Cuanto más se aparta la decisión elegida de la decisión correcta, mayor será la pérdida.

Se debe considerar que los pronósticos se emiten para ayudar a guiar decisiones. Así, la estructura de pérdidas asociada con determinada decisión induce una estructura similar de pérdidas con los pronósticos sobre los que se basa esta decisión.

Si consideramos el error del pronóstico (e) como la diferencia entre la demanda real y la demanda pronosticada, se considera que las funciones de pérdida tienen la forma $L(e)$. Esto quiere decir que la pérdida asociada con un pronóstico sólo depende del tamaño del error de pronóstico. Son tres los requisitos mínimos que satisfacen la mayoría de las funciones de pérdida más razonables y que tienen la forma $L(e)$:

1. $L(0) = 0$. Esto es, no se incurre en pérdida cuando el error de pronóstico es cero. Un error de pronóstico igual a cero corresponde a un pronóstico perfecto.
2. $L(e)$ es continua. Es decir, los errores casi idénticos de pronósticos deben producir pérdidas casi idénticas.
3. $L(e)$ aumenta a medida que también aumenta el valor absoluto de e . Es decir, cuanto mas grande sea el tamaño del error, mayor será la pérdida.

Una determinada función de pérdida simétrica muy importante en la práctica porque con frecuencia es una aproximación adecuada a las estructuras realistas de pérdida y porque matemáticamente es cómoda, es la siguiente:

$$L(e) = e^2 \quad (4-1)$$

A esta se le llama pérdida cuadrática o pérdida de error al cuadrado, obsérvese que debido a la elevación al cuadrado asociada con la pérdida cuadrática, los errores grandes son mucho más costosos que los pequeños. En forma equivalente, las pérdidas aumentan con índices cada vez mayores a cada lado del origen.

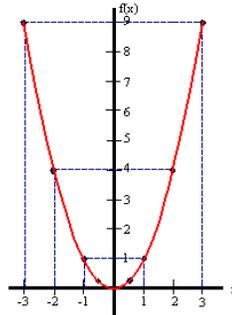


Figura 4.1. Función de pérdida cuadrática.

Con esta gráfica es fácil entender el porque es importante considerar diferentes entradas para la evaluación de los pronósticos, la exactitud de los pronósticos de ventas es principalmente determinada por los costos de inventarios, niveles de servicio, eficiencia en la programación y uso de recursos humanos, y otros indicadores de rendimiento operacional. [27], Una vez que la distribución de una demanda realista para un producto específico es establecida, se pueden determinar los niveles de servicio y de inventarios, por lo que una falla en la determinación de la demanda ocasionará bajos niveles de servicio a clientes y altos niveles de un inventario inadecuado [28].

Llevar a cabo estudios en referencia a los costos implicados con malos pronósticos dará mejores resultados, ya que el interés principal de cualquier corporación es el desarrollo del negocio; algunos estudios, demuestran que no necesariamente se obtiene el mejor costo con los índices tradicionales [29].

4.3.2 EL OBJETO DEL PRONÓSTICO

Existen muchos objetos que se podrían pronosticar. En los negocios y en la economía, el objeto del pronóstico, por lo regular, es de una de tres clases: resultado del evento, tiempo del evento o serie temporal [66].

- Resultado de evento: son aquellos pronósticos para los casos en los que hay la certeza de que un evento ocurrirá en un determinado momento, pero es incierto el resultado de ese evento.
- Tiempo de evento: son los pronósticos para cuando se sabe que sucederá un evento y se conoce el resultado, pero se desconoce el momento en que sucederá.
- Serie de tiempo: Estos pronósticos implican la proyección, a futuro, de la serie de tiempo de interés.

Son muchos los modos de formar esos pronósticos, pero el entorno básico de ellos no cambia mucho. Se basan en la historia de una serie de tiempo y se desea proyectar a futuro los valores de la serie. Existen por lo menos dos razones por las que los pronósticos de serie de

tiempo son lo que se encuentran con más frecuencia en la práctica [66]: la primera es que la mayoría de los datos comerciales, económicos y financieros son series temporales; con frecuencia se presenta el escenario general de proyección de una serie en el futuro, para la cual se cuenta con datos históricos. En segundo lugar, la tecnología para establecer y evaluar pronósticos de serie de tiempo está bastante bien desarrollada, y en este caso el escenario normal de pronóstico es suficientemente preciso, de tal modo que los pronósticos de serie temporal se pueden determinar y evaluar en forma rutinaria.

En último término, el objeto por pronosticar es una serie de datos de una u otra forma, y la cantidad disponible de datos tienen implicaciones importantes en la manera en que se construyen los modelos de pronósticos. La calidad de los datos también repercute en la construcción de modelos de pronóstico. Así, a veces los datos de serie temporal tienen saltos de observaciones: pueden no existir datos en ciertos momentos o se pueden haber perdido, o no se anotaron por accidente. De una u otra forma esos defectos se deben tomar en cuenta en la elaboración de modelos de pronóstico. En igual forma, cuando se pronostican múltiples series, además de tener observaciones internas faltantes, pueden tener distintas fechas de inicio y final. Las observaciones extraordinarias se deben a errores de registro o tan solo a circunstancias fuera de lo común, que a veces se presentan y hay que manejarlas.

4.3.3 EL ENUNCIADO DEL PRONÓSTICO

Cuando se hace un pronóstico se debe decidir si consistirá en (1) un solo número, es decir un pronóstico puntual; (2) un conjunto de números, del cual se espera que esté el valor futuro en determinado porcentaje de veces, es decir un pronóstico de intervalo; o (3) toda una distribución de probabilidades del valor futuro, es decir un pronóstico de densidad. En resumen, se debe decidir el tipo de pronóstico.

Un pronóstico puntual es un solo número, se elaboran en forma rutinaria en muchas aplicaciones, y los métodos para generarlos varían desde simples hasta complejos. Un buen pronóstico puntual proporciona una guía sencilla y fácil de comprender el futuro de una serie de temporal. Sin embargo, los eventos aleatorios e imprescindibles afectan toda la serie que se esté pronosticando. Como resultado de esos eventos se espera que los errores de pronóstico sean distintos de cero, aun en pronósticos muy buenos. En consecuencia, se desea conocer el grado de confianza que se tiene con determinado pronóstico puntual. En otras palabras, se desea conocer cuánta incertidumbre está asociada con determinado pronóstico puntual; incertidumbre que sugiere la utilidad de un intervalo de pronóstico.

Un pronóstico de intervalo no es un solo número; más bien es un intervalo de valores, dentro del cual se espera que esté el valor realizado de la serie con cierta probabilidad [30]. En los pronósticos de intervalo, el tamaño o longitud de los intervalos proporciona información acerca de la incertidumbre del pronóstico. Además, los pronósticos de intervalo proporcionan más información que los pronósticos puntuales, dado un pronóstico de intervalo, se puede establecer un pronóstico puntual en el punto intermedio del intervalo.

Por último, los pronósticos de densidad, el cual expresa toda la densidad o distribución de probabilidad del valor futuro de la serie de interés. En este caso las distribuciones proporcionan más información que los de intervalo, porque dada una densidad se establecen con facilidad los pronósticos de intervalo con cualquier nivel de confianza que se quiera.

De este modo, se puede identificar a los pronósticos de densidad como los que presentan mayor información y por consecuencia los más útiles, sin embargo, en la práctica los que son mayormente utilizados son los pronósticos puntuales, esto se explica debido al esfuerzo y costo necesario para generar un pronóstico de densidad que incluye más suposiciones estadísticas.

4.3.4 EL HORIZONTE DEL PRONÓSTICO

El horizonte del pronóstico se define como la cantidad de periodos entre hoy y la fecha del pronóstico que se elabora. El significado de una etapa depende de la frecuencia de observación de los datos. Para los datos mensuales, una etapa es de un mes; para los datos trimestrales es de un trimestre y así sucesivamente. En general, se habla de un pronóstico de h etapas a futuro, para el cual el horizonte h está a discreción del usuario.

El horizonte tiene importancia cuando menos por dos razones. La primera, natural, el pronóstico cambia cuando cambia su horizonte. La segunda, el mejor modelo de pronóstico cambia, con frecuencia, también con el horizonte de pronóstico. Todos los modelos de pronóstico son aproximaciones a las pautas dinámicas subyacentes en la serie que se pronostica; no hay razón por la cual la mejor aproximación para cierto fin sea igual que la mejor aproximación para otro fin.

4.3.5 EL CONJUNTO DE INFORMACIÓN

La calidad de los pronósticos está limitada por la calidad y la cantidad de información disponible cuando se elaboran. Todo pronóstico depende de la información con la que se crea, sea en forma explícita o implícita.

La idea de un conjunto de información es fundamental para formar buenos pronósticos. Para pronosticar una serie y con datos históricos desde el tiempo 1 hasta el tiempo T , se usa en ocasiones el conjunto univariado de información, conjunto de valores históricos de y hasta el presente. En ocasiones se utiliza un conjunto multivariado, donde se incluyen variables adicionales relacionadas potencialmente con y . Sea cual sea el caso, siempre es importante considerar con detenimiento cuál es la información disponible, qué información adicional podría recopilarse o encontrarse, la forma de la información, etcétera.

La idea de un conjunto de información también es básica para evaluar los pronósticos. Al hacerlo, a veces interesa saber si se pueden mejorar usando con más eficiencia determinando conjunto de información, y a veces interesa saber si el pronóstico se puede mejorar si se recurre a más información. En cualquier caso, las ideas de información y conjuntos de información desempeñan un papel fundamental en los pronósticos.

4.3.6 LOS MÉTODOS Y LA COMPLEJIDAD, EL PRINCIPIO DE LA PARSIMONIA Y EL PRINCIPIO DE CONTRACCIÓN

Adecuar los medios de pronóstico a las tareas de pronóstico es lo más importante, y para hacerlo se requiere del buen juicio. Las particularidades del caso indicarán la conveniencia de determinado método o estrategia de modelado. Además existen criterios estadísticos formales que guiarán la selección de un modelo.

Se puede suponer que los modelos de pronósticos tienen una gran complejidad a la luz de la complejidad obvia de los fenómenos del mundo real que se trata de pronosticar; por fortuna, este no es el caso. De hecho, tras décadas de experiencia profesional, se llega precisamente a la opinión opuesta: los modelos simples y parsimoniosos tienden a ser los mejores para pronosticar, a partir de muestras, en los negocios, la economía y las finanzas [31]. De aquí surge el principio de la parsimonia: los modelos simples, en igualdad de condiciones, son preferibles a los modelos complicados.

Existen varios motivos por los cuales los modelos más pequeños y más sencillos son, con frecuencia, más atractivos que los más grandes y los más complicados. Primero, en virtud de su parsimonia, se pueden estimar con más precisión los parámetros de los modelos más sencillos. Segundo, como los modelos más sencillos se interpretan, entienden y revisan con más facilidad, con más facilidad se localiza un comportamiento atípico. Tercero, es más fácil comunicar un concepto intuitivo del comportamiento de los modelos sencillos, lo que los hace más útiles en el proceso de toma de decisiones. Por último, al hacer obligatoria la simplicidad se disminuye el propósito de “recuperación de datos”, que es conformar un modelo que maximice su ajuste a los datos históricos. Con frecuencia, la recuperación de los datos produce modelos que se ajustan armoniosamente a los datos históricos, pero que funcionan horriblemente para pronosticar fuera de la muestra, porque conforma, en parte, modelos adecuados a las idiosincrasias de los datos históricos, y esto no tiene relación con los datos futuros, todavía no realizados.

El principio de la parsimonia se relaciona con el principio de contracción, pero es distinto. El principio de contracción plasma la idea que al imponer restricciones sobre los modelos de pronóstico se mejora, por lo regular, la eficacia del pronóstico. El nombre de contracción proviene de la noción de comprimir o “encoger” los pronósticos en ciertas direcciones imponiendo restricciones de varias clases a los modelos empleados para producir pronósticos. Al parecer, conviene imponer ciertas restricciones, pero el principio de contracción va más lejos: también puede convenir la imposición de restricciones incorrectas [30]. (De acuerdo al principio *KISS keep it sophisticatedly simple*, mantenerlo complicadamente sencillo) Es sutil la lógica que apoya el principio de contracción, y se permea hasta los pronósticos.

4.4 CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS DE PRONÓSTICOS

Se dispone de varios métodos de pronósticos estandarizados y ya previamente estudiados. Éstos se han dispuesto en tres grupos: cualitativos, de proyección histórica, y causales. Cada grupo difiere en términos de la precisión relativa en el pronóstico sobre el largo plazo y el corto plazo, en el nivel de sofisticación cuantitativa utilizada y en la base lógica (información histórica, opinión experta o encuestas) de la que se deriva el pronóstico [32].

Algunos factores que están relacionados a los pronósticos de la demanda son directa o indirectamente:

- Demanda pasada.
- Tiempo de entrega del producto.
- Planeación de la publicidad.

- Estado de la economía.
- Ofertas y descuentos planeados de precios.
- Acciones que los competidores toman.

4.4.1 MÉTODOS CUALITATIVOS

Los métodos cualitativos utilizan el juicio, las encuestas o técnicas comparativas para generar estimados cuantitativos acerca del futuro. La información relacionada con los factores que afectan el pronóstico por lo general es no cuantitativa, intangible y subjetiva. La información histórica tal vez esté disponible o quizá no sea muy relevante para el pronóstico. La naturaleza científica de los métodos los hace difíciles de estandarizar y de validar su precisión. Sin embargo, estos métodos pueden ser los únicos disponibles cuando se intenta predecir el éxito de nuevos productos, cambios en la política gubernamental o el impacto de una nueva tecnología. Son métodos más bien adecuados para pronósticos de mediano a largo plazo.

4.4.2 MÉTODOS DE PROYECCIÓN HISTÓRICA

Cuando se dispone de una cantidad razonable de información histórica y las variaciones de tendencia y estacionales en las series de tiempo son estables y bien definidas, la proyección de esta información al futuro puede ser una forma efectiva de pronóstico para el corto plazo. La premisa básica es que el patrón del tiempo futuro será una réplica del pasado, al menos en gran parte. La naturaleza cuantitativa de las series de tiempo estimula el uso de modelos matemáticos y estadísticos como las principales herramientas de pronóstico. La precisión que puede lograrse para periodos de pronóstico menores a seis meses por lo general es buena. Estos modelos trabajan en forma adecuada simplemente debido a la estabilidad inherente de las series de tiempo en el corto plazo.

Los modelos de las series de tiempo de los tipos observados en los diferentes procedimientos de pronósticos son de naturaleza reactiva. Estos modelos rastrean los cambios al ser actualizados a medida que se dispone de nueva información, característica que les permite adaptarse a los cambios en los patrones de tendencia y estacionales. Sin embargo, si el cambio es rápido, los modelos no emiten una señal del cambio, sino hasta que éste ha ocurrido. Debido a esto, se dice que las proyecciones de estos modelos demoran los cambios fundamentales en la series de tiempo, y que son débiles para señalar los puntos críticos antes de que se presenten. Esta no es necesariamente una limitación notable cuando los pronósticos se realizan sobre horizontes de tiempo cortos, a menos que los cambios sean particularmente espectaculares.

4.4.3 MÉTODOS CAUSALES (EXTRÍNSECOS)

La premisa básica sobre la que se construyen los métodos causales para pronósticos es que el nivel de la variable pronosticada se deriva del nivel de otras variables relacionadas. Por ejemplo, si se sabe que el servicio al cliente tiene un efecto positivo sobre las ventas, entonces al conocer el nivel proporcionado del servicio al cliente podrá proyectarse el nivel de las ventas. Podríamos decir que el servicio “causa” las ventas. En la medida que puedan describirse adecuadas relaciones de causa y efecto, los modelos causales pueden ser bastante buenos para anticipar cambios mayores en las series de tiempo y para pronosticar de manera precisa sobre un periodo de mediano a largo.

Los modelos causales vienen en una variedad de formas: estadísticos, en el caso de los modelos de regresión y econométricos; descriptivos, como en el caso de los modelos de entrada-salida, ciclo de vida y simulación por computadora. Cada modelo deriva su validez a partir de los patrones de información histórica que establecen la asociación entre las variables para predicción y la variable que se pronosticará.

Un problema principal con esta categoría de modelos de pronósticos es que con frecuencia resulta difícil encontrar verdaderas variables causales y cuando se encuentran, su asociación con la variable que se pronosticará con frecuencia es preocupantemente baja. Las variables causales que guían la variable de pronóstico en el tiempo son incluso más difíciles de encontrar. Con demasiada frecuencia, el tiempo para adquirir la información para las variables conducentes consume todo el tiempo o la mayor parte del periodo de uno a seis meses, en el que se encuentra que tales variables dirigen al pronóstico. Los modelos basados en técnicas de regresión y económicas pueden experimentar un error de pronóstico importante debido a estos problemas.

4.5 MÉTODOS DE PRONÓSTICOS

Debido a que varios segmentos de la organización requieren información pronosticada, en especial el pronóstico de ventas, la actividad de pronosticar por lo general se centraliza en las áreas de marketing, planeación o análisis económico de la empresa. Los pronósticos para periodos mediano y largo por lo regular se le proporcionan al responsable de la logística. A menos que existe la necesidad de desarrollar pronósticos específicos de largo plazo, la labor del responsable de logística estará limitada a los pronósticos de corto plazo que ayudan en el control de inventarios, programación de envíos, planeación de la carga de almacén y similares. Con base en el grado de sofisticación, utilidad potencial y probabilidad de la disponibilidad de información, sólo un número limitado de los métodos existentes requieren ser considerados, esto se debe a que en numerosos estudios se ha demostrado que los modelos “simples” de la variedad de series de tiempo con frecuencia predicen tan bien o mejor que las versiones más sofisticadas y complejas. Los modelos de series de tiempo pueden ser superiores a los modelos causales. En general, la complejidad de los modelos de pronóstico no incrementa la precisión predictiva [33].

La noción de modelo ha sido utilizada por ingenieros y científicos para examinar procesos y sistemas físicos diferentes; El modelo se convierte en una manera de experimentar con la realidad sin tener que invertir realmente en una unidad operativa a escala completa.

Otro tipo de modelo sería el que mostrara una representación de un procedimiento o proceso precisamente desarrollado, que consista en una abstracción (simplificación) de lo complejo del procedimiento mismo por un conjunto de pasos de nivel superior que puedan utilizarse como resumen de sus detalles. Con frecuencia, dichos modelos se desarrollan en situaciones de toma de decisiones y se presentan gráficamente en flujogramas con ciertas características. Es en este sentido descriptivo que se emplea la noción de modelo de una técnica de predicción.

Un modelo de predicción está conformado por los procedimientos que usa la técnica utilizada para el desarrollo del pronóstico. Claramente se ve que puede emplearse una amplia gama de modelos, pero para el caso de los métodos cuantitativos hay dos categorías

aceptablemente bien definidas. Mediante la comprensión de las propiedades de cada uno de estos modelos, el administrador es capaz de obtener un mejor entendimiento de los supuestos que están atrás de las técnicas individuales de predicción, así como los pros y contras de su uso en situaciones específicas.

El primer tipo de modelo de predicción cuantitativo, y quizás el más común, es el modelo de series de tiempo. En un modelo de series de tiempo dos factores son importantes: la serie de datos que se va a pronosticar y el periodo de tiempo a utilizarse. Un modelo de series de tiempo supone siempre que algún patrón o combinación de patrones es recurrente a través del tiempo. De esta manera, al identificar y extrapolar dicho patrón, se pueden desarrollar pronósticos para periodos subsecuentes. Además de la importancia de la secuencia de los periodos como variable en un modelo de series de tiempo, tal modelo supone explícitamente que el patrón subyacente puede identificarse sólo con base en los datos históricos de esa serie. Esto quiere decir que el modelo no será especialmente útil para el administrador al pronosticar el impacto de ciertas decisiones que pueda tomar. Cualquier método de predicción que utilice un modelo de series de tiempo proporcionará el mismo pronóstico para el siguiente periodo, sin importar cuáles puedan ser las acciones del administrador. Así, un modelo de series de tiempo puede ser apropiado para predecir los factores ambientales, como la economía general y el nivel de empleo, o para pronosticar niveles de actividad, como los patrones de costos, en donde las decisiones individuales tienen un impacto pequeño, pero será inapropiado para pronosticar las ventas mensuales que sean consecuencia de cambios de precio y de publicidad.

Los pronósticos de series de tiempo consideran al sistema como una caja negra y no intentan descubrir los factores que afectan su comportamiento. Como se muestra en la figura 2-2, el sistema es simplemente visto como un proceso generador desconocido.

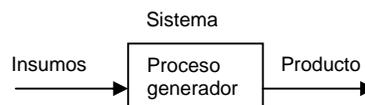


Figura 4.2 Relación de series de tiempo

El segundo tipo de método de predicción cuantitativo es explicativo. En este tipo de métodos cualquier variación de los insumos afectará los productos del sistema de manera predecible, suponiendo que la relación es constante. La primera tarea de los pronósticos es encontrar la relación a través de la observación de los productos del sistema y relacionándolos con los insumos correspondientes. Básicamente, el método explicativo supone que el valor de cierta variable es función de una o más variables. En un sentido muy estrecho, un modelo de series de tiempo podría ser catalogado como un modelo explicativo, ya que se supone que los valores reales son sólo función del periodo de tiempo, sin embargo, el término “modelo explicativo” generalmente se reserva para los modelos con variables diferentes del tiempo.

La fuerza real de un modelo explicativo como método de predicción se refiere a que un administrador puede desarrollar una gama de predicciones que correspondan a un espectro de valores para las diferentes variables de los insumos. No obstante, una desventaja de estos métodos es que requieren información de varias variables, además de la variable que está siendo pronosticada. A consecuencia de ello, sus necesidades de datos son mucho mayores que las de un modelo de series de tiempo. Adicionalmente, puesto que los modelos

explicativos generalmente relacionan varios factores, usualmente requieren de más tiempo para desarrollarse y son más sensibles a los cambios de las relaciones subyacentes de lo que sería un modelo de series de tiempo. Aún más, requieren una estimación de valores futuros de los factores de insumos antes de que se puedan pronosticar las variables de productos.

A continuación se describen los métodos de pronósticos utilizados en este estudio, no corresponden a la totalidad de los métodos disponibles, sino se adaptan los seleccionados para el análisis correspondiente, en general la selección se dio a partir de métodos sencillos que puedan tener amplia aplicación.

4.5.1 MÉTODOS DE PRONÓSTICO CUALITATIVOS O SUBJETIVOS

Las técnicas cuantitativas que usan el poder de la computadora han llegado a dominar el panorama del pronóstico. Sin embargo, existe una rica historia del pronóstico basado en los métodos subjetivos y de juicio, alguno de los cuales siguen siendo útiles aun en la actualidad. Estos métodos se usan de la manera más apropiada cuando el que pronostica se enfrenta con una escasez severa de datos históricos, y cuando no se dispone de un conocimiento cuantitativo experto. En algunas situaciones todavía puede ser preferible un método de juicio que uno cuantitativo. Pronosticar a muy largo plazo es un ejemplo de una situación de este tipo. Los modelos basados en computadora, que son el punto focal de este libro, son menos aplicables a cosas tales como el pronóstico del tipo de entretenimiento casero que estará disponible dentro de los siguientes 40 años, que los métodos que se basan en juicios expertos.

4.5.1.1 Composición de la fuerza de ventas

La fuerza de ventas puede ser una rica fuente de información acerca de las tendencias futuras y los cambios en el comportamiento del comprador. Estas personas tienen contacto cotidiano con los compradores y son el contacto más cercano que la mayoría de las compañías tiene con sus clientes. Si la información de que dispone la fuerza de ventas se organiza y se recolecta de manera objetiva, puede obtenerse una gran visión de los volúmenes futuros de ventas.

Se pide a los miembros de la fuerza de ventas que estimen las ventas para cada producto que manejan. Estas estimaciones se basan por lo general en el “sentimiento” subjetivo de cada persona para evaluar el nivel de ventas que sería razonable en el periodo sujeto a pronóstico. Con frecuencia va a requerirse un intervalo de pronósticos que incluya el más optimista, el más pesimista y el más probable. Es común que el gerente de ventas acumule estas proyecciones individuales para cierta línea de producto y área geográfica. Por último, la persona responsable de pronosticar el total de ventas de la compañía combina los pronósticos de línea del producto y área geográfica para llegar a proyecciones que se conviertan en la base de un horizonte de planeación.

Al tiempo que este proceso aprovecha la información proveniente de fuentes muy cercanas a los compradores reales, puede surgir un problema serio con el pronóstico resultante si los miembros de la fuerza de ventas subestiman las ventas para sus líneas de productos y territorios [34]. Este comportamiento es probable en especial cuando se asignan cuotas a los vendedores basándose en sus pronósticos y cuando los bonos dependen del rendimiento asociado a dichas cuotas. Este sesgo descendente puede ser muy dañino para la compañía. Las corridas de producción que se programan son más cortas de lo que deberían ser, los

inventarios de materia prima son demasiado pequeños, se subestiman los requerimientos de mano de obra y al final se genera un malestar en la clientela debido a la escasez del producto. El gerente de ventas que tiene la más alta responsabilidad en cuanto a los pronósticos puede compensar este sesgo descendente, pero sólo haciendo juicios que a su vez podrían incorporar otros sesgos en el pronóstico. Robin Peterson ha desarrollado una manera de mejorar los pronósticos de la composición de la fuerza de ventas mediante el uso de un conjunto prescrito de rutinas aprendidas como una guía para los vendedores cuando desarrollan sus pronósticos [35].

Estos conjuntos de rutinas aprendidas se conocen como guiones, que pueden servir como un modelo para desarrollar un pronóstico subjetivo en esencial. Se presenta un guión hipotético adaptado del trabajo de Peterson:

- Revise los datos sobre el producto doméstico bruto.
- Revise los pronósticos sobre el producto doméstico bruto.
- Revise los datos de las ventas en la industria del año anterior.
- Revise los datos de ventas de la compañía del año anterior.
- Revise los pronósticos de ventas de la compañía de los años anteriores.
- Verifique las cuentas clave en relación con sus planes de compra.
- Revise los datos de ventas del último año en el territorio del vendedor.
- Revise la situación del empleo en el territorio del vendedor.
- Haga una proyección simple de la tendencia de ventas en el territorio del vendedor.
- Examine las acciones de la competencia en el territorio del vendedor.
- Recopile datos internos acerca de los planes de promoción de la compañía.
- Recopile datos internos acerca de los planes de introducción del producto de la compañía.
- Recopile datos internos acerca de los planes de concesión de crédito de la compañía.
- Verifique si hay cambios planeados en la estructura de precios de la compañía.
- Evalúe las prácticas de precios de los competidores.
- Rastree las promociones de ventas de la compañía.
- Rastree las promociones de ventas de los competidores.

Un guión como el anterior se puede desarrollar haciendo entrevistas a vendedores de éxito en relación con los procedimientos que han empleado para preparar sus pronósticos.

4.5.1.2 Encuestas de clientes y de la población general.

En algunas situaciones puede ser práctico hacer encuestas a los clientes en cuanto a información avanzada acerca de sus intenciones de compra. Esta práctica supone que los compradores planean sus compras y siguen sus planes. Es probable que esta hipótesis sea más realista para las ventas industriales que para las ventas a hogares y personas. También es más realista para los artículos de costo elevado tales como los automóviles o las computadoras personales que para los bienes de consumo tales como la pasta de dientes o las pelotas de tenis.

Para ayudar a pronosticar ciertos comportamientos de compra los pronosticadores algunas veces usan los datos de las encuestas relacionados con la percepción que tiene la gente de la economía. Una de las mediciones más comunes de cómo percibe la gente a la

economía proviene de una encuesta mensual realizada por el Survey Research Center (SRC) de la Universidad de Michigan [36]. El SRC produce un Índice de confianza del consumidor (ICS, por sus siglas en inglés) basado en una encuesta que se aplicó a 500 personas, 40 por ciento de ellas participaron en la encuesta que se realizó seis meses antes y el 60 por ciento restante son nuevos encuestados elegidos de manera aleatoria. Este índice tiene su periodo base en 1966, cuando el índice era 100. Los valores altos del ICS indican una percepción más positiva de la economía que los valores bajos. Así, si el ICS sube, puede esperarse que las personas hagan cierto tipo de compras.

4.5.1.3 El jurado de opinión ejecutiva.

Los juicios de los expertos en cualquier área son un recurso valioso. Basados en años de experiencia, estos juicios pueden ser útiles en el proceso de pronóstico. Mediante el método conocido como jurado de opinión ejecutiva se desarrolla un pronóstico al combinar las opiniones subjetivas de los gerentes y los ejecutivos que quizá tengan la mejor visión de los negocios de la compañía. Para suministrar una buena cantidad de opiniones, es útil seleccionar a estas personas de diferentes áreas funcionales. Por ejemplo, puede incluirse personal de finanzas, de mercadeo y de producción.

La persona responsable de hacer el pronóstico puede coleccionar opiniones en entrevistas individuales o en una reunión en la que los participantes tengan oportunidad de discutir diferentes puntos de vista. Esta última opción tiene algunas ventajas obvias, tales como la estimulación de visiones más profundas, pero también tiene algunas desventajas importantes. Por ejemplo, si una o más personalidades fuertes dominan el grupo, sus opiniones se hacen desproporcionadamente importantes en el consenso final que se alcance.

4.5.1.4 El método Delphi.

El método Delphi es similar al jurado de opinión ejecutiva en que aprovecha el conocimiento y la visión de las personas que conocen muy bien el área que va a pronosticarse. Sin embargo, tiene la ventaja adicional de que entre los participantes se mantiene el anonimato. Los expertos, tal vez de cinco a siete en número, nunca se reúnen para discutir sus puntos de vista; ninguno de ellos sabe ni siquiera quién más está en el panel.

El método Delphi puede resumirse en los siguientes seis pasos:

1. Se selecciona a los miembros que participan en el panel.
2. Se distribuyen a los miembros del panel cuestionarios que piden opiniones acerca de las variables que van a pronosticarse.
3. Se recolectan, se tabulan y se resumen los resultados de los miembros del panel.
4. Se distribuyen entre los miembros del panel los resultados del resumen para su revisión y consideración.
5. Los miembros del panel revisan sus estimaciones individuales, considerando la información recibida de los otros miembros del panel a quienes no conocen.
6. Se repiten los pasos 3 a 5 hasta que ya no haya cambios significativos.

Con este proceso se da un movimiento general hacia el centralismo, pero no se ejerce ninguna presión sobre los miembros del panel para alterar sus proyecciones originales. Los miembros que tienen una buena razón para creer que su respuesta original es correcta, sin

importar qué tanto difiera de las otras, pueden conservarla con libertad. Así, al final puede no haber consenso.

El método Delphi puede ser superior al jurado de opinión ejecutiva, ya que las personalidades fuertes o la presión de los demás no influyen en el resultado. El proceso de mandar cuestionarios, recuperarlos, tabularlos y resumirlos puede acelerarse mediante el uso de capacidades avanzadas de cómputo, que incluye redes y correo electrónico [37].

4.5.1.5 Ventajas y desventajas de los métodos subjetivos.

Algunas veces los métodos subjetivos de pronóstico se consideran deseables porque no requieren ninguna preparación matemática específica de las personas que participan. Desde una perspectiva histórica, otra ventaja de los métodos subjetivos ha sido su amplia aceptación por los usuarios. Sin embargo, la experiencia sugiere que los usuarios se preocupan cada vez más por la manera en que se desarrolló el pronóstico, y con la mayoría de los métodos subjetivos es difícil ser específico en este aspecto. Los métodos subyacentes son subjetivos por definición. Sin embargo, esta subjetividad es la ventaja más importante de esta clase de métodos. Es frecuente que trabajen fuerzas que no pueden capturarse con métodos cuantitativos. Sin embargo, pueden ser percibidas por los profesionales de negocios experimentados y pueden hacer una contribución importante a los pronósticos mejorados. Wilson y Allison-Koeber muestran esto de manera contundente en el contexto del pronóstico de ventas de una pieza grande e equipo de servicio de alimentos producido por la compañía Denfield [38]. Los métodos cuantitativos redujeron los errores hasta aproximadamente 60 por ciento respecto de aquellos que resultaron del método subjetivo que se había usado. Cuando el método subjetivo menos exacto se combinó con los métodos cuantitativos, los errores se redujeron aun más, hasta casi 40 por ciento del nivel que se alcanzó cuando el método subjetivo se usó solo. Es evidente a partir de este resultado, y de otros, que con frecuencia hay un contenido importante de información en los métodos subjetivos.

Las desventajas de los métodos subjetivos son resumidas por Charles W. Chase Jr., en un estudio con Johnson & Johnson Consumer Products, Inc. Él afirma que “las desventajas de los métodos cualitativos son: 1) casi siempre están sesgados; 2) no tienen consistencia exacta con el tiempo; 3) toma años de experiencia que alguien aprenda cómo convertir el juicio intuitivo en buenos pronósticos” [39].

4.5.2 MÉTODO DE ANÁLISIS GRÁFICO

Casi siempre es bueno comenzar los proyectos de pronóstico con un análisis gráfico. Comparado con el moderno conjunto de métodos estadísticos de modelado, el análisis gráfico podría parecer tan sencillo y directo que es incapaz de proporcionar perspectivas serias en las series que se pronostican. No es así: en muchos aspectos el ojo humano es una herramienta mucho más poderosa para analizar y modelar datos que la más complicada de las herramientas modernas de modelado. Pero, de ninguna manera quiere decir que se sacará el trabajo solo con el análisis gráfico, sin embargo, son la mejor opción para comenzar.

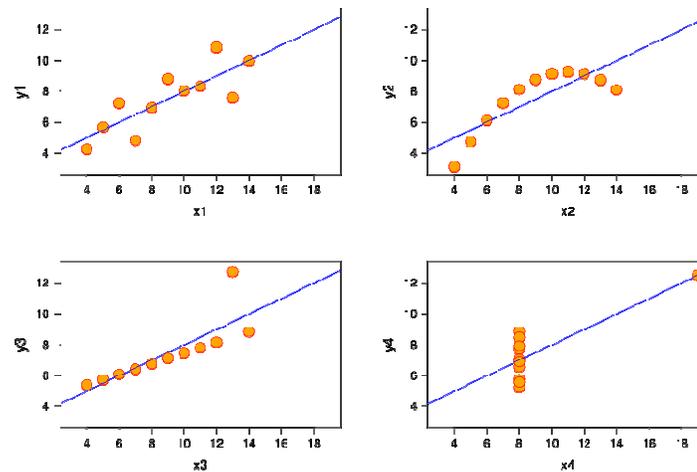


Fig 4.3 Cuarteto de Anscombe

Los cuatro conjuntos de datos que muestra la figura 2-3, llamados cuarteto de Anscombe [40], permiten apreciar nítidamente el poder de las gráficas estadísticas. Es interesante que aunque los cuatro conjuntos de datos contienen valores numéricos distintos, el resultado de la regresión lineal simple es idéntico para todos.

En general, la utilidad de las graficas es:

- Las gráficas ayudan a resumir y revelar pautas en los datos, por ejemplo los casos de la forma lineal o no lineal en el primero y segundo conjunto de datos de Anscombe. Esto es clave en cualquier proyecto de pronósticos.
- Las gráficas ayudan a identificar anomalías en los datos, como en el tercer conjunto de Anscombe. Esto también es clave en los pronósticos, porque se elaboran a partir de modelos ajustados a los datos históricos, y se aplica muy bien el dicho “tras in tras out” (basura entra basura sale).
- Es menos obvio, pero definitivamente más importante, el hecho de que las gráficas facilitan y promueven las comparaciones. Ésta es la razón, por ejemplo, de que se ilustren en una sola figura los cuatro conjuntos de datos de Anscombe, al hacerlo se facilita una comparación fácil e instantánea de las relaciones entre los conjuntos. A esta técnica se le llama de comparaciones múltiples.
- Existe un aspecto más del poder de las gráficas estadísticas. Entra en juego en el análisis de grandes conjuntos de datos. Las gráficas nos permiten presentar e interpretar cantidades inmensas de datos en un espacio pequeño.

4.5.3 MÉTODO DE DESCOMPOSICIÓN DE SERIES DE TIEMPO

Una categoría de modelos de pronóstico que ha resultado útil durante años es la descomposición de series de tiempo. Estos métodos incluyen el análisis espectral, el análisis clásico de series de tiempo, y el análisis de series de Fourier. Aquí se cubre el análisis de la descomposición de series de tiempo, principalmente debido a su simplicidad matemática y a su popularidad.

El pronóstico clásico por descomposición de series de tiempo está construido sobre la filosofía de que un patrón de ventas históricas puede descomponerse en cuatro categorías o componentes: tendencia, estacionalidad, ciclo y aleatoriedad. Es bastante adecuado para identificar puntos críticos y es una excelente herramienta de pronóstico para el periodo de tiempo mediano-largo, es decir, de tres a doce meses [41].

La tendencia representa el movimiento a largo plazo de las ventas ocasionado por factores como cambios en la población, cambios en el desempeño de marketing de la empresa y cambios fundamentales en la aceptación del mercado de los productos y servicios de la empresa. La variación estacional se refiere a las cimas y valles regulares en la serie de tiempo que por lo general se repiten cada 12 meses. Las fuerzas que causan esta variación regular incluyen cambios climáticos, patrones de compra controlados por fechas del calendario y por la disponibilidad de los bienes. La variación cíclica son las ondulaciones de largo plazo (más de un año) en el patrón de demanda. La variación residual o aleatoria es la parte de ventas totales que no es explicada por componentes de tendencia, estacionalidad o cíclicos. Si la serie de tiempo está bien descrita por los otros tres componentes la variación residual deberá ser aleatoria.

El análisis clásico de series de tiempo combina cada tipo de la variación de ventas de la siguiente forma:

$$F = TxSxCxR \quad (4-2)$$

Donde:

F = pronóstico de demanda (en unidades o en términos monetarios).

T = nivel de tendencia (en unidades o en términos monetarios).

S = índice de estacionalidad.

C = índice cíclico.

R = índice residual.

En la práctica, el modelo con frecuencia se reduce sólo a los componentes de tendencia y de estacionalidad. Esto se hace porque un modelo bien especificado posee un valor del índice residual (R) de 1.0 y esto no afecta al pronóstico, y porque resulta difícil en muchos casos descomponer la variación cíclica a partir de la variación aleatoria. Tratar el índice cíclico (C) como igual a 1.0 no es tan grave como inicialmente podría parecer, porque el modelo se actualiza por lo regular cuando se dispone de nueva información. El efecto de la variación cíclica tiende a compensarse en el proceso de actualización.

El valor de tendencia (T) en el modelo puede determinarse por varios métodos, como ajustar una línea “por simple vista”, empleando alguna forma de promedio móvil, o utilizando el método de los mínimos cuadrados.

El método popular de los cuadrados mínimos es una técnica matemática que minimiza la suma de las diferencias cuadráticas entre la información real y la línea de tendencia propuesta. Se puede obtener una línea de mínimos cuadrados para toda forma de línea de tendencia, ya sea lineal o no lineal. La expresión matemática para una línea de tendencia lineal es:

$$T = a + bt \quad (4-3)$$

Donde:

t = es el tiempo (o periodo).

T = es el nivel de demanda promedio o tendencia.

a y b = coeficientes que se determinarán para la serie de tiempo en particular.

$$b = \frac{\sum D_t(t) - N(\bar{D})(\bar{t})}{\sum t^2 - N\bar{t}^2} \quad (4-4)$$

$$a = \bar{D} - b\bar{t} \quad (4-5)$$

Donde:

N = el número de observaciones utilizadas en el desarrollo de la línea de tendencias.

D_t = la demanda real en el tiempo t .

\bar{D} = demanda promedio para N periodos.

\bar{t} = promedio de t durante N periodos.

El componente de estacionalidad del modelo está representado por un valor de índice que cambia para cada periodo que se pronostica. Este índice es una razón de la demanda real en un tiempo dado para la demanda promedio. La demanda promedio puede representarse por un solo promedio de la demanda real sobre un periodo especificado, por lo general de un año; un promedio móvil, o la línea de tendencia. Puesto que la línea de tendencia se analizó anteriormente, se utilizará como la base del índice de estacionalidad. Por ello:

$$S_t = D_t/T_t \quad (4-6)$$

Donde:

S_t = índice de estacionalidad en el periodo t .

T_t = valor de tendencia determinado a partir de $T = a + bt$

Por último, el pronóstico se realiza para el tiempo (periodo) t en el futuro de la siguiente manera:

$$F_t = (T_t)(S_{t-L}) \quad (4-7)$$

Donde:

F_t = la demanda pronosticada en el tiempo (periodo) t .

L = número de periodos en el ciclo estacional, es decir S_{t-L} es el índice de estacionalidad de la misma estación próxima pasada.

De esta forma, el número de periodos en el ciclo debe ser analizado de forma particular para la aplicación de cada estudio.

Dado que el modelo implica el producto de estos cuatro elementos, podemos descomponer y encontrar cada uno de estos como factores de la variable.

4.5.4 MÉTODO DE SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL SIMPLE

Esta es una técnica muy útil para el pronóstico a corto plazo, ya que requiere una cantidad mínima de información, se ha observado que es la más precisa entre los modelos competidores de su clase, y es autoadaptable a los cambios fundamentales en la información pronosticada. Es un tipo de promedio móvil, donde las observaciones pasadas no reciben la misma ponderación. En vez de ello, las observaciones que son más recientes reciben mayor ponderación que las anteriores.

Tal esquema de ponderación geométrica puede reducirse a una simple expresión que incluye sólo al pronóstico del periodo más reciente y a la demanda real para el periodo actual. De esta forma, el pronóstico de demanda para el siguiente periodo estará dado por:

$$\text{Pronóstico nuevo} = \alpha(\text{demanda real}) + (1-\alpha)(\text{pronóstico previo}) \quad (4-8)$$

donde α es un factor de ponderación, comúnmente denominado como la constante de ajuste exponencial, con valores entre 0 y 1. Obsérvese que el efecto de toda la historia está incluido en el pronóstico anterior, de manera que sólo se requiere conservar un número en todo momento para representar la historia de la demanda.

De este modo, la ecuación 2-7 puede ser escrita de la siguiente forma:

$$F_{t+1} = \alpha A_t + (1-\alpha)F_t \quad (4-9)$$

Donde:

F_t = la demanda pronosticada en el tiempo (periodo) t.

t = periodo de tiempo presente.

A_t = demanda para el periodo t

F_{t+1} = pronóstico para el periodo siguiente a t.

La elección del valor adecuado para la constante de ajuste exponencial requiere un grado de discernimiento. Cuanto más alto sea el valor de α , mayor será la ponderación que se otorgue sobre niveles más recientes de la demanda. Esto permite que el modelo responda más rápido a los cambios en la serie de tiempo. Sin embargo, un valor de α demasiado alto puede volver “nervioso” al pronóstico y rastrear variaciones aleatorias en la serie de tiempo en vez de los cambios fundamentales. Cuanto más pequeño sea el valor de α , mayor será el peso otorgado a la historia de la demanda para el pronóstico de la demanda futura y mayor será el retraso de tiempo para responder a los cambios fundamentales en el nivel de demanda. Valores bajos de α proporcionan pronósticos muy “estables” que no son sujetos a fuertes influencias debido a la aleatoriedad en la serie de tiempo.

Los valores acordados para α típicamente van de 0.01 a 0.3, aunque es posible utilizar valores más altos para periodos cortos cuando se presenten cambios anticipados, como una recesión, una campaña promocional agresiva pero temporal, la suspensión de algunos productos en la línea, o el inicio del procedimiento de pronóstico cuando no se dispone de ventas históricas o éstas son muy pocas. Una buena regla cuando se busca un valor para α es seleccionar uno que permita al modelo de pronóstico identificar los cambios principales que ocurren en las series de tiempo y promediar las fluctuaciones aleatorias. Esta será una α para minimizar el error de pronósticos.

4.5.4.1 Inicialización para el enfoque de ajuste exponencial.

A partir de la ecuación 2-8, podemos verificar que:

$$F_2 = \alpha A_1 + (1 - \alpha)F_1 \quad (4-10)$$

Por lo tanto:

$$F_1 = \alpha A_0 + (1 - \alpha)F_0 \quad (4-11)$$

Ya que X_0 no existe, F_0 no se puede calcular, lo cual da origen al problema de un valor inicial para F , es decir, F_1 . Dicho valor es necesario porque F_1 se requiere para calcular F_2 en la ecuación 2-9. Sin embargo, en la formulación dada F_1 no se puede calcular. En consecuencia, se necesitan algunos enfoques alternativos para estimar el valor inicial de F_1 en la ecuación 2-9. De manera semejante, se necesitan valores iniciales para cualquier tipo de suavizamiento exponencial. La cantidad y tipo de valores depende del enfoque de suavizamiento exponencial particular que se esté utilizando.

Los valores de inicialización se pueden calcular empleando uno de los siguientes enfoques:

- Estimaciones minimocuadráticas. O ajuste de mínimos cuadrados, se pueden estimar los valores iniciales utilizando mínimos cuadrados. Este es el enfoque de inicialización más frecuentemente empleado.
- Retropredicción. Implica invertir la serie de datos y empezar el proceso de estimación a partir del valor último y terminar con el primer valor. Esto ofrecerá pronósticos o estimaciones paramétricas para empezar los datos, y estos últimos se pueden utilizar como los valores iniciales cuando los datos se predicen en la secuencia normal, o sea, desde el más antiguo al más reciente.
- Cuando sólo existen datos limitados. En algunas ocasiones existen muy pocos datos como para estimar valores iniciales. También los usuarios pueden no considerar importante empezar con valores iniciales precisos. En tales casos, los modelos que no requieren valores iniciales pueden resultar interesantes, de este modo, el suavizamiento puede aplicarse al utilizar:

$$F_1 = X_1 \quad (4-12)$$

4.5.5 MÉTODO DE SUVIZAMIENTO EXPONENCIAL AJUSTADO PARA VARIACIONES DE TENENCIA Y ESTACIONALES (HOLT-WINTERS)

El método de Winters de tres parámetros de suavizamiento exponencial lineal y estacional, que es una extensión del método de Holt, podría describir mejor los datos y reducir el error de pronóstico. En este caso se utilizan las siguientes ecuaciones, para determinar el componente estacional:

El nivel de la serie estimado por suavizamiento exponencial:

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (4-13)$$

El estimado de la tendencia:

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \quad (4-14)$$

El estimado de la estacionalidad:

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1-\gamma)S_{t-s} \quad (4-15)$$

El pronóstico del periodo en el futuro:

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t)S_{t-s+p} \quad (4-16)$$

Donde:

L_t	nuevo valor suavizado o nivel actual estimado.
α	constante de suavizamiento para el nivel.
Y_t	nueva observación o valor real en el periodo t.
β	constante de suavizamiento para el estimado de tendencia.
T_t	Estimado de la tendencia.
γ	constate de suavizamiento para el estimado de estacionalidad.
S_t	estimado de estacionalidad.
p	número del periodo futuro a pronosticar.
s	longitud de la estacionalidad.

Para comenzar el algoritmo de estas ecuaciones, deben fijarse valores iniciales de la serie suavizada L_t , la tendencia T_t y los índices de estacionalidad S_t ; un enfoque consiste en fijar el primer estimado de la serie suavizada igual a la primera observación, a continuación, se estima la tendencia para que sea igual a cero y los índices estacionales se fijan en 1.0 cada uno.

El suavizamiento exponencial es una técnica popular para los pronósticos de corto plazo. Sus mayores ventajas son bajo costo y simplicidad. Cuando se necesitan pronósticos para sistemas de inventario que contienen miles de artículos, los métodos de suavización suelen ser el único enfoque aceptable.

Los promedios móviles simples y el suavizamiento exponencial basan los pronósticos en promedios ponderados de mediciones pasadas. La lógica es que los valores pasados contienen información sobre lo que ha de ocurrir en el futuro. Dado que los valores pasados incluyen fluctuaciones aleatorias, así como información acerca del patrón subyacente de la variable, se hace un intento por suavizar los valores. Este enfoque supone que las fluctuaciones extremas representan lo aleatorio en una serie de observaciones históricas.

Por otro lado, los promedios móviles son medias aritméticas de un cierto número, k , de valores de una variable. El promedio más reciente es el pronóstico para el siguiente periodo. Este enfoque asigna un peso igual a cada valor pasado que entra al promedio. Sin

embargo, se puede dar un argumento convincente a favor de utilizar todos los datos, aunque enfatizando los valores más recientes. Los métodos de suavizamiento exponencial son atractivos, ya que generan pronósticos al asignar pesos que disminuyen de forma exponencial conforme las observaciones se vuelven más antiguas.

4.5.6 MODELOS AUTOCORRELACIONADOS

Muchas aplicaciones comerciales y económicas de los pronósticos involucran datos de series de tiempo. Los modelos de regresión pueden ajustarse para datos mensuales, trimestrales o anuales. Sin embargo, debido a que los datos recopilados a través del tiempo suelen mostrar tendencias, patrones estacionales y demás, las observaciones en distintos periodos están relacionadas o autocorrelacionadas. Es decir, para los datos de las series de tiempo, la muestra de observaciones no puede considerarse como aleatoria, pueden surgir problemas de interpretación cuando los métodos de regresión estándar se aplican a las observaciones que se relacionan entre si con el tiempo. Los modelos de regresión ajustados a los datos de las series de tiempo deben realizarse con sumo cuidado.

Con datos de series de tiempo, el supuesto de independencia en raras ocasiones se cumple, consideremos por ejemplo el precio base anual de un automóvil reciente. Los precios del año actual se relacionan (correlacionan) con el precio del año anterior y quizá con el de hace dos años, y así sucesivamente. Es decir, los precios de los distintos años están autocorrelacionados; no son independientes.

De este modo, podemos definir que la autocorrelación existe cuando observaciones sucesivas a través del tiempo están relacionadas unas con otras [42].

Desde una perspectiva de pronóstico, la autocorrelación no es del todo mala. Los valores de una respuesta Y en un periodo se relacionan con los valores Y en periodos anteriores, entonces la Y previas pueden emplearse para predecir las Y futuras. En un marco de regresión la autocorrelación se administra al “arreglar” el modelo de regresión estándar. Para acomodar la autocorrelación a veces es necesario cambiar la mezcla de las variables explicativas o la forma de la función de regresión. Sin embargo, de forma más típica, la autocorrelación se maneja al cambiar la naturaleza del término del error.

Un tipo común de autocorrelación que con frecuencia se llama correlación serial de primer orden, es aquel donde el término del error en el periodo actual se relaciona de manera directa con el término del error en el periodo previo. En este caso, con el subíndice t que representa al tiempo el modelo de regresión lineal simple adopta la forma:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \varepsilon_t \quad (4-17)$$

Donde:

$$\varepsilon_t = \rho \varepsilon_{t-1} + \nu_t \quad (4-18)$$

En esta ecuación, se dice que el nivel de un término de error (ε_{t-1}) afecta directamente el nivel del siguiente término de error (ε_t). La magnitud del coeficiente de autocorrelación ρ , donde $-1 \leq \rho < 1$ indica la fuerza de la correlación serial. Si ρ es cero, entonces no existe correlación serial, y los términos del error son independientes ($\varepsilon_t = v_t$).

Una fuerte autocorrelación puede hacer que dos variables que no están relacionadas aparezcan como si lo estuvieran. Los procedimientos de regresión estándar aplicados a las observaciones de estas variables pueden producir una regresión significativa. En este caso, la relación estimada es falsa y, de manera ordinaria, un examen de los residuales revelará el problema. Sin embargo, con una aplicación poco crítica de los procedimientos estándares, es posible que la regresión falsa no sea detectada y se tenga una mala interpretación de los resultados.

De este modo, la autocorrelación implica que los valores en la variable dependiente en un periodo están relacionados linealmente con los valores de la variable dependiente en otro periodo. Así, una manera de resolver el problema de la correlación serial es modelar directamente mediante la asociación, en donde los distintos periodos de retraso en la variable dependiente se toman como variables independientes o explicativas en un modelo de regresión. Los modelos de regresión formulados de esta forma se conocen como modelos autorregresivos [del mismo]. El modelo autoregresivo de primer orden se escribe:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4-19)$$

Donde se considera que los errores ε_t tienen propiedades habituales del modelo de regresión. Después de que este modelo ha sido ajustado a los datos por mínimos cuadrados, la ecuación para el pronóstico se vuelve:

$$\hat{Y}_t = b_0 + b_1 Y_{t-1} \quad (4-20)$$

Así, definimos que un modelo autorregresivos expresa un pronóstico como una función de los valores previos de una serie de tiempo. [42].

Los valores para generar los modelos, serán entonces generados a partir de las ecuaciones de la regresión lineal en forma automatizada, por medio de softwares. No existe mayor complicación en la generación de estas tablas de valores que pueden ser generadas de manera sencilla en Excel.

4.5.6.1 Metodología Box-Jenkins (ARIMA).

La metodología Box-Jenkins para generar pronósticos es distinta de la mayoría de los métodos debido a que no supone un patrón particular en los datos históricos de las series que han de pronosticarse. Usa un método iterativo para identificar un modelo posible de una clase general de modelos. Enseguida, el modelo seleccionado se contrasta con los datos históricos para ver si describe con precisión la serie. El modelo se ajusta correctamente si los residuales son pequeños, están distribuidos aleatoriamente y no contienen información útil. Si el modelo especificado no es satisfactorio, el proceso se repite mediante un nuevo modelo diseñado para mejorar el original. Se sigue aplicando este procedimiento iterativo hasta que se encuentra un procedimiento satisfactorio. Hasta este punto se puede usar el modelo para el pronóstico.

La selección inicial de un modelo ARIMA se basa en el examen de una gráfica de la serie de tiempo, (para observar su carácter general) y un examen de su autocorrelación para diversos retrasos. De manera particular, el patrón de la autocorrelación de la muestra calculada a partir de la serie de tiempo coincide con el patrón de la autocorrelación ya conocido que se asocia a un modelo ARIMA específico. Este acoplamiento se realiza para las autocorrelaciones y las autocorrelaciones parciales.

La metodología Box-Jenkins se refiere a una serie de procedimientos para identificar, ajustar y verificar los modelos ARIMA con los datos de la serie de tiempo. Los pronósticos proceden directamente de la forma del modelo ajustado.

Al seleccionar un modelo, debemos recordar que las autocorrelaciones calculadas a partir de los datos no serán exactamente iguales a las autocorrelaciones teóricas asociadas con un modelo ARIMA. Las autocorrelaciones calculadas con base en los datos están sujetas a la variación de la muestra. No obstante, debemos ser capaces de igualar apropiadamente la mayoría de las series de datos con un modelo ARIMA, si la selección inicial no es la adecuada, se presentaran insuficiencias, en el análisis de los residuales (diagnostico del modelo) y el modelo original puede verse modificado. Conforme se vaya adquiriendo experiencia, la tarea de construir un modelo iterativo será cada vez más fácil.

Para el desarrollo de los modelos ARIMA, definiremos primero los modelos autorregresivos de orden p de la forma:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (4-21)$$

Estos se identificarán como AR(p), y de acuerdo al orden se utilizarán tantos elementos posteriores en la línea de tiempo.

A continuación definiremos los modelos de promedio móvil de orden q como:

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q} \quad (4-22)$$

Estos se identificarán como MA(q), y de acuerdo al orden se utilizarán tantos elementos de error posteriores en la línea de tiempo.

Conjuntando estos dos modelos podemos definir los modelos de promedios móviles autorregresivos de orden (p,q), ARMA(p,q):

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q} \quad (4-23)$$

Y debemos tomar en cuenta que en algunas ocasiones es importante, no solo identificar el elemento dependiente Y, sino la variación entre el valor a predecir y el último valor, es decir, se define:

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} \quad (4-24)$$

Para el cual, el modelo ARMA(1,1) se definiría como:

$$\Delta Y_t = \phi_1 \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} \quad (4-25)$$

De este modo, se definen los modelos de promedios móviles integrados autorregresivos ARIMA(p,d,q), donde p indica el orden de la parte regresiva, d indica el orden de la diferencia y q el orden de la parte móvil.

Antes de utilizar el modelo para generar pronósticos se debe asegurar que el modelo es adecuado, un modelo adecuado es aquel cuyos residuales no pueden utilizarse para mejorar los pronósticos. Una prueba chi cuadrada, que se basa en la estadística, proporciona una revisión global de la pertinencia del modelo. Esta prueba considera las dimensiones de las autocorrelaciones residuales como un grupo. Si el valor p asociado con el análisis es pequeño, menor de 0.05 se considera que el modelo es inadecuado y se debe considerar otro modelo.

4.5.7 MODELO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE

En la regresión lineal simple se investiga la relación entre las variables independiente y dependiente, En ocasiones, la relación entre dos variables permite predecir con precisión la variable dependiente mediante el conocimiento de la independiente. Y en ocasiones se tiene más de una variable independiente. Los modelos de regresión con más de una variable independiente se llaman modelos de regresión múltiple. La mayoría de los conceptos presentados en la regresión lineal simple se mantienen en la regresión múltiple.

En la regresión simple, la variable dependiente se puede representar con Y y la variable independiente con X. En el análisis de regresión múltiple, se utilizan las X_i para representar las variables independientes. La variable dependiente todavía se representa con Y, las variables independientes se indican con X_1, X_2, \dots, X_k . Una vez que se ha determinado la serie inicial de variables independientes, la relación entre Y y dichas X se puede expresar como un modelo de regresión múltiple.

En este modelo, se toma el valor esperado como una función lineal de las variables explicativas:

$$\mu_y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad (4-26)$$

Esta expresión es la función de regresión múltiple de la población. Cómo fue el caso con la regresión lineal simple, no se puede observar directamente la función de regresión de la población porque los valores observados de Y varían en sus valores promedio. Cada combinación de valores para todas las X definen la media para una subpoblación de respuestas Y. Se supone que en cada una de estas subpoblaciones las Y se distribuyen normalmente sobre sus medias, con la misma desviación estándar σ .

Los datos para esta regresión lineal simple consisten en observaciones (X_i, Y_i) sobre las dos variables. En la regresión múltiple, los datos para cada caso consisten en una observación en la respuesta y una observación en cada variable independiente. La observación i-esima en la variable explicativa j-esima se indica con X_{ij} . Con esta anotación, los datos para la regresión múltiple toman la forma mostrada en la siguiente tabla:

Observación	VARIABLES EXPLICATIVAS				RESPUESTA
	X1	X2	...	Xk	Y
1	X11	X12	...	X1k	Y1
2	X21	X22	...	X2k	Y2
.
.
.
i	Xi1	Xi2	...	Xik	Yi
.
.
n	Xn1	Xn2	...	Xnk	Yk

Tabla 4.1 Esquema de variables para regresión múltiple.

Es conveniente referirse a los datos para el caso i -ésimo simplemente como la observación i -ésima. De esta manera definiremos n como el número de observaciones y k como el número de variables explicativas.

La respuesta Y es una variable aleatoria que se relaciona con las variables independientes (explicativas) X_1, X_2, \dots, X_k mediante:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (4-27)$$

donde:

1. Para la observación i -ésima, $Y = Y_i$ y X_1, X_2, \dots, X_k están dispuestas en valores $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik}$.
2. Los ε son componentes del error que representan las desviaciones de la respuesta respecto a la relación verdadera. Son variables aleatorias no observables que explican los efectos de otros factores en la respuesta. Se supone que los errores son independientes y que cada uno se distribuye normalmente con la media cero y una desviación estándar σ .
3. Se desconocen los coeficientes de regresión $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$, que juntos definen la función de regresión.

Dados los datos, los coeficientes de regresión se pueden estimar por el método de mínimos cuadrados. Los estimadores de mínimos cuadrados se indican con b_0, b_1, \dots, b_k , y la función de regresión estimada con:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_k X_k \quad (4-28)$$

Los residuales $e = Y - \hat{Y}$ son estimados del componente del error y son similares a los correspondientes errores en la regresión lineal simple; la correspondencia entre la población y la muestra es:

$$\text{Población:} \quad Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (4-29)$$

$$\text{Muestra:} \quad Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k + e \quad (4-30)$$

Reflexionemos sobre la interpretación b_0 , b_1 y b_2 de la función de regresión, el valor b_0 es de nuevo la intercepción con el eje Y. Sin embargo, ahora se interpreta como el valor de \hat{Y} cuando X_1 y X_2 son iguales a cero. Los coeficientes b_1 y b_2 son llamados coeficientes de regresión parcial o neta. Cada uno mide el cambio de promedio en Y que se debe al cambio de una unidad en las variables independientes pertinentes. De cualquier modo, como la influencia simultánea de todas las variables independientes en Y es medida por la función de regresión el efecto parcial o neto de X_1 (o de cualquier otra X) no debe tener ninguna influencia de otras variables. Por lo tanto, se dice que b_1 mide el cambio de promedio en Y por cambio en unidad en X_1 cuando se mantienen constantes las otras variables independientes.

4.5.8 MINERÍA DE DATOS

La minería de datos (DM, Data Mining) consiste en la extracción no trivial de información que reside de manera implícita en los datos, es decir, el proceso de estudiar datos para encontrar información y relaciones previamente desconocidas; esta información es entonces aplicada para lograr objetivos específicos del negocio [24]. En otras palabras, podemos decir que dicha información era previamente desconocida y podrá resultar útil para algún proceso. En otras palabras, la minería de datos prepara, sondea y explora los datos para sacar la información oculta en ellos. Bajo el nombre de minería de datos se engloba todo un conjunto de técnicas encaminadas a la extracción de conocimiento procesable, implícito en las bases de datos. Está fuertemente ligado con la supervisión de procesos industriales ya que resulta muy útil para aprovechar los datos almacenados en las bases de datos. Las bases de la minería de datos se encuentran en la inteligencia artificial y en el análisis estadístico. Mediante los modelos extraídos utilizando técnicas de minería de datos se aborda la solución a problemas de predicción, clasificación y segmentación.

Un proceso típico de minería de datos consta de los siguientes pasos generales:

1. Selección del conjunto de datos, tanto en lo que se refiere a las variables dependientes, como a las variables objetivo.
2. Análisis de las propiedades de los datos, en especial los histogramas, diagramas de dispersión, presencia de valores atípicos y ausencia de datos (valores nulos).
3. Transformación del conjunto de datos de entrada, se realizará de diversas formas en función del análisis previo, con el objetivo de prepararlo para aplicar la técnica de minería de datos que mejor se adapte a los datos y al problema.
4. Seleccionar y aplicar la técnica de minería de datos, se construye el modelo predictivo, de clasificación o segmentación.
5. Evaluar los resultados contrastándolos con un conjunto de datos previamente reservado para validar la generalidad del modelo.

Si el modelo final no superara esta evaluación el proceso se podría repetir desde el principio o, si el experto lo considera oportuno, a partir de cualquiera de los pasos anteriores. Esta retroalimentación se podrá repetir cuantas veces se considere necesario hasta obtener un modelo válido. Una vez validado el modelo, si resulta ser aceptable (proporciona salidas adecuadas y/o con márgenes de error admisibles) éste ya está listo para su explotación. Los

modelos obtenidos por técnicas de minería de datos se aplican incorporándolos en los sistemas de análisis de información de las organizaciones, e incluso, en los sistemas transaccionales. En este sentido cabe destacar los esfuerzos del Data Mining Group [43], que está estandarizando el lenguaje PMML (Predictive Model Markup Language), de manera que los modelos de minería de datos sean interoperables en distintas plataformas, con independencia del sistema con el que han sido construidos. Los principales fabricantes de sistemas de bases de datos y programas de análisis de la información hacen uso de este estándar.

Tradicionalmente, las técnicas de minería de datos se aplicaban sobre información contenida en almacenes de datos. De hecho, muchas grandes empresas e instituciones han creado y alimentan bases de datos especialmente diseñadas para proyectos de minería de datos en las que centralizan información potencialmente útil de todas sus áreas de negocio. No obstante, actualmente está cobrando una importancia cada vez mayor la minería de datos desestructurados como información contenida en ficheros de texto, en Internet, etc.

Como ya se ha comentado, las técnicas de la minería de datos provienen de la Inteligencia artificial y de la estadística, dichas técnicas, no son más que algoritmos, más o menos sofisticados que se aplican sobre un conjunto de datos para obtener unos resultados. Muchos nuevos algoritmos han sido desarrollados, y el horizonte del análisis de datos ha sido significativamente expandido [44]. Las técnicas más representativas son:

- Redes neuronales.- Son un paradigma de aprendizaje y procesamiento automático inspirado en la forma en que funciona el sistema nervioso de los animales. Se trata de un sistema de interconexión de neuronas en una red que colabora para producir un estímulo de salida.
- Árboles de decisión.- Un árbol de decisión es un modelo de predicción utilizado en el ámbito de la inteligencia artificial, dada una base de datos se construyen estos diagramas de construcciones lógicas, muy similares a los sistemas de predicción basados en reglas, que sirven para representar y categorizar una serie de condiciones que suceden de forma sucesiva, para la resolución de un problema. Ejemplos:
 - Algoritmo ID3.
 - Algoritmo C4.5.
- Modelos estadísticos.- Es una expresión simbólica en forma de igualdad o ecuación que se emplea en todos los diseños experimentales y en la regresión para indicar los diferentes factores que modifican la variable de respuesta.
- Agrupamiento o Clustering.- Es un procedimiento de agrupación de una serie de vectores según criterios habitualmente de distancia; se tratará de disponer los vectores de entrada de forma que estén más cercanos aquellos que tengan características comunes.

Según el objetivo del análisis de los datos, los algoritmos utilizados se clasifican en supervisados y no supervisados [45]:

- Algoritmos supervisados (o predictivos): predicen un dato (o un conjunto de ellos) desconocido a priori, a partir de otros conocidos.
- Algoritmos no supervisados (o del descubrimiento del conocimiento): se descubren patrones y tendencias en los datos.

4.5.8.1 Árboles De Decisión.

Un árbol de decisión es un modelo de predicción utilizado en el ámbito de la inteligencia artificial, dada una base de datos se construyen diagramas de construcciones lógicas, muy similares a los sistemas de predicción basados en reglas, que sirven para representar y categorizar una serie de condiciones que ocurren de forma sucesiva, para la resolución de un problema. Un árbol de decisión tiene unas entradas las cuales pueden ser un objeto o una situación descrita por medio de un conjunto de atributos y a partir de esto devuelve una respuesta la cual en últimas es una decisión que es tomada a partir de las entradas. Los valores que pueden tomar las entradas y las salidas pueden ser valores discretos o continuos. Se utilizan más los valores discretos por simplicidad, cuando se utilizan valores discretos en las funciones de una aplicación se denomina clasificación y cuando se utilizan los continuos se denomina regresión [24].

Un árbol de decisión lleva a cabo un test a medida que este se recorre hacia las hojas para alcanzar así una decisión. El árbol de decisión suele contener nodos internos, nodos de probabilidad, nodos hojas y arcos. Un nodo interno contiene un test sobre algún valor de una de las propiedades. Un nodo de probabilidad indica que debe ocurrir un evento aleatorio de acuerdo a la naturaleza del problema, este tipo de nodos es redondo, los demás son cuadrados. Un nodo hoja representa el valor que devolverá el árbol de decisión y finalmente las ramas brindan los posibles caminos que se tienen de acuerdo a la decisión tomada.

De forma más concreta refiriéndonos a ámbito empresarial, podemos decir que los árboles de decisión son diagramas de decisiones secuenciales nos muestran sus posibles resultados. Éstos ayudan a las empresas a determinar cuales son sus opciones al mostrarles las distintas decisiones y sus resultados. La opción que evita una pérdida o produce un beneficio extra tiene un valor. La habilidad de crear una opción, por lo tanto, tiene un valor que puede ser comprado o vendido.

Como ejemplos de estos algoritmos, se tienen los algoritmos ID3 y C4.5 [46]; el algoritmo C4.5 es una extensión del algoritmo ID3, utilizados para generar árboles de decisión. El algoritmo consiste en que a partir de una serie de duplas de valores o datos de una misma estructura denominados atributos, en el que uno de ellos es el atributo a clasificar, el cual debe ser de tipo binario (positivo o negativo, sí o no, válido o inválido, etc.); De esta forma el algoritmo trata de obtener las hipótesis que clasifiquen ante nuevas instancias el resultado de un valor en particular.

Para esto, utiliza nodos, los cuales contendrán atributos; arcos, los cuales contienen valores posibles del nodo padre; y hojas, que son nodos que clasifican el ejemplo como positivo o negativo. Con esto se debe seleccionar el atributo de mayor jerarquía, mediante un análisis de la entropía, eligiendo aquel que proporcione una mejor ganancia de información.

Para el caso del algoritmo C4.5, se considera la posibilidad de manejar atributos continuos o discretos, manejar datos con valores de atributo nulos o faltantes, manejar atributos con diferentes costos y la optimización (poda de árboles) del modelo una vez que ha sido creado. En pseudocódigo, el algoritmo es:

- Analizar los casos base.
- Para cada atributo a
 - Encontrar la ganancia de información normalizada si se parte de a .
- Definir la mejor a , como aquella con la mayor ganancia de información normalizada.
- Crear un nodo de decisión que parta de la mejor a .
- Repetir el algoritmo, añadiendo los siguientes nodos como ramas del árbol.

4.5.8.2 Redes Neuronales.

Las redes neuronales son modelos matemáticos inspirados en el funcionamiento de las neuronas biológicas. Las redes consisten en unidades básicas llamadas neuronas cuyo diseño es sugerido por sus contrapartes biológicas [47]. Estas “neuronas” artificiales tienen entradas como las biológicas tienen dendritas y tienen salida como los axones, y cuentan con una predisposición que afecta la fuerza de la salida. La neurona combina las entradas, incorpora el efecto de la predisposición (bias) y emite una señal de salida, posteriormente sucede un aprendizaje que altera a la neurona.

Una red neuronal se compone de unidades llamadas neuronas. Cada neurona recibe una serie de entradas a través de interconexiones y emite una salida. Esta salida viene dada por el resultado de las funciones propias de propagación, activación y transferencia.

Al modelar la red neuronal, se debe considerar la interrelación entre los nodos o neuronas, normalmente se modela de tal suerte que las señales de entrada X_i tienen un cierto peso ponderado w_i , de tal modo que la neurona suma el valor ponderado de todas las entradas y su propia predisposición o bias Q :

$$sum = \sum \omega_i x_i + Q \quad (4-31)$$

Y esta a su vez es transformada en una salida Y , que usualmente es una función sigmoidea:

$$Y = 1 / (1 + e^{-sum}) \quad (4-32)$$

Continuando con el modelado de la red neuronal, se debe definir la arquitectura de la red, definida como la cantidad de capas y la cantidad de nodos o neuronas en cada capa, así como la interrelación entre ellas, el requerimiento mínimo es tener una capa de entrada y una de salida, con por lo menos una neurona en cada capa; de este modo se definen diferentes estructuras con una o varias capas ocultas, y se van relacionando los diferentes nodos en un sentido o varios.

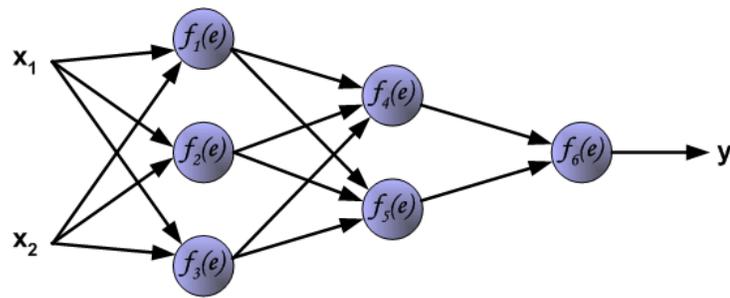


Fig 4.4 Arquitectura de red neuronal.

El flujo de las señales de entrada se dirigen de acuerdo al diseño de la red, y van afectado a los nodos de acuerdo a las condiciones propias de las neuronas.

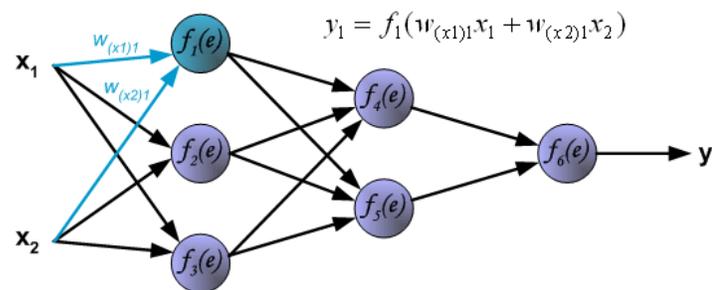


Fig 4.5 Flujo de señales de entrada, primer nivel.

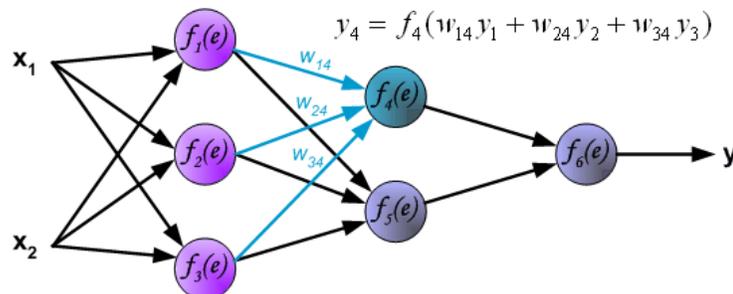


Fig 4.6 Flujo de señales de entrada, segundo nivel.

El aprendizaje ocurre mediante el ajuste de los pesos ponderados y el bias de las neuronas, mediante un método iterativo con retropropagación. Al obtener una señal de salida de la red, se compara con el valor objetivo y se genera una señal de error a la salida de la red, la cual se va propagando en sentido inverso para identificar los errores correspondientes a cada unión entre neuronas.

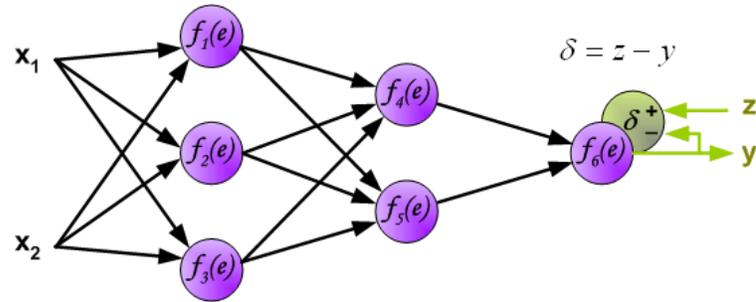


Fig 4.7 Señal de salida y señal de error.

El algoritmo de retropropagación funciona a partir del gradiente de retropropagación, buscando modificar los pesos ponderados para lograr el mínimo error cuadrático E y dado que E es calculado por la extensión de la red, por las funciones de los nodos o neuronas, su composición es continua y diferenciable; por lo que podemos minimizar E utilizando un método iterativo de descenso de gradiente [48], por lo que se requiere calcular el gradiente:

$$\nabla E = \left(\frac{\partial E}{\partial \omega_1}, \frac{\partial E}{\partial \omega_2}, \dots, \frac{\partial E}{\partial \omega_l} \right) \quad (4-33)$$

De este modo cada peso ponderado es actualizado usando el incremento:

$$\Delta \omega_i = -\gamma \frac{\partial E}{\partial \omega_i} \quad (4-34)$$

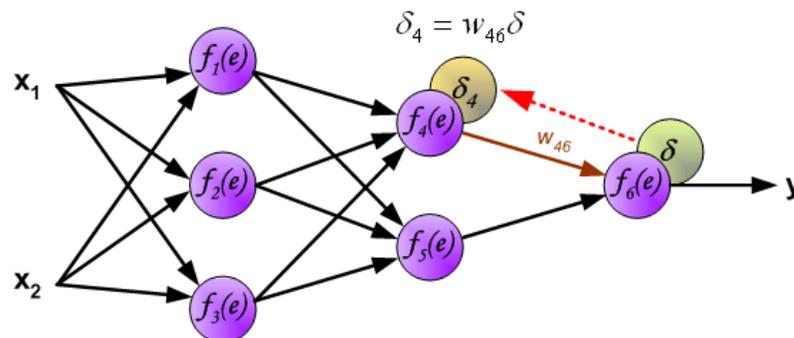


Fig 4.8 Flujo en retropropagación.

Donde γ representa una constante de aprendizaje, es un parámetro que indica la longitud del intervalo de evolución de cada iteración en la dirección contraria del gradiente. Se actualizan

los pesos y bias de las neuronas y se vuelve a dar una señal de entrada; este proceso se repite hasta que la señal de error es minimizada a niveles adecuados.

Se debe tomar en cuenta que debido al proceso de “aprendizaje” estos modelos deben tener un proceso de entrenamiento para el desarrollo y actualización de sus pesos y bias, normalmente se desarrollan con software para una más rápida forma de desarrollo. Posteriormente debe ser aprobado el modelo para validar su utilización.

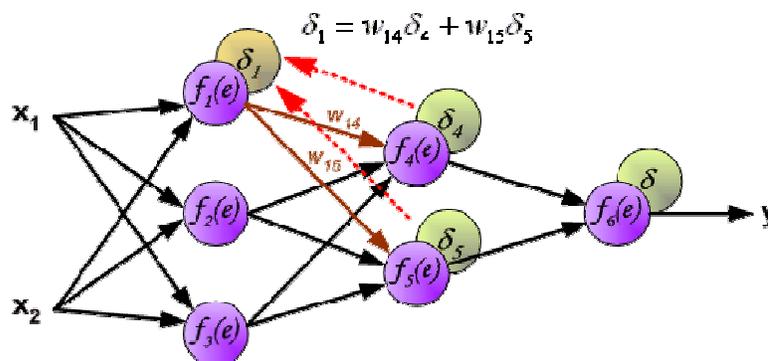


Fig 4.9 Flujo en retropropagación, segundo nivel.

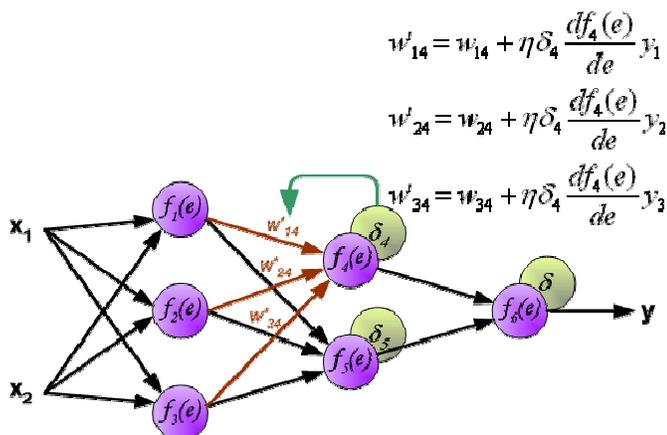


Fig 4.9 Variación de los valores neuronales.

4.6 EVALUACIÓN DE PRONÓSTICOS

Si se quiere mejorar, lo primero que se necesita es medir la precisión de los presupuestos, Mediciones son utilizadas para desarrollar mejoras en pronósticos específicos. Un proceso de planeación de la demanda efectivo evalúa la precisión de los pronósticos en diferentes maneras dependiendo del propósito.

En la medida en que el futuro no es reflejado perfectamente por el pasado, el pronóstico e la demanda futura por lo general tendrán cierto grado de error. Dado que los métodos de pronóstico son una predicción de la demanda promedio, se busca proyectar un rango dentro del cual caerá la demanda real. Esto requiere un pronóstico estadístico.

El error en el pronóstico se refiere a lo cerca que se halla el pronóstico del nivel de demanda real. Se expresa adecuadamente en forma estadística como desviación estándar, varianza o desviación absoluta media. Históricamente, la desviación absoluta media (DAM) se ha utilizado como la medida del error de pronóstico, sin embargo, ya que las computadoras actuales tienen una cantidad adecuada de memoria para la labor de pronóstico, la desviación estándar se desarrolla como la medida del error de pronóstico.

El error de pronóstico se define como:

$$\text{Error de pronóstico} = \text{Demanda real} - \text{Demanda pronosticada} \quad (4-35)$$

Dado que la demanda pronosticada es un valor de media aritmética, la suma de los errores de pronóstico sobre numerosos periodos deberá ser igual a cero. Para generar el valor del error por medio de la desviación media absoluta se toman los valores absolutos de las diferencias entre lo pronosticado y la demanda real:

$$S_F = \frac{\sum |A_t - F_t|}{N} \quad (4-36)$$

Donde:

F_t = la demanda pronosticada en el tiempo (periodo) t.

S_F = error estándar del pronóstico.

A_t = demanda real en el periodo t.

N = número de periodos de pronóstico t.

Sin embargo, la magnitud del error de pronóstico puede obtenerse al elevar al cuadrado los errores, lo que eliminará la cancelación de los errores positivos y negativos. De esta manera se desarrolla la forma común de la desviación estándar; es decir:

$$S_F = \sqrt{\frac{\sum (A_t - F_t)^2}{N - 1}} \quad (4-37)$$

Donde:

F_t = la demanda pronosticada en el tiempo (periodo) t.

S_F = error estándar del pronóstico.

A_t = demanda real en el periodo t.

N = número de periodos de pronóstico t.

De igual forma es utilizada la media del porcentaje de error absoluto (MAPE) donde se hace un análisis porcentual del error contra la demanda real, es decir:

$$S_F = \frac{\sum_t \frac{|A_t - F_t|}{A_t}}{N} \times 100 \quad (4-38)$$

La mejor manera de calcular el error de pronóstico es dividiendo el error entre la observación real, debido a que lo que queremos conocer es como el pronóstico se desvía del real, y no como el actual se desvía del pronóstico. El uso del pronóstico como divisor en el cálculo del error porcentual amortigua el error de sobre pronóstico, y por tal motivo incrementa la medida de la precisión del pronóstico. Este no es el caso cuando se utiliza el valor real como divisor [49].

También es importante el estudio y análisis del costo económico del error de pronóstico, este fue analizado por Catt en 2007 [50], donde se indica que el costo económico del error de pronóstico es el acumulado del costo de manejo de un inventario de seguridad demasiado alto y el costo de requerimientos no cubiertos. Por lo que primero se debe definir el cálculo del inventario de seguridad SS (Safety stock) en base al error factible de pronóstico, como:

$$SS = k\sigma\sqrt{R+L} \quad (4-39)$$

Donde:

- k factor de seguridad, de acuerdo al nivel de servicio deseado.
- σ aproximación de la desviación estándar del error, $\sigma=1.25MAE$

R+L suma de los periodos de análisis y el Lead time.

Con esto, podemos calcular el costo de manejo de inventario:

$$CSS = SS \times i \times Cu \quad (4-40)$$

Donde

- i tasa de importe por manejo de inventario, en este caso se aproxima a 2.5 mensual (30% anual). [51]
- Cu Costo unitario de las piezas analizadas.

Además se debe calcular el costo de no contar con el inventarios necesario para cubrir un requerimiento:

$$CSO = m \times VLS = m \times \sigma \times G_u(k) \times \sqrt{R+L} \quad (4-41)$$

Donde:

- m margen de venta.
- VLS Volumen de pérdida por no contar con inventario.
- $G_u(k)$ Función de pérdida, a partir del nivel de servicio requerido.

Finalmente el índice se definirá, como:

$$CFE = CSS + CSO \quad (4-42)$$

De esta forma se tienen tres diferentes métodos para evaluar el error de un pronóstico, el uso de cada método dependerá de la aplicación y del análisis ha desarrollar.

Es de suma importancia no solamente analizar la exactitud de los pronósticos buscando lograr un 100% de exactitud, se debe buscar aprender de los errores históricos en los pronósticos, al ir analizando los errores anteriores se puede generar una base de datos que nos lleve a no volver a incurrir en los mismos errores, por eso se puede analizar los errores de pronósticos separando en porciones en que el pronostico sea más exacto y en aquellas en donde es menos exacto; esto ayudará a evaluar que métodos de pronóstico son más eficientes y cuales no y en que tipo de productos, por lo que se pueden alternar métodos para obtener mejores resultados.[52]

Uno de los pioneros en el campo de los pronósticos es Bernard T. Smith. Él desarrolló un método de generación de pronósticos llamado “Focus Forecasting” que combina la simplicidad con una capacidad de utilizar un número diferente de modelos de pronósticos simultáneamente. Una vez que el mes a terminado y las ventas reales del mes son conocidas, se calculan los errores en cada uno de los modelos, de forma acumulativa para una cierta cantidad de periodos, y se informa al usuario cual es el método que genera el menor error. De este modo, el usuario puede decidir en que modelo de pronósticos trabajar. [53]

La forma de la distribución de frecuencia de los errores de pronósticos se vuelve importante al realizar afirmaciones sobre el pronóstico. Suponiendo que el modelo de pronóstico da seguimiento al promedio de los niveles de demanda real en forma adecuada, y que la variación de la demanda real sobre el pronóstico es pequeña en relación con el nivel de pronóstico, la distribución de la frecuencia normal, o las aproximaciones a ella, será una forma que con probabilidad se encontrará en la práctica. Este será especialmente el caso de la distribución de los errores de pronóstico promedio. Se aplica el teorema del límite central [53], y la distribución de frecuencia normal será la forma de distribución adecuada. Cuando el intervalo de pronóstico es corto, puede resultar una distribución sesgada.

Una forma de determinar la distribución de frecuencia que se aplica a cualquier situación particular es mediante prueba chi cuadrada de bondad del ajuste [54]. En forma alterna, la siguiente prueba puede utilizarse para seleccionar entre la forma de distribución normal (simétrica) y la de distribución exponencial como una representación simple de distribución sesgada.

En una distribución normal, cerca de 2% e las observaciones exceden un nivel de dos desviaciones estándar por encima de la media. En una distribución exponencial, la probabilidad de exceder la media por más de 2.75 desviaciones estándar es cerca de 2%. Por lo tanto, si el número de desviaciones estándar que equivalen a 98% de todas las observaciones es cercano a 2, deberá utilizarse una distribución normal. Si es superior a 2.7, deberá utilizarse la distribución exponencial [55].

Un método popular para monitorear el error de pronósticos es mediante una señal de seguimiento. La señal de seguimiento es una comparación, por lo general una proporción, del

error de pronóstico actual para un promedio de los errores de pronóstico pasados. Esta proporción puede ser evaluada en forma continua o periódica. Como resultado de este cálculo, el pronóstico se puede recalcular mediante constantes de ajuste.

4.7 ADMINISTRACIÓN A PARTIR DE PRONÓSTICOS

A partir de los datos que pueden ser generados con las técnicas expuestas es de suma importancia el reconocer la utilidad de los pronósticos para su correcto uso y de este modo encontrar verdaderamente su efectividad.

De acuerdo a Jain Chaman [56] editor en jefe del International Business Forecasting Journal, se pueden determinar 7 recomendaciones para lograr mejoras en la efectividad de la aplicación de los pronósticos:

- i. **Involucrar a altos ejecutivos.** Pronósticos fuertes requieren el soporte de altos ejecutivos debido a los recursos requeridos, estos ejecutivos deben aprobar la instalación de la tecnología, así como, la contratación de profesionales en el desarrollo de pronósticos. Además, una vez involucrados, se generan reuniones de seguimiento para entender de una mejor manera la demanda y todo lo relacionado para cubrirla.
- ii. **Explicar los beneficios mutuos.** Dado que es común que algunas áreas se resistan a participar en el desarrollo de pronósticos, resulta necesario el explicar el beneficio específico que tendrá el área en cuestión con el desarrollo de un buen pronóstico. Esta recomendación aplica, incluso para clientes y proveedores externos, pues si se puede motivar a los clientes a compartir su información se puede mejorar el nivel de la cadena de suministros.
- iii. **Definir claramente metas y acuerdos.** La mejor manera de ver que los pronósticos de una empresa están mejorando es cuando la cadena de suministros se vuelve más eficiente, para esto es necesario dejar en claro cuales son las métricas que se estarán desarrollando, esto toma especial importancia en los acuerdos logrados con externos.
- iv. **Utilizar la mejor tecnología.** Las compañías deben utilizar la tecnología de vanguardia referente a pronósticos (state of art)², que pueda asegurar el mejor tratamiento a los datos disponibles y el mejor desempeño de los pronósticos logrados, que permita el uso de datos estandarizados que puedan ser compartidos con todas las áreas de la organización. Actualmente ya existe software que apoya a esta labor, sin embargo se sigue esperando software de simulación más avanzado, que puedan llevar a decisiones más rápidas y acertadas.
- v. **Enfocarse donde la utilidad es mayor.** Debido a que usualmente los recursos son limitados, las compañías suelen enfocar sus pronósticos en aquellos productos que generan mayor utilidad, lo cual viene a ser un resultado de la ley general de clasificación ABC.
- vi. **Ligar incentivos a las metas generales de la compañía.** Para asegurar una mejor precisión de pronósticos, los incentivos y premios de empleados deben basarse en las metas generales de la compañía, más que en las metas específicas

² Hace referencia al nivel más alto de desarrollo conseguido en un momento determinado sobre cualquier aparato, técnica o campo científico.

de un departamento. Cuando no se hace de esta manera, las áreas se enfrascan en sus propias metas y se contraponen en situaciones comunes de trabajo.

- vii. **Seguir con mejora continua.** Los errores en pronósticos pueden resultar de datos incorrectos, suposiciones inadecuadas o a un modelo defectuoso, por lo que es importante llevar a cabo un análisis un vez que se ha terminado el reporte de cada periodo, para tomar acciones y corregir problemas.

5. MODELO DE APLICACIÓN

Las técnicas de pronósticos operan con los datos generados en el pasado, de este modo es de suma importancia la recolección de información efectiva y la reducción de la misma.

Para el caso de estudio, nos estamos refiriendo a una empresa del ramo automotriz, fabricante de juntas y sellos para motor, donde su variedad de productos es muy grande y su mercado intermitente. El proyecto esta definido como la generación de pronósticos de ventas para el análisis de presupuestos, y calculo de recursos de inventarios, maquinaria y mano de obra para una empresa del sector autopartes de refacciones.

Será importante declarar los pasos del modelo que se utilizará para su análisis:

1. Recolección de datos, este paso es de suma importancia, y normalmente toma un gran esfuerzo el obtener la información necesaria para obtener datos necesarios.
2. Tratamiento de la información, para poder desarrollar un buen estudio, será necesario aplicar un tratamiento de depuración sobre los datos obtenidos, para evaluar cual es la información importante y eliminar aquellos datos que no agreguen valor al proceso.
 - a. Desarrollar gráficas para analizar las series de tiempo e identificar posibles excepciones.
3. Aplicación de los métodos de generación de pronósticos, para este caso de estudio se solo se evaluaran los siguientes métodos, lo cuál determina el alcance del proyecto:
 - a. Métodos cualitativos simples.
 - b. Promedio simple.
 - c. Suavizamiento Exponencial Simple.
 - d. Suavizamiento Exponencial ajustado para variaciones de tendencia y estacionales (Holt-Winters)
 - e. Series de Tiempo
 - f. Modelo de Regresión Múltiple
 - g. ARIMA
 - h. Redes Neuronales.
 - i. Modelos ajustados con métodos cuantitativos.
4. Evaluación de indicadores para cada método, lo que será importante para su comparación, la evaluación de los diferentes indicadores listados.
5. Comparación de resultados, con la finalidad de elegir el mejor modelo.

5.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

El objetivo general de la generación de estos pronósticos radica en la venta directa de exportación, materias primas o fabricantes en la cadena de suministro de equipo original.

Al hacer el estudio de los datos de productos a ser pronosticados encontramos la siguiente información en 45 periodos mensuales, desde Enero 2005 a Septiembre 2008:

Clientes	70
Productos EO	226
Productos Mat	301
Productos Exp	577
Total	1104

Tabla 5.1 Número de productos en catálogo de acuerdo a mercado

La cantidad de datos debe ser suficiente par poder desarrollar un pronóstico, sin embargo:

Observaciones	Prod	Ultimas 12 observaciones	
40-45	14	14	mas de 8
		0	de 3 a 8
		0	menos d 3
30-39	57	14	mas de 8
		43	de 3 a 8
		0	menos d 3
20-29	80	13	mas de 8
		63	de 3 a 8
		4	menos d 3
10-19	227	5	mas de 8
		145	de 3 a 8
		77	menos d 3
0-9	726	1	mas de 8
		105	de 3 a 8
		620	menos d 3

Tabla 5.2 Periodos que presentan venta en 45 periodos.

La tabla 5.2 muestra la cantidad de productos en el catálogo de venta que presentan movimiento, en particular es destacable que aunque es un total de 1104 productos en catálogo, solamente 14 productos (1.26%) presentan venta en más de 40 de los 45 periodos analizados; de la misma manera 726 productos (65.76%) del catálogo presentan menos de 10 observaciones, de los cuales en los últimos 12 periodos 620 productos (56.16%) presentan menos de 3 observaciones.

Esto viene a comprobar la ley 80-20, y debe dirigir los recursos para el análisis, ya que aunque el catálogo actual de productos de venta de la empresa es de 1104 productos, más de la mitad de estos productos no han tenido movimiento representativo en los últimos 45 periodos de observación.

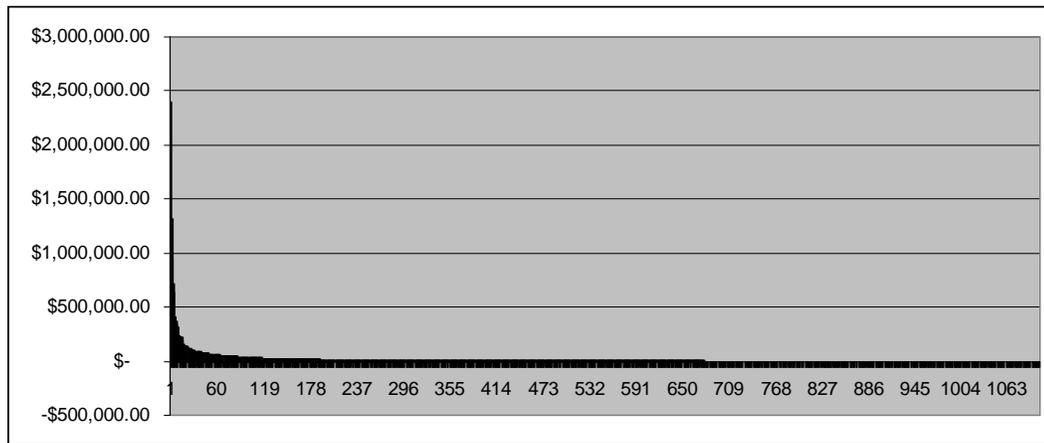


Fig. 5.1 Venta acumulada en USD de 45 periodos de observación de productos en catálogo de venta.

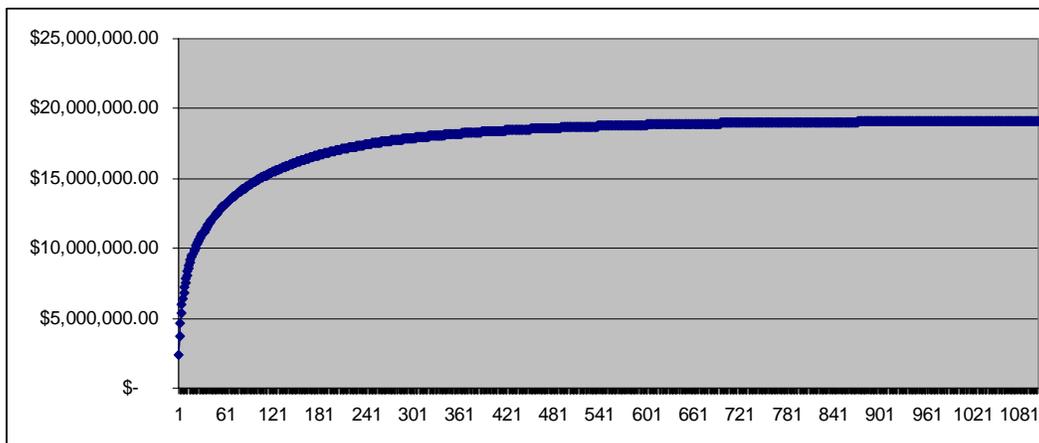


Fig. 5.2 Acumulado de acumulados de venta en USD.

La figura 5.2 muestra el acumulado de ventas del total de productos en los 45 periodos observados en orden descendente, aquí se observa las diferencias del nivel de ventas de los productos del catálogo, igualmente en la figura 3.3 se muestra el acumulado de acumulados, esta gráfica está determinada para el análisis de la ley de Pareto, aquí se puede observar que el punto de inflexión se encuentra alrededor de la posición 250, al analizar los datos específicos encontramos que el 80% de la venta se encuentra en tan solo 114 productos, y el 90% de los productos está en 216 productos.

5.3 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Hasta este momento el análisis de los datos obtenidos nos puede llevar a un avance en la reducción y síntesis; sin embargo, al analizar algunas gráficas de tendencia de estos productos se observa lo siguiente:

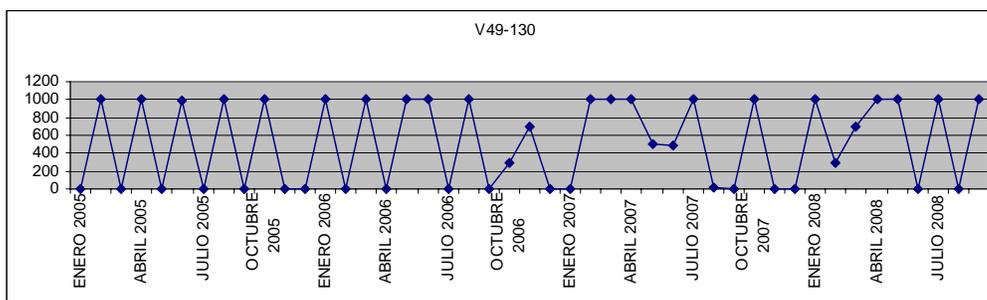


Fig 5.3 Venta en unidades registrada V49-130

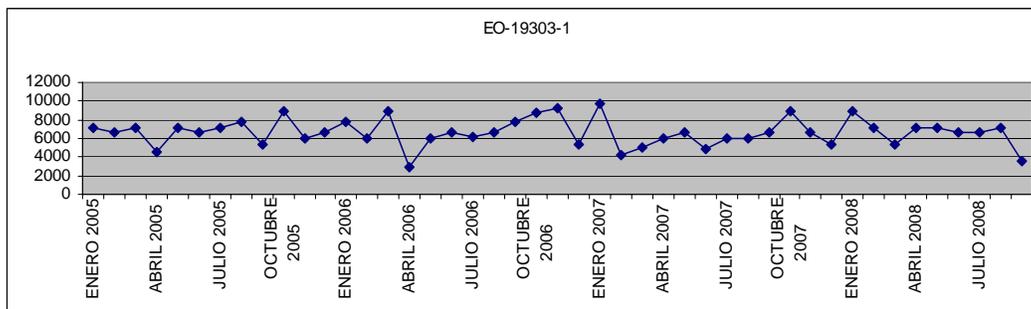


Fig. 5.4 Venta en unidades registrada EO-19303-1

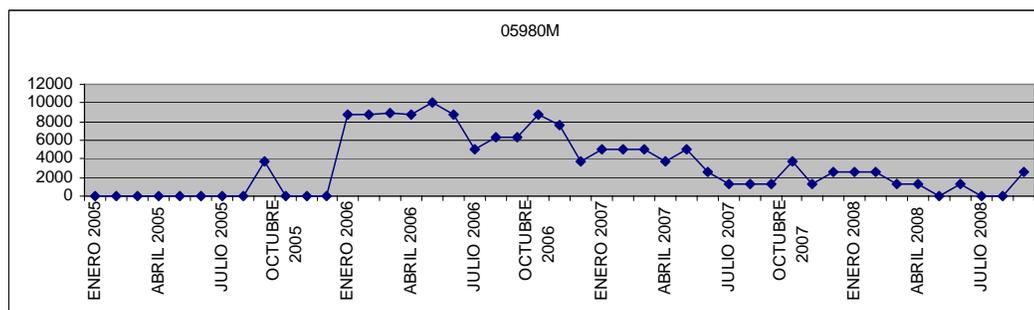


Fig 5.5 Venta en unidades registrada 05980M

La figura 5.3 muestra la venta registrada para el producto V49-130, el cual es el principal producto, por si mismo representa el 12.5% de la venta total y presenta una demanda regular en los primeros 21 periodos, donde se observa intermitentemente una demanda de 1000 unidades cada 2 periodos. Sin embargo, a partir del periodo 22 se inicia con una tendencia irregular, sin sobrepasar nunca el requerimiento de 1000 unidades.

La figura 5.4 muestra la venta registrada para el producto EO-19303-1, el cual es el segundo producto en importancia, al observar la venta en unidades, se podría concluir que se tiene un comportamiento regular con variaciones, aun así la estabilidad no es clara ni es posible observar algún fenómeno de estacionalidad.

Por otro lado la figura 5.5 muestra la venta registrada para el producto 05980M, el es el 4to producto en importancia, al observar esta gráfica se puede concluir que el desempeño de este producto ha cumplido su ciclo de vida, se observa que inicia con fuertes cantidades de

venta alrededor de enero 2006 y su demanda va cayendo paulatinamente con una tendencia regular hasta llegar a niveles muy bajos alrededor de mayo 2008.

Al analizar estos tres productos, se puede observar que el comportamiento de cada producto es muy particular, aunque se puede observar en detalle cada elemento no se encuentra evidente alguna tendencia o estacionalidad en común.

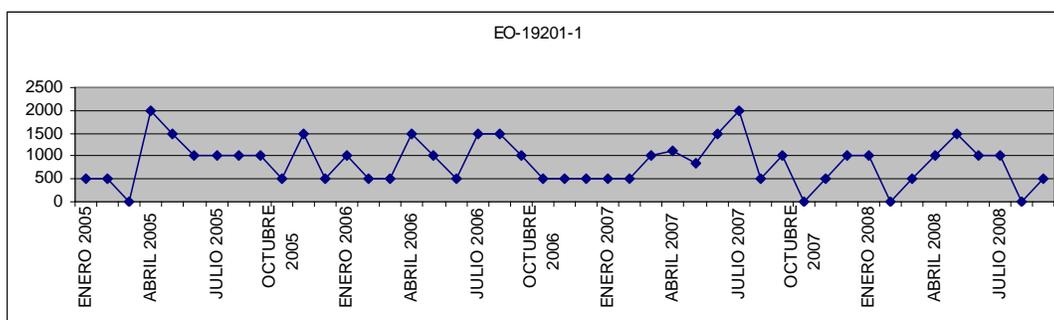


Fig 5.6 Venta en unidades registrada EO-19201-1

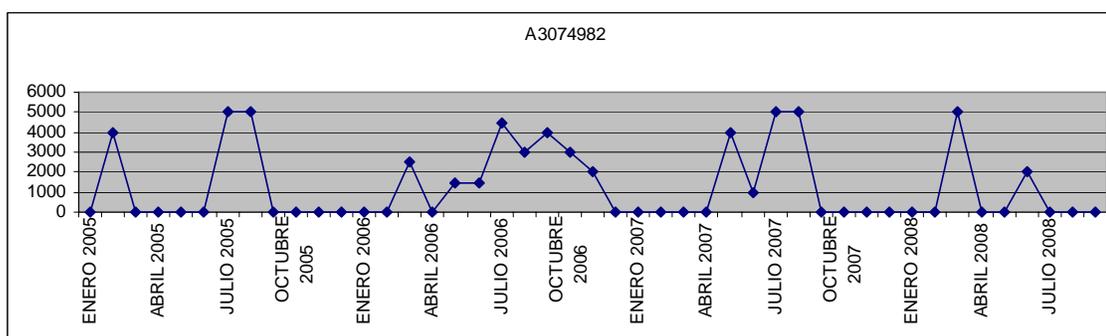


Fig 5.7 Venta en unidades registrada A3074982

En las figuras 5.6 y 5.7 se muestran las gráficas para los artículos EO-19202-1 y A3074982 que son otro par de productos tipo que también se considera adecuado analizar de manera especial.

Además, se debe tomar en cuenta la opinión de la fuerza de ventas, la cual puede ser de gran ayuda para identificar algunos puntos críticos, en este caso los principales puntos a considerar son:

Aquellos clientes que ya no presentarán movimiento, debido a que el negocio ha llegado a su fin, por diversas condiciones comerciales. Estos clientes, representan un total de 101 diferentes productos, los cuales han terminado su ciclo de vida de producto.

Además, se deben tomar en cuenta ciertas tendencias anunciadas por los compradores de los clientes, que incluyen bajas y altas en los volúmenes de venta; así mismo, tomar en cuenta los nuevos negocios que se están desarrollando, sin embargo, estos nuevos negocios son pronosticados en forma particular en el inicio de cada proyecto.

A continuación se muestran los datos para los cuatros productos principales:

No.	Periodo	V49-130	EO-19303-1	1724050Y00PUR	05980M
1	ENERO 2005	0	7200	35000	0
2	FEBRERO 2005	1000	6600	55000	0
3	MARZO 2005	0	7200	40344	0
4	ABRIL 2005	1000	4505	50488	0
5	MAYO 2005	0	7200	15500	0
6	JUNIO 2005	990	6600	25000	0
7	JULIO 2005	0	7194	35000	0
8	AGOSTO 2005	1000	7800	35000	0
9	SEPTIEMBRE 2005	0	5400	30000	3780
10	OCTUBRE 2005	1000	9000	46000	0
11	NOVIEMBRE 2005	0	6000	15000	0
12	DICIEMBRE 2005	0	6600	0	0
13	ENERO 2006	1000	7800	37312	8820
14	FEBRERO 2006	0	6000	73256	8760
15	MARZO 2006	1000	9000	23056	8880
16	ABRIL 2006	0	3000	35728	8820
17	MAYO 2006	1000	6000	25344	10080
18	JUNIO 2006	1000	6600	32384	8820
19	JULIO 2006	0	6200	22528	5040
20	AGOSTO 2006	1000	6600	19712	6300
21	SEPTIEMBRE 2006	0	7800	43648	6300
22	OCTUBRE 2006	300	8800	30976	8820
23	NOVIEMBRE 2006	700	9200	30976	7560
24	DICIEMBRE 2006	0	5400	15488	3780
25	ENERO 2007	0	9800	26048	5040
26	FEBRERO 2007	1000	4200	25344	5040
27	MARZO 2007	1000	5000	19712	5040
28	ABRIL 2007	1000	6000	43648	3780
29	MAYO 2007	500	6600	26752	5040
30	JUNIO 2007	479	4800	11264	2520
31	JULIO 2007	1000	6000	35200	1260
32	AGOSTO 2007	21	6000	11264	1260
33	SEPTIEMBRE 2007	0	6600	16896	1260
34	OCTUBRE 2007	1000	9000	33792	3780
35	NOVIEMBRE 2007	0	6600	35200	1260
36	DICIEMBRE 2007	0	5400	21120	2520
37	ENERO 2008	1000	9000	8448	2520
38	FEBRERO 2008	300	7200	21120	2520
39	MARZO 2008	700	5400	30976	1260
40	ABRIL 2008	1000	7200	21120	1260
41	MAYO 2008	1000	7200	9856	0
42	JUNIO 2008	0	6600	11264	1260
43	JULIO 2008	1000	6600	23170	0
44	AGOSTO 2008	0	7200	0	0

45	SEPTIEMBRE 2008	1000	3600	0	2520
----	-----------------	------	------	---	------

Tabla 5.3 Histórico de Ventas productos principales

De esta información se puede observar que existen suficientes datos históricos para hacer un análisis estadístico.

Sin embargo, vale la pena denotar que el tercer artículo 1724050Y00PUR, forma parte de aquellos a los que su tiempo de vida de negocio ha terminado y el pronóstico de venta debe ser cero en todos los siguientes periodos.

5.4 PROCESO DE GENERACIÓN DE PRONÓSTICO

Para la aplicación de los diferentes métodos de pronósticos, se define utilizar 45 componentes para la generación de los mismos, generar pronóstico para 12 periodos al futuro y analizar con las observaciones reales obtenidas en esos periodos.

A continuación se hará el desarrollo específico para los restantes tres artículos principales, que presentan una buena muestra de los diferentes patrones que presentan los diferentes artículos:

5.4.1 MÉTODOS CUALITATIVOS SIMPLES.

El análisis inicial será con el método más simple, que en este caso es un desarrollo informal, se inicia con este método debido a que resulta ser el más económico (no implica ningún costo extra) y no registra algún requerimiento especial. Por lo que cualquier otro método aplicado debe mejorar el resultado de este, para considerarse como valioso en el desarrollo de pronósticos. Es decir, este resultado será la base y punto de comparación para evaluar el valor agregado que pueden dar los diferentes tipos de métodos de pronósticos estudiados.

A continuación se presenta el pronóstico de los siguientes productos:

Periodo	V49-130	EO-19303-1	05980M	EO-19201-1	A3074982
46	0	6600	1260	500	0
47	0	6600	1260	500	0
48	0	6600	1260	500	0
49	1000	6600	1260	500	2000
50	0	6600	1260	500	0
51	1000	6600	1260	500	0
52	0	6600	1260	500	0
53	1000	6600	1260	500	0
54	0	6600	1260	500	2000
55	1000	6600	1260	500	0
56	0	6600	1260	500	0
57	1000	6600	1260	500	0

Tabla 5.4 Pronóstico generado por método cualitativo simple.

5.4.2 MÉTODOS DE PROMEDIO SIMPLE.

Nuestro segundo análisis, se dará por un método casi igual de sencillo, y de prácticamente muy bajos requerimientos, se trata del promedio simple, que simplemente busca pronosticar para cada periodo en el futuro un valor constante que será igual al promedio simple de todas las observaciones. Sus requerimientos son de matemáticas simples y no se requiere más que una calculadora sencilla.

A continuación se presenta el pronóstico de los siguientes productos:

Periodo	V49-130	EO-19303-1	05980M	EO-19201-1	A3074982
46	511	6660	3220	854	1289
47	511	6660	3220	854	1289
48	511	6660	3220	854	1289
49	511	6660	3220	854	1289
50	511	6660	3220	854	1289
51	511	6660	3220	854	1289
52	511	6660	3220	854	1289
53	511	6660	3220	854	1289
54	511	6660	3220	854	1289
55	511	6660	3220	854	1289
56	511	6660	3220	854	1289
57	511	6660	3220	854	1289

Tabla 5.5 Pronóstico generado por promedio simple.

5.4.3 MÉTODO DE SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL.

Con la finalidad de identificar el método de generación de pronósticos más adecuado y que nos conduzca a un nivel de error mínimo a continuación se repite el análisis para los mismos números de parte, ahora aplicando el método de ajuste exponencial, en este caso se utilizará un análisis mediante un software, encontrando el mejor índice α , logrando los siguientes datos:

Periodo	V49-130	EO-19303-1	05980M	EO-19201-1	A3074982
46	514	6500	2097	643	0
47	514	6500	2097	643	0
48	514	6500	2097	643	0
49	514	6500	2097	643	0
50	514	6500	2097	643	0
51	514	6500	2097	643	0
52	514	6500	2097	643	0
53	514	6500	2097	643	0
54	514	6500	2097	643	0
55	514	6500	2097	643	0
56	514	6500	2097	643	0
57	514	6500	2097	643	0
α	0.06	0.09	0.83	0.27	0.00

Tabla 5.6 Pronóstico generado por suavizamiento exponencial.

5.4.4 MÉTODO DE SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL AJUSTADO PARA VARIACIONES DE TENDENCIA Y ESTACIONALES (HOLT-WINTERS).

Siguiendo con el método definido, se presenta a continuación los resultados utilizando el modelo de Holt-Winters, estos métodos requieren un conocimiento mayor, así como requerimientos computacionales más elevados y se debe considerar la complejidad de este método:

Periodo	V49-130	EO-19303-1	05980M	EO-19201-1	A3074982
46	826	8966	-272	0	0
47	174	6681	-276	416	0
48	0	6130	-258	728	0
49	594	8122	-875	667	0
50	544	6240	-1160	0	236
51	705	6667	-1042	421	0
52	866	5153	-1239	842	0
53	718	6936	-786	1107	0
54	409	6291	-2216	762	0
55	708	6725	-370	809	295
56	297	7198	-481	0	295
57	460	5531	49935	500	0
α	0.00	0.00	0.04	0.15	0.41
β	0.00	0.00	0.87	0.00	1.00
γ	0.46	0.22	0.55	1.00	0.00

Tabla 5.7 Pronóstico generado por suavizamiento exponencial ajustado.

En este caso, se debe resaltar el resultado para el producto 05980M, dado que se produjeron valores negativos que no tienen una interpretación válida, por lo que todos estos puntos se tendrán que ajustar forzosamente al valor nulo cero. De este modo este análisis en particular para este producto es rechazado.

5.4.5 ESTUDIO MEDIANTE EL MÉTODO DE DESCOMPOSICIÓN POR SERIES DE TIEMPO.

Inicialmente se hace el análisis de tendencia, por medio de una regresión simple, mediante el método de mínimos cuadrados, encontrando los siguientes resultados:

Periodo	V49-130	EO-19303-1	05980M	EO-19201-1	A3074982
46	593	6468	2964	747	1048
47	596	6460	2953	742	1038
48	600	6451	2942	738	1027
49	604	6443	2931	733	1017

50	607	6435	2920	728	1006
51	611	6426	2909	724	996
52	614	6418	2898	719	985
53	618	6410	2887	714	975
54	622	6401	2875	710	964
55	625	6393	2864	705	954
56	629	6385	2853	700	943
57	632	6376	2842	696	933
a	428.73	6851.79	3475.64	961.76	1529.80
b	3.57	-8.34	-11.11	-4.66	-10.47

Tabla 5.8 Pronóstico generado por regresión simple.

Siguiendo con el proceso, se hace la descomposición completa de estas series de tiempo, para su análisis:

Para el V49-130:

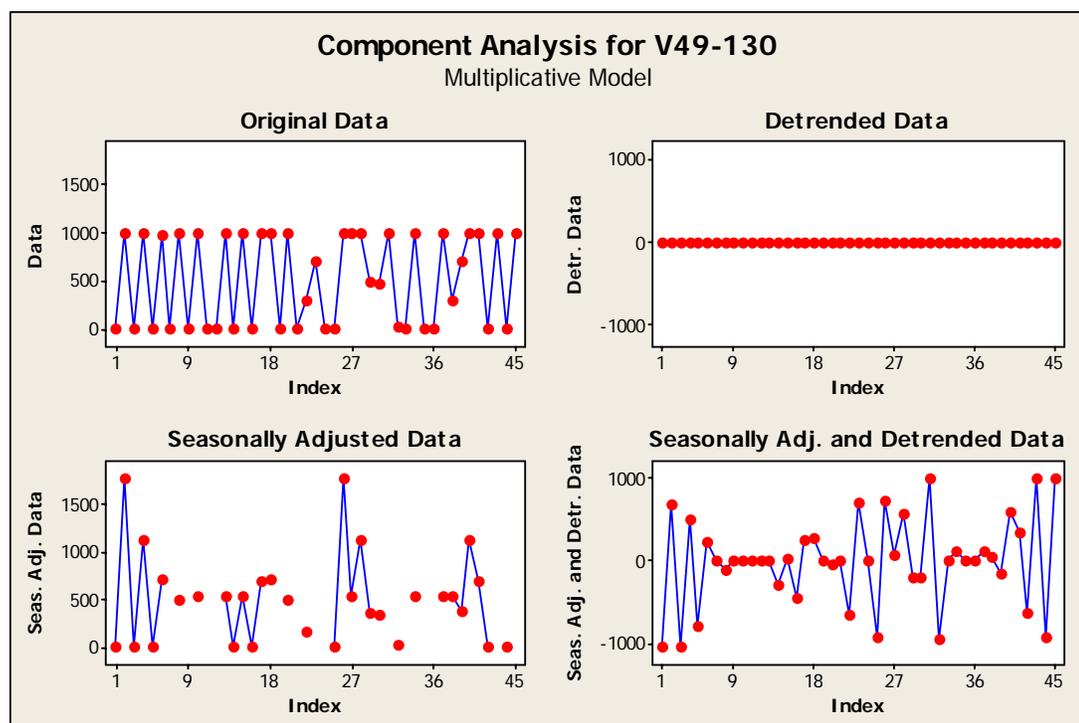


Fig 5.8 Gráficas de descomposición para V49-130-

Para el EO-19303-1

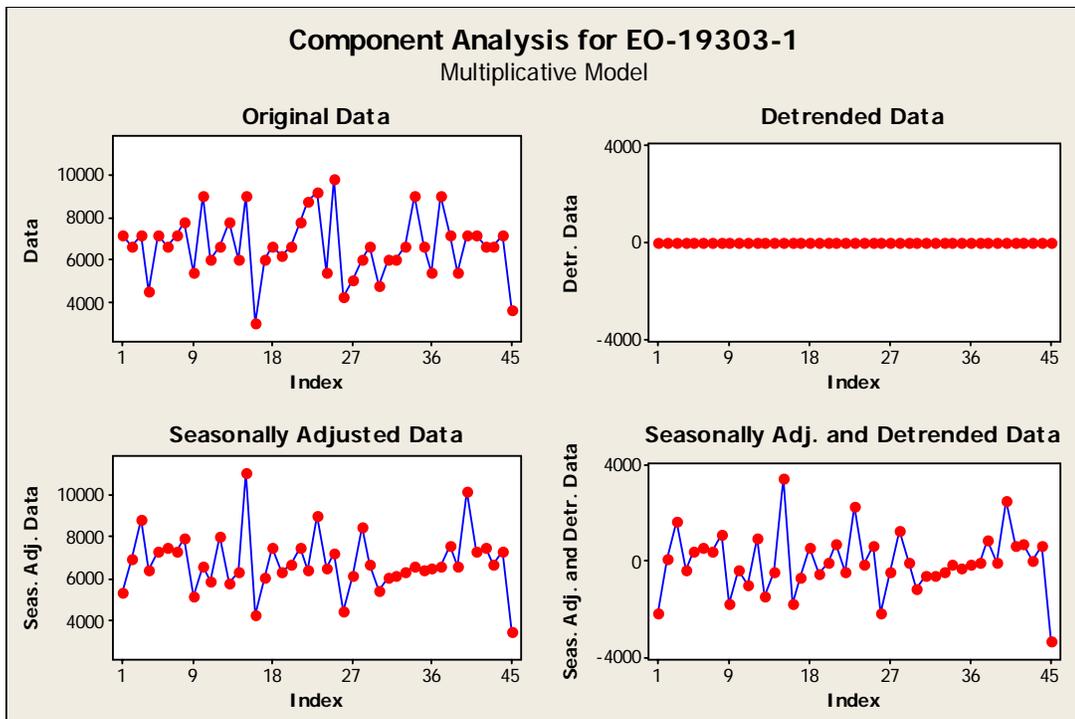


Fig 5.9 Gráficas de descomposición para EO-19303-1-

Para el 05980M:

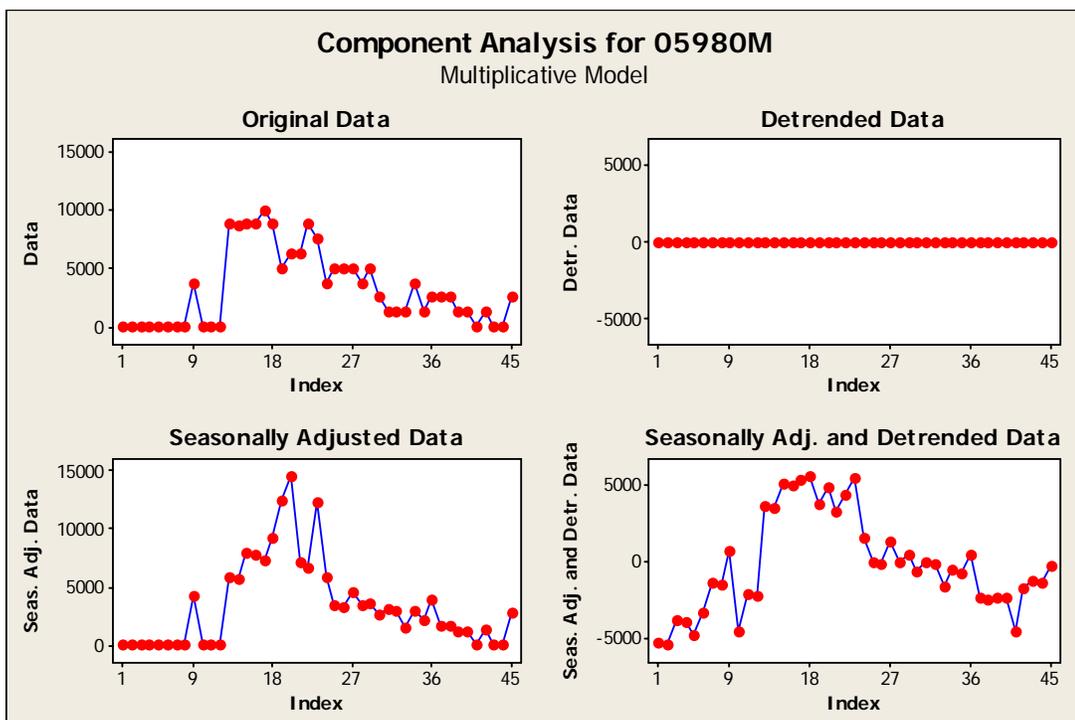


Fig 5.10 Gráficas de descomposición para 05980M

Para el EO-19201-1:

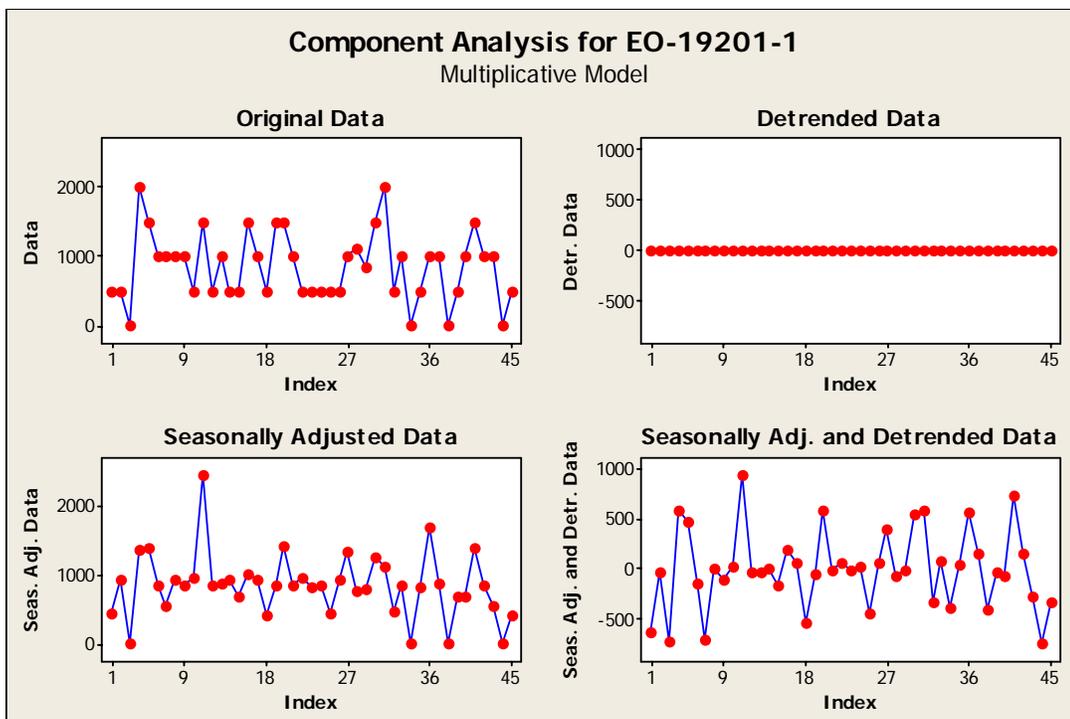


Fig 5.11 Gráficas de descomposición para EO-19201-1

Para A3074982

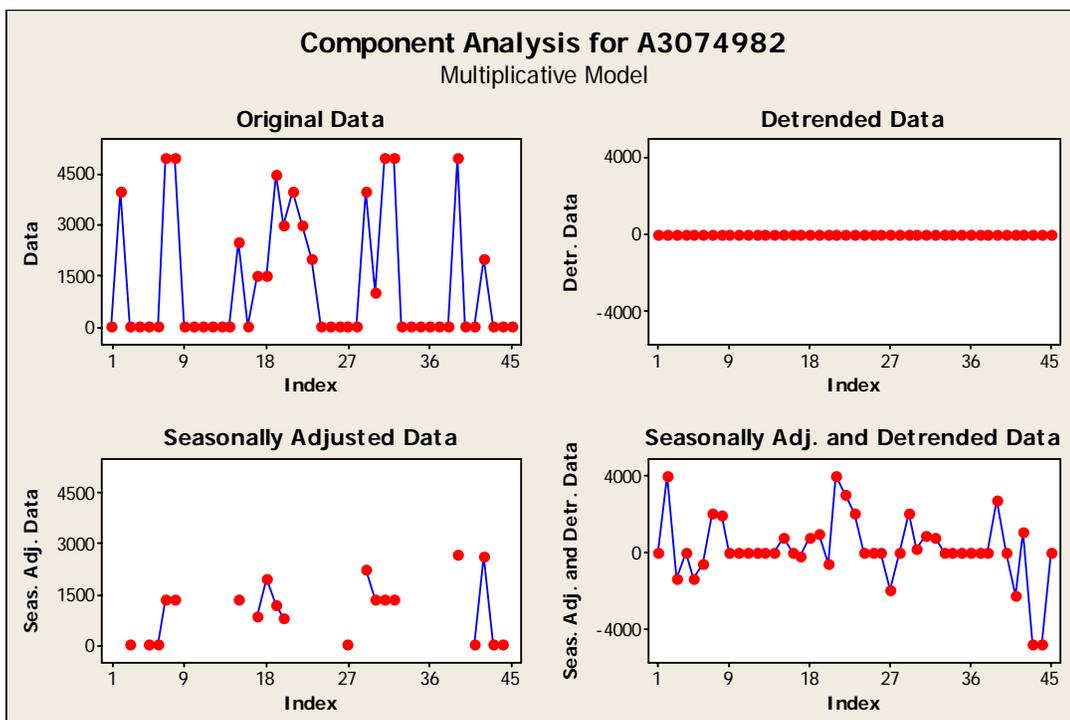


Fig 5.12 Gráficas de descomposición para A3074982

Con esta información se generan los pronósticos y se encuentran los siguientes resultados:

Periodo	V49-130	EO-19303-1	05980M	EO-19201-1	A3074982
46	838	9124	4296	360	0
47	0	6837	1999	417	0
48	0	5507	2125	397	0
49	821	9038	4880	764	0
50	245	6303	4998	361	0
51	814	5414	3587	487	2568
52	383	4698	3658	954	0
53	618	6546	4479	689	2523
54	592	5886	3060	759	1068
55	0	6543	1288	1129	5330
56	863	6511	1381	664	5379
57	0	6929	2839	737	0

Tabla 5.9 Pronóstico generado por descomposición de series de tiempo.

5.4.6 MODELO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE.

Para el desarrollo adecuado del modelo, será necesario contar con información a partir de la cual se pueda sugerir la correlación entre diferentes variables, en este caso se obtuvieron los siguientes datos para buscar correlación, similares a los que utilizó Shahabuddin [70], estos datos se obtuvieron del banco de México [68]:

- Indicador Global de la Actividad Económica..
- PIB.
- Producción de Autos en México.
- Producción de Autos en –Norteamérica.

Al hacer el análisis gráfico de los indicadores se encuentra que no hay mucha similitud con las gráficas de los productos:

Para el IGAE:

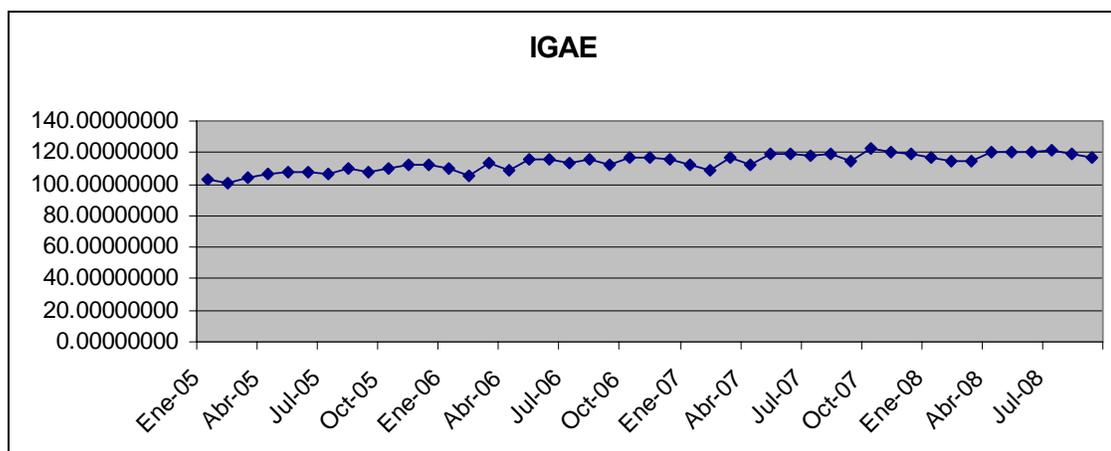


Fig 5.13 Gráfica de indicador IGAE.

Para el PIB

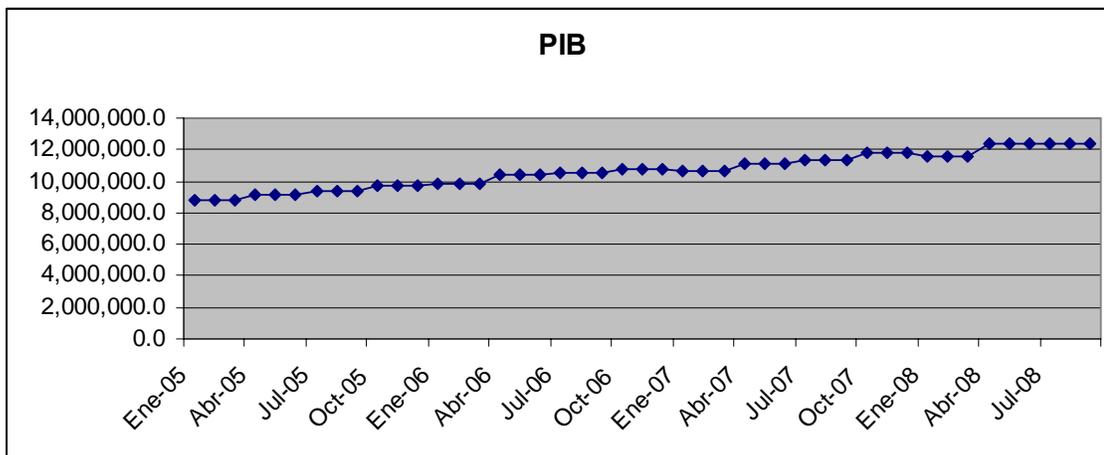


Fig 5.14 Gráfica de indicador PIB.

Para los índices de producción en Mex y Norteamérica

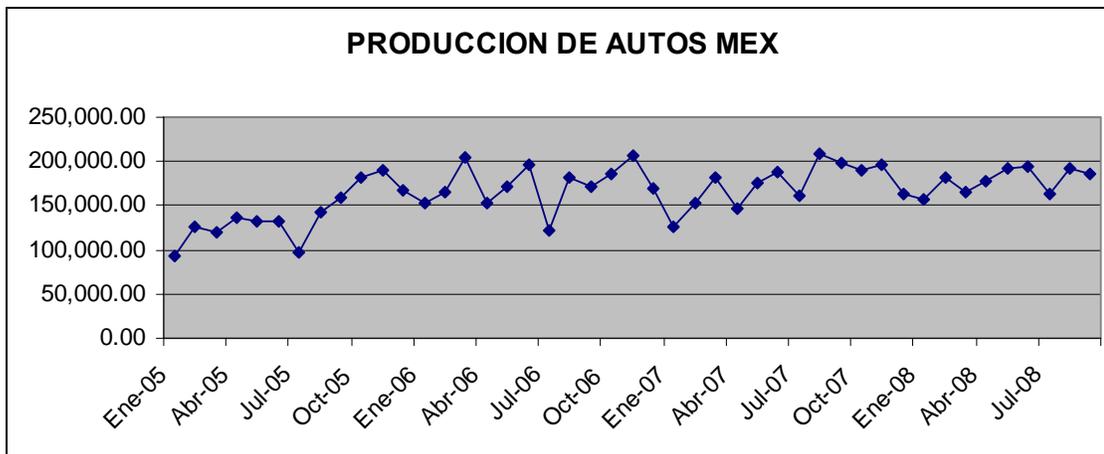


Fig 5.15 Gráfica de indicador producción de autos en México.

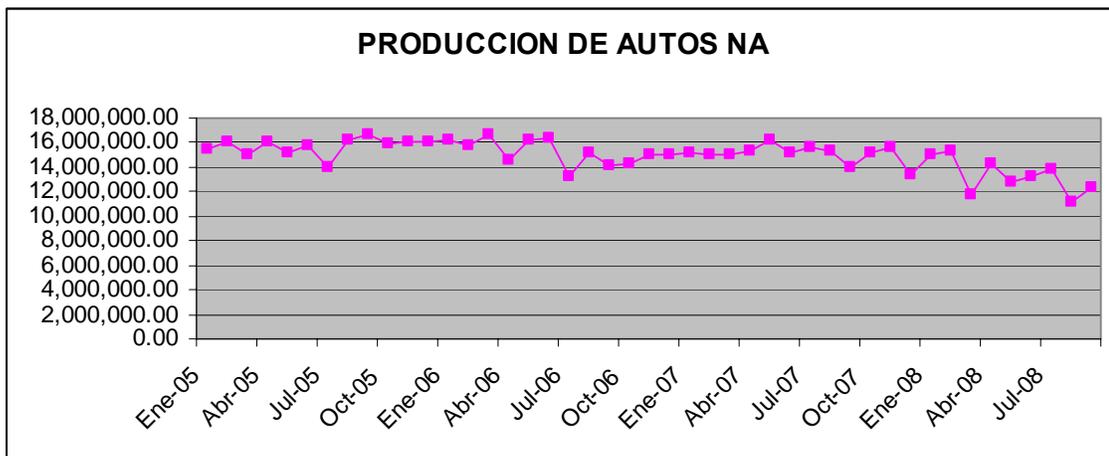


Fig 5.16 Gráfica de indicador producción de autos en Norteamérica.

Con estos datos se corren los análisis de regresión para los diferentes artículos, con los siguientes resultados:

Para el V49-130:

$$Y = -3449 - 8.2IGAE + 0.000229PIB - 0.0012AUTOMEX + 177AUTONA \quad (5-1)$$

Con $R^2 = 12.5\%$; lo cual indica la probabilidad que se cumpla esta ecuación de regresión, esto lo podemos confirmar con gráficas de residuales:

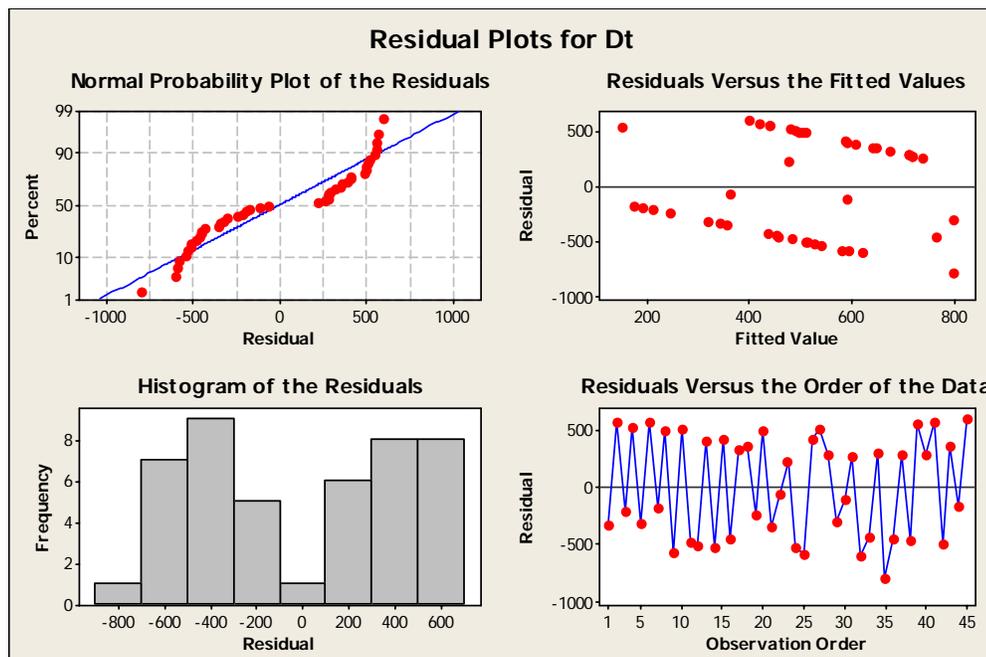


Fig 5.17 Gráficas de residuales para ecuación (5-1).

Donde se puede observar que el nivel de los residuales es muy grande, y por lo tanto no se recomienda para el desarrollo de pronósticos.

Para el EO-19303-1:

$$Y = -5651 + 195IGAE - 0.000855 - 0.0046AUTOMEX + 3.8AUTONA \quad (5-2)$$

Con $R^2 = 9.8\%$; lo cual indica una probabilidad muy baja de que se pueda dar esta regresión, analizando los residuales:

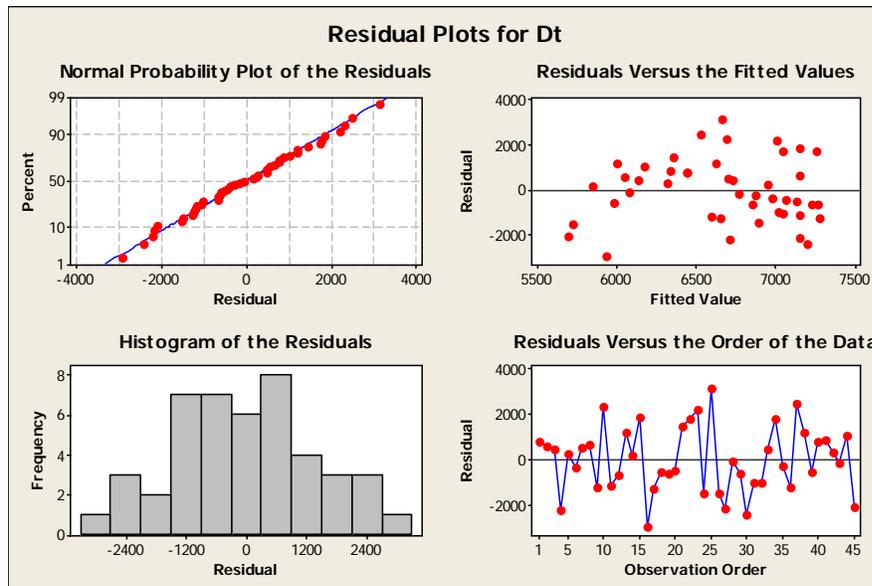


Fig 5.18 Gráficas de residuales para ecuación (5-2).

Podemos observar que los niveles de los residuales son altos y no presentan tendencia, por lo que no se puede recomendar el método para generar pronósticos.

Los demás resultados, son similares, por lo que la conclusión general es que estas variables independientes no son las adecuadas para la generación de regresiones, por lo que al utilizar estas variables, como variables explicativas no se puede generar un método estadísticamente significativo para proponer pronósticos.

5.4.7 MÉTODO ARIMA.

Para el desarrollo adecuado de estos métodos, se debe contar con herramientas computacionales adecuadas, además de requerir un nivel de conocimiento elevado y tiempo de proceso. Se utiliza para estos ejercicios el análisis a partir de MiniTab.

Los diferentes productos tipo analizados, se propondrán con un modelo inicial a partir del análisis de sus graficas de autorrelación y de autocorrelación parcial:

Para el V49-130

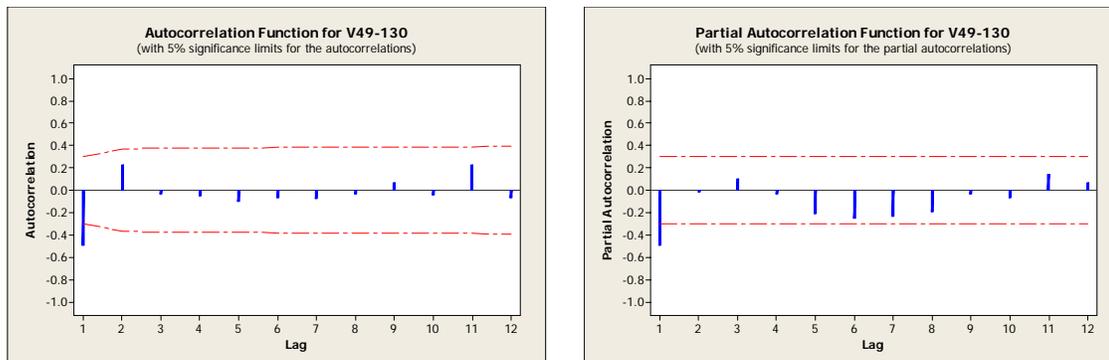


Fig 5.19 Gráficas de correlación directa y parcial para V49-130.

Del análisis de estas gráficas se define iniciar con un modelo ARIMA(1,0,1)

Para el EO-19303-1

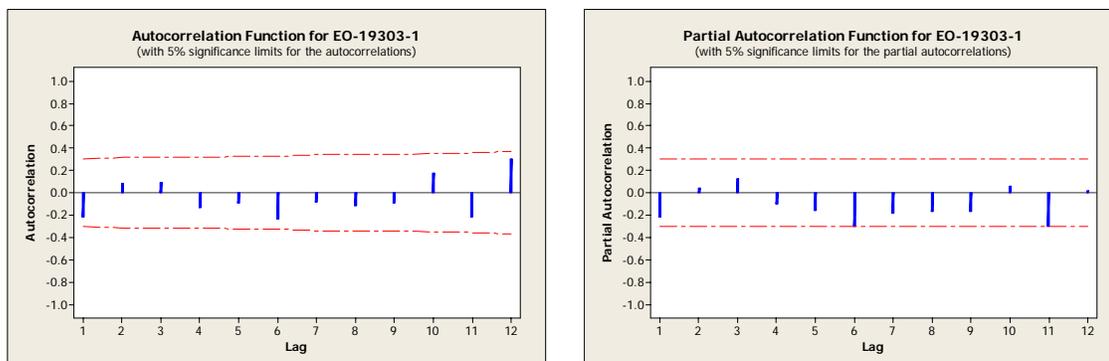


Fig 5.20 Gráficas de correlación directa y parcial para EO-19303-1.

Se define iniciar con un modelo ARIMA(1,1,1) debido a que no se observa que la serie sea estacionaria.

Para el 05980M

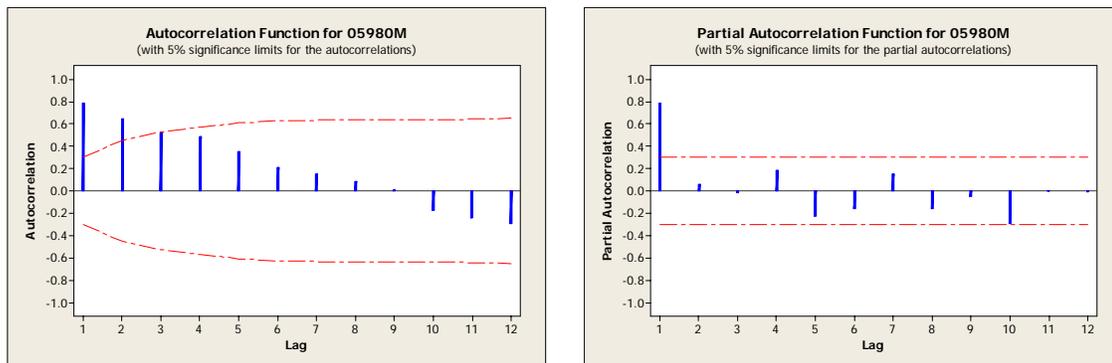


Fig 5.21 Gráficas de correlación directa y parcial para 05980M.

Se define iniciar el análisis con un modelos ARIMA(1,0,0).

Para el EO-19201-1:

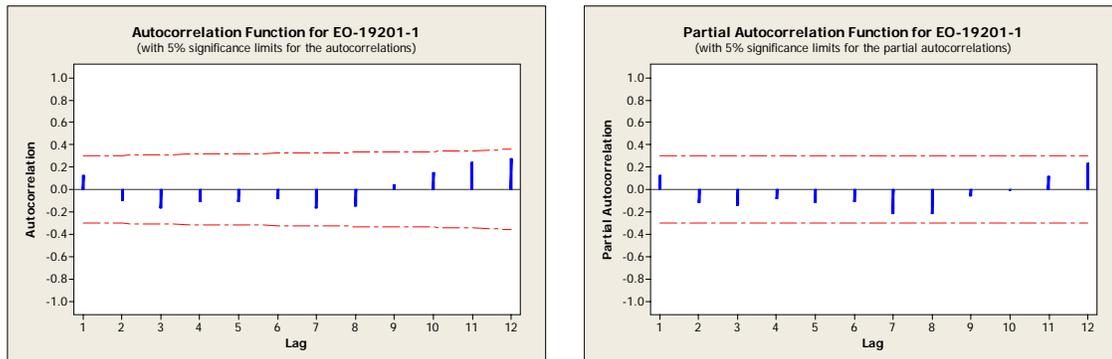


Fig 5.22 Gráficas de correlación directa y parcial para EO-19201-1.

A partir de estas graficas de autocorrelación se define el inicio para el método Box-Jenkins sea con un modelo ARIMA(1,1,1).

Para el A3074982

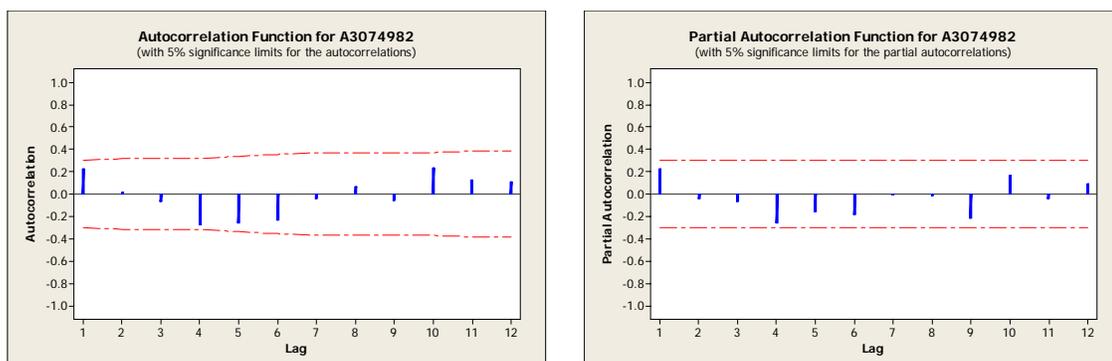


Fig 5.23 Gráficas de correlación directa y parcial para A3074982.

En este caso se define iniciar con un modelo ARIMA(1,0,1).

A continuación se presentan los resultados, de los productos tipo analizados, y la configuración ARIMA con la se obtuvo el mejor valor p :

Periodo	V49-130	EO-19303-1	05980M	EO-19201-1	A3074982
46	217	6560	1963	298	653
47	630	5396	2007	373	795
48	510	5043	2051	339	818
49	510	5819	2095	348	813
50	510	5187	2139	340	802
51	510	5337	2183	338	789
52	510	5408	2227	334	775
53	510	5196	2270	331	762
54	510	5281	2314	328	748
55	510	5221	2358	325	735
56	510	5159	2402	321	721
57	510	5165	246	318	708
ARIMA	(0,0,2)	(2,1,0)	(0,1,1)	(1,1,0)	(1,1,1)

Tabla 5.10 Pronóstico generado por método ARIMA.

5.4.8 REDES NEURONALES.

Para el caso del análisis con red neuronal, es necesaria la programación del modelo y el desarrollo del proyecto en si.

La arquitectura del proyecto se definió, suficiente para el desarrollo de 33 señales de entrada y las 12 señales de salida buscadas, con una oculta con 20 nodos. La arquitectura de red es lineal y se encuentra desarrollada para estos casos particulares.

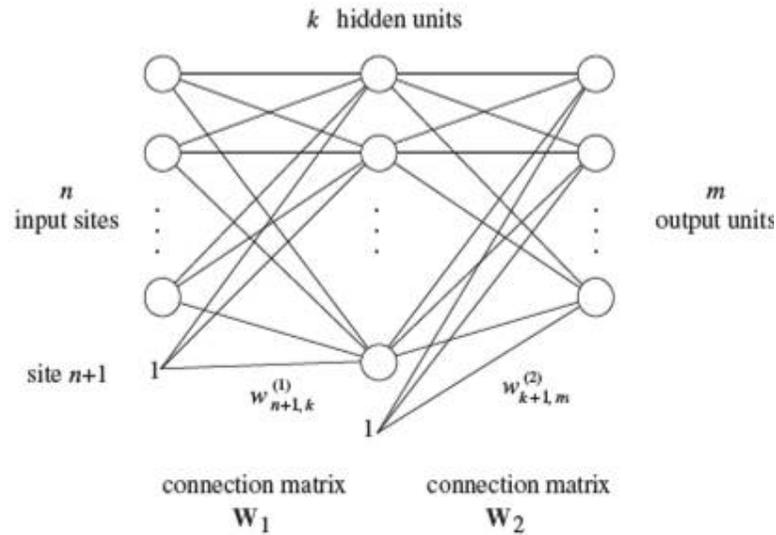


Fig 5.24 Esquema de arquitectura de redes neuronales.

Se utilizaran 33 señales de salida, con la finalidad de utilizar 12 datos para el periodo de entrenamiento, en el cual se definieron 200 ciclos entrenamiento. También se debe mencionar que para el desarrollo de la función sigmoidea se requieren normalizar los datos, por lo que se requiere aplicar la siguiente formula:

$$Y_n = \frac{Y_i - Y_{\min}}{Y_{\max} - Y_{\min}} \cdot 0.8 + 0.1 \quad (5-3)$$

Para su desarrollo se utilizó el programa desarrollado por Granados [67]

El resultado es el siguiente:

Periodo	V49-130	EO-19303-1	05980M	EO-19201-1	A3074982
46	1000	7214	2321	498	0
47	0	7387	1880	498	0
48	0	6947	1712	512	0
49	942	8051	2321	688	1938
50	0	8051	2321	1019	0
51	874	6251	1712	1325	0
52	0	4312	1712	1569	0
53	732	4912	1203	1931	0
54	648	5178	1112	2578	1877
55	0	5178	546	3124	2312
56	492	5241	0	4213	2401
57	0	5482	0	5301	1389

Tabla 5.11 Pronóstico generado por redes neuronales.

5.4.9 COMPARACIÓN DE RESULTADOS.

a continuación se muestran las graficas de comparación con los datos reales obtenidos en los siguientes 12 periodos, es muy importante destacar que los elementos de la situación económica global se presentaron justamente en el punto de quiebre en el periodo 45-46, por lo que los resultados presentan un muy fuerte sesgo:

Para el V49-130:

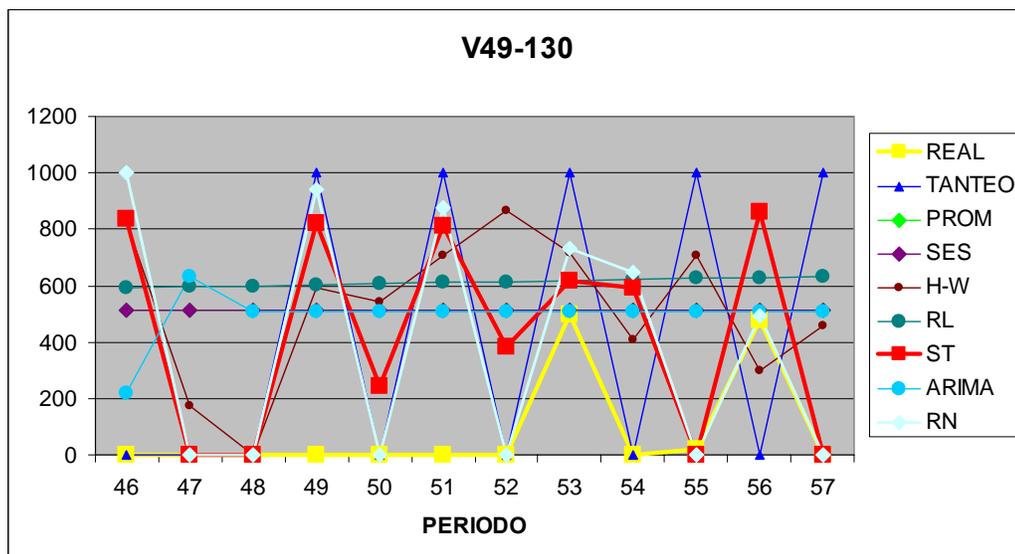


Fig 5.25 Gráfica comparativa de pronósticos para V49-130.

Para el EO-19303-1

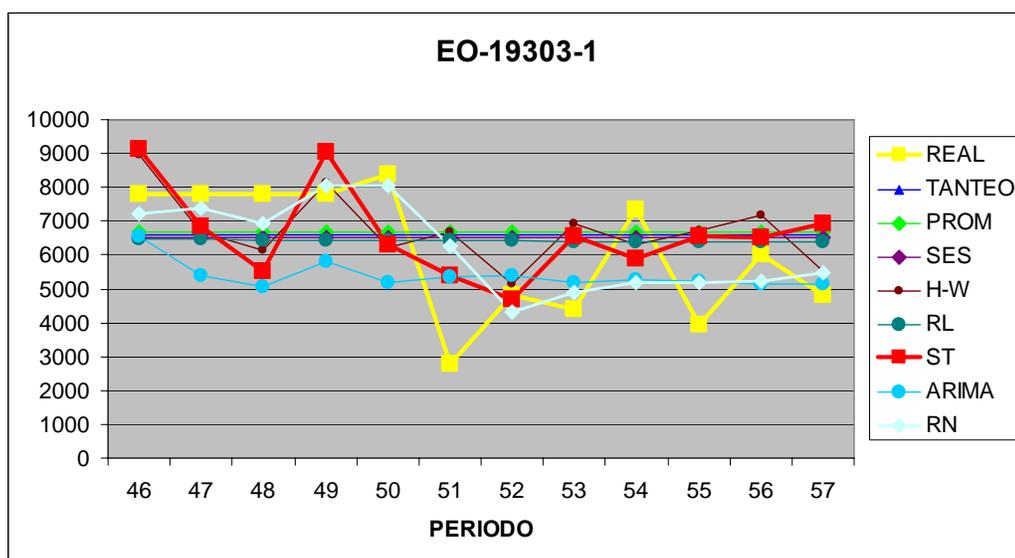


Fig 5.26 Gráfica comparativa de pronósticos para EO-19303-1

Para el 05980M, nótese que no se toman los resultados del H-W:

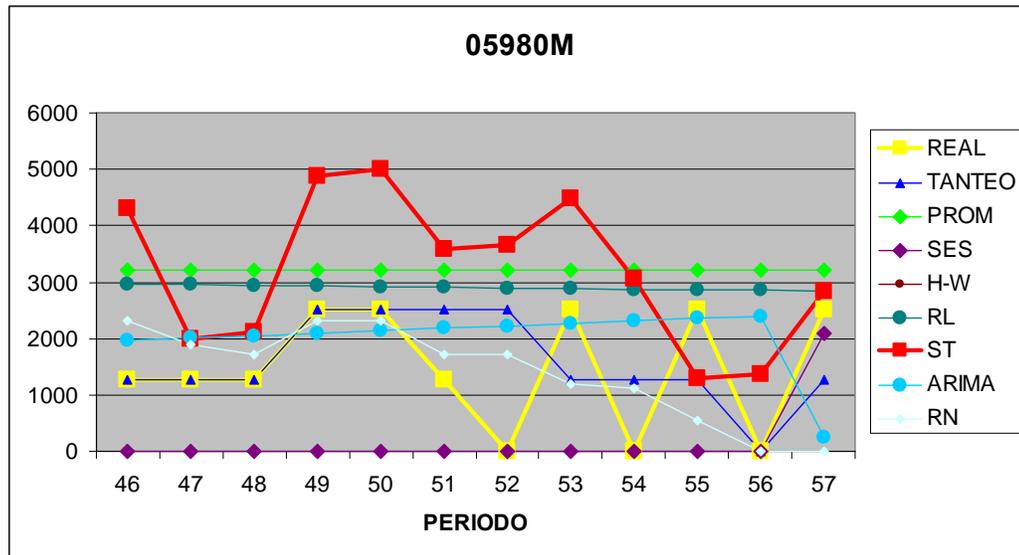


Fig 5.27 Gráfica comparativa de pronósticos para 05980M-

Para el EO-19201-1

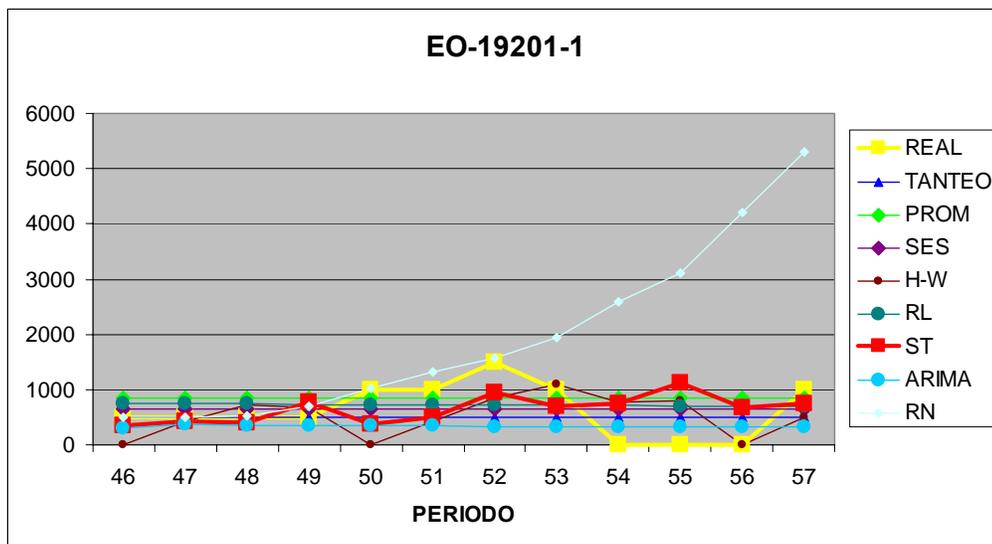


Fig 5.28 Gráfica comparativa de pronósticos para EO-19201-1

Para el A3074982:

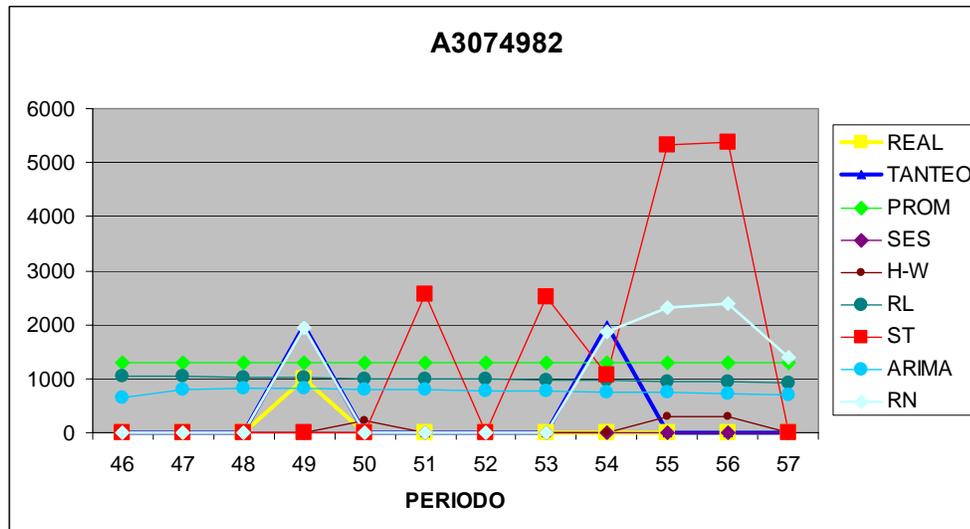


Fig 5.29 Gráfica comparativa de pronósticos para A3074982.

Hasta este punto, podemos observar que los mejores resultados se encuentran con los métodos más complejos, a excepción del EO-19201-1 en el que el pronóstico generado por redes neuronales tuvo un fuerte crecimiento, que desde el momento de su generación resulta en una particularidad.

5.4.10 AJUSTE DE MÉTODOS CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS.

Para que cualquier enfoque de predicción sea realista y pertinente en términos prácticos, debe evitar los dos problemas primordiales a los que se enfrenta el enfoque tradicional de la predicción estadística: 1) la selección basada en qué tan bien se ajusta un modelo a los datos disponibles para pronósticos con un periodo adelantado y 2) suponer constancia de los patrones o relaciones.

Al principio, las características deseadas del nuevo enfoque podrían parecer contradictorias. Por ejemplo, cualquier modelo de series de tiempo debe fundamentarse en datos del pasado. Al mismo tiempo, sabemos que el futuro no puede ser el mismo que el pasado. Además, se deben usar todos los datos para desarrollar el modelo de predicción, ya que de otra forma se podría perder cierta información; a la vez, se aboga por la idea de que se debe hacer una prueba externa a la muestra. Estos requerimientos aparentemente contradictorios pueden lograrse simultáneamente si se está dispuesto a reconceptualizar el enfoque del modelo y la predicción estadísticos.

En lugar de emplear todos los puntos de datos para desarrollar un modelo de predicción, se puede utilizar inicialmente cierta parte de los puntos de datos para desarrollar el modelo y hacer las predicciones. Puesto que existen datos reales más allá de los usados para desarrollar el modelo, la exactitud de los pronósticos reales de los modelo pueden probarse para cada uno de los pronósticos. Las medidas de precisión, como el MAPE, MSE y MAD

para pronósticos con m periodos adelantados pueden, por lo tanto, calcularse. Una vez que tales medidas se han calculado, puede emplearse un punto de datos más, hacer nuevamente m pronósticos y registrar su precisión predictiva real. El proceso puede repetirse, cada vez utilizando un punto de datos más, hasta que se hayan usado todas las observaciones excepto una. Este tipo de verificación se puede llamar externa a la muestra.

A partir de este momento se deben combinar los datos cuantitativos con la información que pueden proporcionar los diferentes involucrados en el proceso de pronóstico, resulta de importancia el involucrar a todos aquellos que podrían hacer uso o se pueden ver afectados por el desarrollo del pronóstico. Como se mencionó, la utilización de una combinación de métodos puede llevar a un mejor pronóstico frente a los periodos futuros, debido a que en variadas ocasiones el futuro se puede separar de los patrones o tendencias del pasado. Sin embargo, se debe tener especial atención a la información basada en perspectivas, ya que por lo general se mantienen sesgos y limitaciones.

5.4.10.1 Sesgos y limitaciones.

Existen dos hallazgos clave provenientes de la psicología cognoscitiva o discrecional que se refieren al juicio humano: 1) la habilidad humana para procesar información es limitada y 2) la gente es adaptativa [57]. Para comprender el proceso de juicio, es necesario especificar el contexto en el cual ocurre. De la literatura psicológica sabemos que la gente está fuertemente motivada para entender, y por lo tanto, controlar el ambiente en el que vive. Esta búsqueda por entender y controlar es la razón de ser de la predicción, planificación y estrategia. Sin embargo, los resultados reales que la gente experimenta dependen no sólo de sus propias acciones, sino también de factores fuera de su control.

Una gran cantidad de pruebas indican que las búsquedas de información superficiales y los sesgos de procesamiento causan errores significativos en el proceso de toma de decisiones [58]. Algunos sesgos y limitaciones son particularmente comunes y significativos por su impacto en las situaciones de predicción. Saber el modo en que éstos aparecen y como podrían controlarse puede mejorar sustancialmente el desempeño de los métodos de predicción discrecionales, a continuación se muestran algunos sesgos sugeridos por Armstrong [59]:

- Exceso de confianza en los juicios de valor; la gente tiene excesiva confianza acerca de la exactitud de sus pronósticos, cuando se cuenta con información adicional se aumenta drásticamente dicha confianza y se debe tomar en cuenta que la exactitud y la confianza no están correlacionadas, los que son los más confiados no necesariamente son los pronosticadores más exactos.
- Correlaciones ilusorias; desafortunadamente debido a la fuerte necesidad de dominar y controlar el ambiente, la mayoría de los pronosticadores están sumamente motivados para ver pautas en el medio cuando podría no haber ninguna. A esta necesidad de inferir pautas se le conoce en psicología como correlación ilusoria. Este sesgo discrecional es de fundamental importancia para la predicción. Por lo menos, los pronosticadores que utilizan los resultados de modelos cuantitativos deben observar la varianza estimada de las predicciones para tener una idea del alcance de la incertidumbre futura.

- Sesgo de disponibilidad; este problema, el cual se refiere a la tendencia humana a recordar situaciones y sucesos selectivamente [60], un sesgo muy relacionado con la disponibilidad es lo reciente. La gente tiene a recordar la información acerca de sucesos recientes más fácilmente que aquella sobre sucesos más antiguos. Por lo tanto, los hechos recientes influyen sus juicios de valor introduciendo el sesgo de lo reciente.
- Anclado; esto representa el fenómeno de dar un desproporcionado peso a un dato o información, más que a información objetiva generada por algún reporte formal, en particular en las organizaciones se le da mayor peso a la perspectiva de los empleados de mayor rango.
- Sesgo de retrospectiva; raramente la gente se sorprende por los sucesos que ya han transcurrido, aun cuando esa misma gente pueda tener problemas considerables al pronosticar los mismos sucesos, una vez que cierto suceso se da, a la gente le parece fácil explicarlo, o llegar a la conclusión que sabía que sucedería tal y como pasó. En otras palabras, aprender es difícil o imposible si no se está dispuesto a aceptar errores.
- Subestimación de la incertidumbre; una de las principales consecuencias de los sesgos discrecionales mencionados es que se subestima de forma grave la incertidumbre asociada con sucesos futuros, una evaluación realista de la incertidumbre es uno de los aspectos más importantes de la predicción discrecional.
- Inconsistencia de los juicios de valor; desafortunadamente, el humor y otros factores diversos tienen una influencia significativa en las decisiones y acciones y marcan con inconsistencias los juicios de valor, la inconsistencia de las decisiones rutinarias cotidianas introduce sesgo y su resultado puede ser pérdidas reales o de oportunidad para la organización.

5.4.10.2 Juicios de la fuerza de ventas

A continuación, se toman en cuenta la información que la fuerza de ventas tiene sobre el mercado y su percepción general.

- Se debe considerar es relativo a un cliente de materiales exportación, con el cual justo acaba de terminar dos periodos atrás, una negociación de un fuerte aumento de precio de alrededor de 62%, dando como resultado la aceptación por parte del cliente, sin embargo, se mantiene un ambiente de temor, relativo a que el cliente comience a buscar una proveeduría aparte, por este punto, se considera el cambio de tendencia pronosticada, y se disminuye el volumen considerado en los 37 productos (3.35%) que se le están surtiendo, esto, principalmente a partir de 5 periodos adelante, considerando tiempo para el desarrollo de su proveeduría.
- La liberación de productos ya de línea, pero que durante los últimos meses han estado presentando problemas de calidad, implica cierto cambio de tendencia; es decir por ejemplo, una línea de materiales laminados con malla, estuvo presentando niveles de desecho hasta tocar el 16%, nivel que es muy alto para un proceso productivo, al desarrollar la labor de procesos y mejorar esta situación se considera que esta línea de productos este retomando mercado y se aumente considerablemente su venta; de igual modo se considera por la fuerza de ventas, sobre toda la línea de materiales, considerando un total de 244 productos (22.10%); de este modo, se considera un cambio de tendencia y venta, incluso llegando a prácticamente el doble de lo pronosticado por los métodos cuantitativos, principalmente a partir de 3 periodos adelante.

- Para clientes específicos de equipo original armadora, que en este caso abarcan a dos armadoras con un total de 36 productos, los cuales representan un 3.26% del total, se puede considerar la información proporcionada por los compradores mismos a la fuerza de ventas; en estos casos los requerimientos son enviados por medio de una plataforma EDI con un amplio espectro de proyección que llega a abarcar hasta 6 meses de plan, este tipo de productos se sabe con seguridad que su venta llegará pues son principalmente aquellos que periodo tras periodo presentan venta, por lo tanto la fuerza de ventas se muestra suficientemente optimista para proyectar venta en niveles altos y estables, bajo el argumento de que si por algún aspecto extraordinario la venta no se llegará a concretar en el periodo de pronóstico seguramente se dará en el siguiente periodo.
- Para el caso del mayor cliente distribuidor en USA, al cual se le surten la mayor cantidad de productos con un total de 292 productos (26.45%), la fuerza de venta cuenta con una proyección de compra que contiene información de 12 periodos futuros, por parte del cliente, sin embargo, se considera de baja credibilidad pues en la experiencia se han presentado grandes variaciones a lo largo de los periodos; aún con esto, la recomendación de la fuerza de ventas es considerar una combinación del pronóstico del cliente y el resultado del cálculo de pronóstico, esto ya implica un esfuerzo considerable por la cantidad de productos a analizar, lo cual añade una variable de complicación a este proceso.
- Un dato de suma importancia añadido por la fuerza de ventas es la proyección de ventas de nuevos productos o nuevos proyectos; este proceso solo puede ser considerado por este medio ya que al tratarse de productos nuevos no se cuenta con ningún historial ni datos de venta pasada; esto conlleva la responsabilidad del desarrollo de pronóstico al personal de marketing; sin embargo, para el caso de la venta de autopartes, el proceso se enfoca al tamaño de proyecto negociado con cada uno de los cliente en el proceso de venta. En este caso la información obtenida con estos fines indica que se estarían desarrollando 52 nuevos productos clasificados como juntas de hule, 4 clasificados como juntas duras y 35 juntas blandas; de todos esto ya se cuenta con orden de compra y se tiene liberado para el inicio de producción. Igualmente se consideran 10 productos clasificados como retenes, 5 clasificados como juntas duras y 2 piezas de hule, como negocios factibles, esto quiere decir que aunque no se cuenta con orden de compra, la fuerza de ventas considera, con alto nivel de confiabilidad, que se estaría obteniendo a lo largo de los siguientes 4 ó 5 periodos. Para todos estos proyectos se cuenta con un estudio de factibilidad, donde se muestra la capacidad necesaria en maquinaria, materias primas y mano de obra, esta información es la que será utilizada para el desarrollo de la administración de recursos.
- A continuación se considera la información relativa al entorno económico actual, para este punto la fuerza de ventas considera un alto nivel de incertidumbre tanto en el mercado cambiario como en la economía mundial, por lo que las consideraciones para exportaciones son reconsideradas, para este proceso se consideran los productos de exportación, lo que implica 541 productos (49.00%) que son reducidos en forma general por efecto de la incertidumbre en un 11%, sin embargo, se considera el efecto de crecimiento de oportunidades para los países en desarrollo, punto en el cual México se encuentra en una posición inmejorable geográfica y comercialmente en relación con Estados Unidos, por lo que también se considera un probable aumento de la venta por estas causas considerando alrededor de un 5% de aumento, con todo esto da como resultado una reducción general del 6%.

5.4.10.3 Juicios de ejecutivos

El desarrollo propuesto para obtener pronósticos sugiere la recopilación de información con todos los involucrados y afectados por los pronósticos, al ser estos el inicio sobre el cual se genera el proceso del negocio, se debe tomar juicio a los líderes de la organización, obteniendo en algunos puntos discreción sobre varios puntos, que deben ser recopilados por parte del responsable de los pronósticos:

- ▲ El jurado de opinión ejecutiva considera importante indicar el desarrollo y venta de productos clasificados como termoplásticos, estos productos representan un nuevo proyecto en el que se está considerando crecimiento, sin embargo no se cuenta con información del nivel al cual se considera que pudiera elevarse esta venta.
- ▲ El jurado de opinión ejecutiva considero demasiada alta la expectativa de crecimiento con respecto a lo generado con el proceso de pronóstico por parte de la fuerza de ventas y considera necesario limitar ese crecimiento a valores más conservadores, sin que esto limite fuertemente el crecimiento proyectado.
- ▲ Se considera subestimado el crecimiento que puede llegar a tener el crecimiento para clientes de exportación, incluso superando las expectativas de reducción y considerando un efecto global de aumento de alrededor del 12% de crecimiento.
- ▲ Los líderes de la organización, manifestaron su interés por limitar el uso de los recursos, como parte de los objetivos generales de la empresa se encuentra el aumento de rentabilidad y se estaría buscando la forma de reducir los recursos utilizados para un aumento de productividad.

5.4.10.4 Resultados del ajuste por métodos cualitativos

Aplicando estos juicios, se vuelven a presentar los mismos resultados, excepto el de tanteo, ya con el ajuste por estos métodos cualitativos:

Para el V49-130

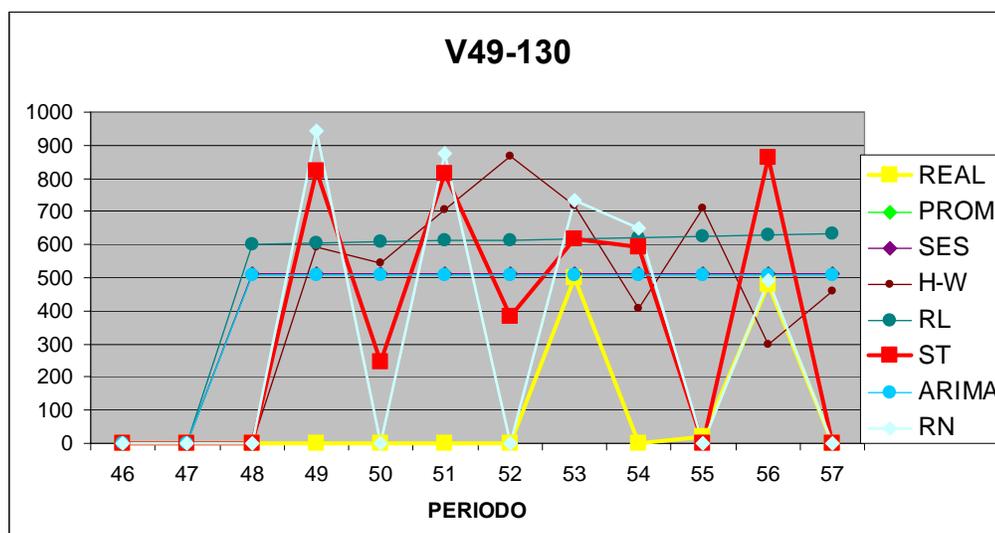


Fig 5.30 Gráfica comparativa de pronósticos ajustados para V49-130.

Para el EO-19303-1

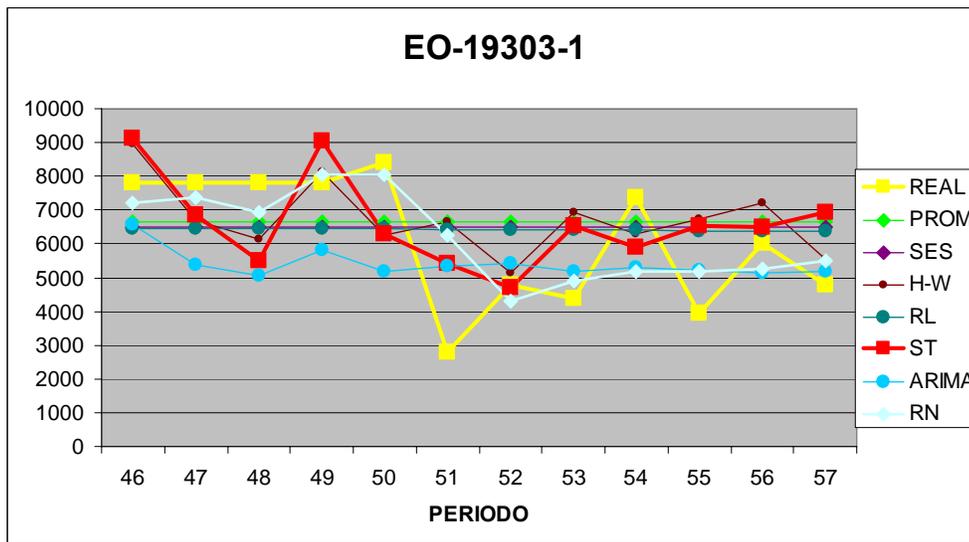


Fig 5.31 Gráfica comparativa de pronósticos ajustados para EO-19303-1.

Para el 05980M

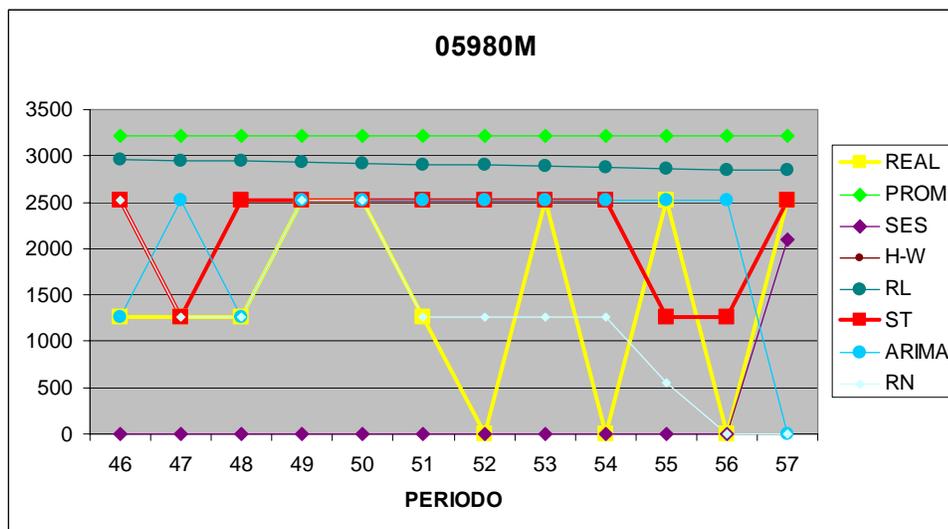


Fig 5.32 Gráfica comparativa de pronósticos ajustados para 05980M.

Para el EO-19201-1

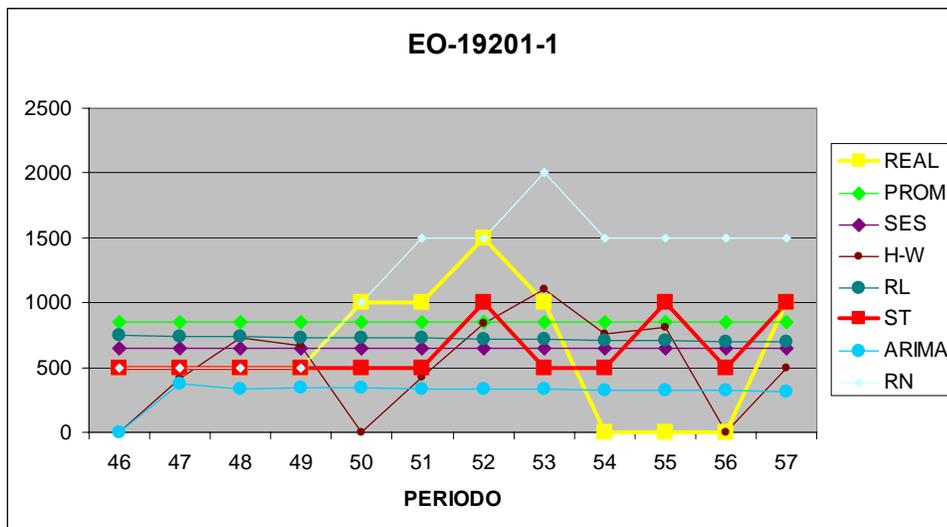


Fig 5.33 Gráfica comparativa de pronósticos ajustados para EO-19201-1.

Para el A3074982

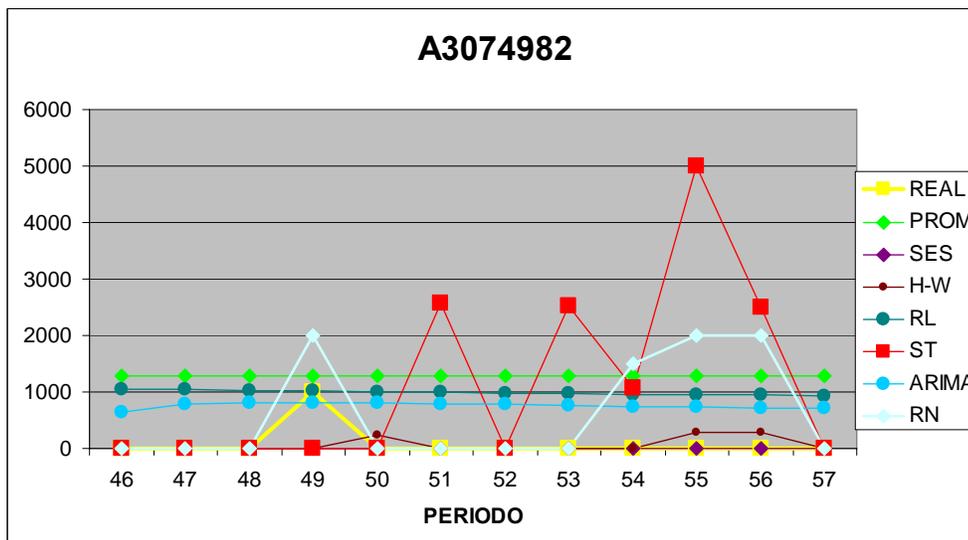


Fig 5.34 Gráfica comparativa de pronósticos ajustados para A3074982.

Con este proceso, se observa que se puede mejorar el proceso de generación de pronósticos y, por lo tanto, los errores de los mismos deben ser menores.

5.4.11 EVALUACIÓN DE ERRORES DE PRONÓSTICO.

Utilizando los índices de evaluación de pronósticos descritos en la sección 4, tenemos los siguientes resultados por producto:

Para el V49-130

	TANTEO	PROM	SES	H-W	RL	ST	ARIMA	RN
MAD	413.33	427.67	430.67	472.25	529.25	351.17	412.25	310.67
MAE	635.38	485.45	488.33	567.41	583.01	500.64	477.28	533.05
MAPE	1700%	821%	827%	1174%	1027%	68%	819%	50%
CFE	\$39,349	\$40,714	\$40,999	\$44,958	\$50,384	\$33,431	\$39,246	\$29,575

Tabla 5.12 Evaluación de pronósticos para V49-130.

Donde podemos observar que los métodos que generaron los menores errores fueron las redes neuronales y la descomposición por series de tiempo.

Para el EO-19303-1

	TANTEO	PROM	SES	H-W	RL	ST	ARIMA	RN
MAD	1685.17	1685.17	1685.17	1581.50	1664.33	1624.67	1675.33	980.50
MAE	1972.08	1988.22	1949.36	1966.90	1918.19	1884.56	1986.68	1387.54
MAPE	36%	36%	35%	34%	35%	32%	29%	22%
CFE	\$5,610	\$5,610	\$5,610	\$5,265	\$5,541	\$5,409	\$5,577	\$3,264

Tabla 5.13 Evaluación de pronósticos para EO-19303-1.

Aquí, podemos observar que el pronóstico generado por redes neuronales tiene un muy buen desempeño, seguido por el ARIMA y la descomposición por series de tiempo.

Para el 05980M

	TANTEO	PROM	SES	H-W	RL	ST	ARIMA	RN
MAD	735.00	1750.00	1295.25	1470.00	1433.17	1951.17	1133.25	968.17
MAE	1139.71	2108.89	1703.76	1861.14	1829.24	2291.20	1483.21	1284.42
MAPE	63%	85%	91%	100%	67%	98%	43%	50%
CFE	\$3,311	\$7,882	\$5,834	\$6,621	\$6,455	\$8,788	\$5,104	\$4,361

Tabla 5.14 Evaluación de pronósticos para 05980M.

Aquí, se vuelve a ver que el método que genera los menores errores es el de redes neuronales, en este caso seguido del ARIMA.

Para el EO-19201-1

	TANTEO	PROM	SES	H-W	RL	ST	ARIMA	RN
MAD	375.00	434.00	398.83	449.50	416.17	451.17	454.58	1313.67
MAE	500.00	538.67	483.02	572.21	491.38	566.80	569.55	2208.79
MAPE	53%	43%	35%	51%	40%	36%	53%	67%
CFE	\$3,530	\$4,085	\$3,754	\$4,231	\$3,917	\$4,246	\$4,279	\$12,364

Tabla 5.15 Evaluación de pronósticos para EO-19201-1.

En este caso particular, se observa que el pronóstico generado por redes neuronales se desbordo, y el mejor resultado es el generado a través de descomposición por series de tiempo.

Para el A3074982

	TANTEO	PROM	SES	H-W	RL	ST	ARIMA	RN
MAD	250.00	1205.67	83.33	152.17	907.17	1489.00	707.75	743.08
MAE	674.20	1291.94	301.51	334.36	988.79	2566.27	758.61	1259.24
MAPE	100%	29%	100%	100%	2%	100%	19%	94%
CFE	\$1,184	\$5,709	\$395	\$721	\$4,296	\$7,051	\$3,351	\$3,519

Tabla 5.16 Evaluación de pronósticos para A3074982.

En este caso la evaluación del MAPE para la regresión lineal da un resultado muy favorable, sin embargo para este caso el MAPE no debe ser considerado puesto que la demanda real presenta 11 ceros. Tomando en cuenta el punto anterior, podemos definir que los métodos Holt-Winters y suavización exponencial dieron los mejores resultados, al ser los que presentan los pronósticos más bajos.

Con toda esta información se debe determinar el método explícito para la generación posterior de pronósticos en la empresa.

6. RESULTADOS DEL MODELO

A partir de los datos estudiados, se procede a hacer el análisis de los resultados, con la finalidad de identificar el método más óptimo, para este fin se considera el siguiente parámetro de análisis de valor agregado:

$$VAM = \frac{CFE_{\text{tanteo}} - CFE_i}{CM_i} \quad (6-1)$$

Donde:

VAM	se definirá como el valor agregado del método analizado.
CFE_{tanteo}	el CFE del método de tanteo, que sirve como referencia.
CFE_i	el CFE del método en evaluación.
CM_i	Costo de la aplicación del método en evaluación.

Para el valor de CM_i se tendrá que evaluar en unidades de moneda, todos los puntos relacionados con el costo para la empresa del desarrollo del método en evaluación, tanto el pago de licencias para software especializado junto con los requerimientos de hardware, así como del nivel de conocimiento técnico que requiere el personal que lo estaría manejando en combinación con el tiempo necesario para la generación del pronóstico.

Se considera como base de comparación el método simple de “tanteo” debido a que este no requiere mayor inversión en equipo o conocimiento previo, por lo tanto el valor del costo de la aplicación del método en evaluación debe mejorar contra este valor.

En este análisis, solo se considerará el tiempo de generación del pronóstico evaluado a una tasa de salario de la empresa promedio para planeadores de \$125.00 la hora. Generando los siguientes costos:

	Tiempo	CM
PROM	0.08	\$10
SES	0.25	\$31
H-W	0.37	\$46
RL	0.30	\$38
ST	0.42	\$52
ARIMA	0.63	\$79
RN	2.58	\$323

Tabla 6.1 tiempo y costo de proceso promedio medido.

A partir de esta tabla, se generan los indicadores para los productos estudiados con los métodos generados de manera directa:

	PROM	SES	H-W	RL	ST	ARIMA	RN
V49-130	- 131	- 53	- 122	- 294	114	1	30
EO-19303-1	-	-	8	2	4	0	7
05980M	- 439	- 81	- 72	- 84	- 105	- 23	- 3
EO-19201-1	- 53	- 7	- 15	- 10	- 14	- 9	- 27
A3074982	- 434	25	10	- 83	- 113	- 27	- 7
Prom	- 212	- 23	- 38	- 94	- 23	- 12	- 0

Tabla 6.2 evaluación de VAM.

Y los mismos métodos estudiados, con el ajuste de los métodos cualitativos, nos da como resultado:

	PROM	SES	H-W	RL	ST	ARIMA	RN
V49-130	216	125	35	- 27	172	68	52
EO-19303-1	-	-	5	1	3	0	7
05980M	- 146	- 48	- 50	- 54	- 13	- 14	- 1
EO-19201-1	- 18	- 4	- 11	- 7	5	- 10	- 5
A3074982	- 145	15	7	- 53	- 63	- 22	- 4
Prom	- 19	17	- 3	- 28	21	5	10

Tabla 6.3 evaluación de VAM para métodos ajustados.

Por este análisis, se puede observar que aunque el método de redes neuronales ajustado genera los mínimos errores el valor agregado es en promedio un poco menor que el de descomposición por series de tiempo ajustado.

Por estos puntos se considerará la utilización del método de descomposición de series de tiempo ajustándolo siempre por medio de los métodos cualitativos, pues el que genera los mejores resultados.

De este modo, se procede a hacer la generación total del pronóstico detallado, esto es para la gama completa de productos; incluyendo definiciones, alcances y explicaciones.

7. CONCLUSIONES

7.1 ANÁLISIS DE DATOS.

En el desarrollo de este estudio, se pudo encontrar que es de suma importancia el manejo de los datos disponibles, en casos la información podría estar manipulada. El uso de sistemas de información como ERPs es muy útil y conserva en gran medida registros de datos para estos estudios.

Sin embargo, se debe tomar en cuenta que no siempre la información es la que se va a utilizar y que estará libre de elementos extraordinarios, por lo que se sugiere de antemano dar siempre un tratamiento a los datos que se tienen, para ubicar algún elemento extraordinario.

7.2 MODELO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE.

El resultado del estudio del modelo de regresión múltiple no debe ser tomado como una referencia general, sino un caso particular específico del tipo de negocio y demanda de este caso de estudio. Inicialmente se tomo como base lo referido por Shahabuddin (2009) [70], sin embargo su estudio esta referido a la producción de autos y no a la de autopartes de refacciones, que aunque se pudiera creer que están relacionados, para el caso de estudio no se pudo evidenciar una relación significativa entre los datos económicos estudiados y los pronósticos referidos.

Adicionalmente se sugiere tomar estos indicadores económicos como referencias para ajuste, una vez que ya se ha desarrollado el modelo estadístico, mas al no lograr una relación directa se deberá estimar de acuerdo a la experiencia de los usuarios.

7.3 GENERACIÓN DE PRONÓSTICOS.

Actualmente están disponibles una buena cantidad de métodos para la generación de pronósticos, aprovechando los avances en el campo de la informática y utilizando los últimos equipos computacionales se ha venido acercando de manera más sencilla los métodos más complicados a los diferentes usuarios. Sin embargo, el proceso de pronósticos se desarrolla de una manera de caja negra en estos softwares, de tal manera que los usuarios pueden llegar a aplicar metodologías complejas sin mayor problema; sin embargo, como podemos observar en los diferentes resultados iniciales, el aplicar las metodologías sin un conocimiento no dará un resultado más óptimo que el del aplicar un pronóstico por tanteo simple.

Los resultados encontrados en la presente investigación nos llevan a considerar de una manera profunda el proceso de generación de pronósticos, como tal, como un proceso al que

se deben identificar sus diferentes componentes para lograr un mejor resultado; si bien en los procesos de manufactura se obtienen productos de mejor calidad al mejorar el proceso y se busca que esto sea de la manera más óptima, de igual manera al mejorar el proceso de generación, se obtendrán mejores pronósticos, considerando el punto de mayor eficiencia.

Con esta homología, podríamos definir que en un proceso de manufactura específico se debe considerar las máquinas necesarias para la producción de las piezas en cuestión, y no las más grandes o con la mayor precisión, si bien es cierto, que esta maquinaria obtendrá las piezas con una mayor facilidad, no se podría justificar la inversión y normalmente los encargados de tomar la decisión se inclinarán a una máquina que cubra sus necesidades con el valor mínimo de inversión. De esa misma manera, podemos referirnos al proceso de pronóstico, es importante estudiar por los diferentes métodos los posibles pronósticos a obtenerse, e identificar los costos implícitos en estos procesos.

Así como para el cliente o usuario final es importante el producto y no su proceso de fabricación, el proceso de generación de pronósticos es en su mayoría no es del interés de los equipos gerenciales [69] el pronóstico en sí mismo, es importante para la toma de decisiones, más no el proceso de cómo se generó. De esta manera, se recomienda la evaluación de valor agregado de los métodos de pronósticos, aplicándolos a las series de tiempo específicas de cada negocio, pues cada elemento a pronosticar contiene peculiaridades en su demanda. Y la utilización de la ecuación 6-1 puede apoyar este proceso de decidir el método de pronósticos correcto.

El desarrollo del índice de valor agregado, puede incluir otros puntos de valoración, como puede ser la inversión de licenciamiento del software necesario incluyendo los requerimientos de hardware del mismo, además, se debe considerar que la habilidad de los diferentes analistas puede variar y el tiempo para desarrollar los pronósticos por los diferentes métodos puede variar. Todo esto es de acuerdo a la homología propuesta, ya que en un proceso de manufactura, son factores importantes tanto la maquinaria como la mano de obra calificada para lograr las metas de la empresa; de igual manera se debe considerar una estrategia en el desarrollo de pronósticos con la finalidad de definir si la mayor inversión se enfocará en el desarrollo de la mano de obra calificada, en el software y hardware necesario o bien en el desarrollo de métodos más específicos a la demanda.

8. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

Ronald H. Ballou, "Business logistics / supply management: planning, organizing, and controlling the supply chain" 5th ed. (Phoenix, 2004)

Chopra, S y Meindl P. "Supply Chain Management" Prentice Hall 3 ed. 2008.

Spyros Makridakis, Steven C. Wheelwright, "Forecast Methods for Management" (1989).

Francis Diebold, "Elements of Forecasting" South Western College Publishing, (1998).

J. Holton Wilson, Barry Keating, "Business Forecasting with Accompanying Excel-Based ForecastXTM Software" (2007).

Hanke, J. H. y Wichern D.W. "Business Forecasting" 8th Ed Pearson. 2006.

Wallace, T.F. y Stahl, R.A. "Sales Forecasting: A New Approach" T.F Wallace & Company 2002.

[1] Warren Blanding, 11 Hidden Costs of customer services management (Washington, DC: Marketing Publications, 1974), pag. 3.

[2] James E. Doctker, "Basics of Fullfillment", Proceedings of the Council of Logistics Management (Nueva Orleans, LA: Council of Logistics Management, 24-27 de Septiembre de 2000), pag. 356.

[3] Steven G. Baritz y Lorin Zissman, "Researching Customer Service: The Right Way", Proceedings of the National Council of Physical Distribution Management, Vol. II (Nueva Orleans, LA, 25 de Octubre de 1983), pags. 608-619.

[4] Jay U. Sterling y Douglas M. Lambert, "Customer Service Research: Past, Present and Future", International Journal of Physical Dsitribution & Materials Management, Vol. 19, Núm. 2 (1989) págs. 14-17.

[5] John M. Krenn y Harvey N. Shycon, "Modeling Sales Response to Costumer Service for More Effective Distribution", Proceedings of the National Council of Physical Distribution Management, Vol. I (Nueva Orleans, LA: 2-5 Octubre 1983), pág. 593.

[6] Baritz y Zissman, "Researching Customer Service: The Right Way" pags. 610-612.

[7] Warren Blandig, "Customer Service Logistics", Proceedings of the Council of Logistics Management Vol. I, (Anaheim, CA: 5-8 de Octubre de 1986) pág. 367.

[8] Shingal y Hendricks, "El Estudio vincula las fallas imprevistas de la cadena de suministro con la caída de los precios de las acciones", OR / MS Today Vol 28, Núm 1 (Febrero 2001), pág 21.

- [9] Corsten, D. y Gruen, T. "Stock-outs cause walkouts", Harvard Business Review, Mayo 2004. pags. 26-28.
- [10] Maynard Refuse, "Reducing the Need to forecast", The international Journal of Logistics Management, Vol 6, No. 2, 1995, pags.103 – 108.
- [11] Larry Lapide, "Evolution of the Forecasting Function", The Journal of Business Forecasting, Primavera 2006. Pags. 22 – 28.
- [12] Thomas F. Wallace, Robert A. Stahl. "Sales Forecasting: A New Approach" T.F. Wallace & Company, 2002. pág 8.
- [13] Fischhoff, B. and Beard, C. "What Forecasts (seem to) Mean", International Journal of Forecasting, (1994), Vol 10, pags. 387-404.
- [14] Bunge, M. Scientific Research 1: The Search for system, Springer-Verlag (New York, NY 1967)
- [15] Wacker, J. G. "A definition of theory: Implications for Different Theory – Building Research methods in operations management", Journal of Operations Management (1998) Vol 16, págs. 361-385.
- [16] Makridakis, S. "Forecastings: Its Role And Value in Planning and Strategy", International Journal of Forecasting (1996) Vol 12, págs. 513-537
- [17] Ritzman, L. P. and King, B. E., "The relative significance of Forecast errors in Multistage manufacturing", Journal of operations Management (1993) Vol 11, págs 51-65.
- [18] James D. Farley, "El Economista: Caen Ventas de Ford y GM" (4 de Septiembre 2008).pág. 4
- [19] EFE, "El Occidental Guadalajara: En su nivel más bajo de 37 años compras de vehículos en Japón" (Tokio, 3 de septiembre 2008). Pág. F02
- [20] EFE, "El Occidental Guadalajara: Se desplomó 41.3% mercado automotriz español" (Madrid, 3 de septiembre 2008), pág. F02.
- [21] Jeffrey McCracken y John Stoll "Reforma: La crisis crediticia y automotriz ahogan la recuperación de Delphi" (29 de agosto 2008), pág. Negocios AN06.
- [22] David Aguilar Juarez, "El Universal: Aumenta la exportación de autos hacia EU" (28 de Agosto 2008), pág Finanzas B05.
- [23] Michael B. Clement, Senyo Y. Tse, "Do Investors Respond to Analysts' Forecast Revisions as if Forecast Accuracy Is All That Matters?" The Accounting Review Vol 78 No.1 January 2003. Pags 227-249.
- [24] APICS Dictionary, 12th Edition. 2008.

- [25] Moon, Y.B. "Enterprise resource planning (ERP): a review of the literature", *International Journal of Management & Enterprise Development* Vol. 4 No. 3. 2007 págs. 235-264.
- [26] Fischhoff, B. "What forecasts (seem to) mean", *International Journal of Forecasting*, Vol 10 Otoño 2007, Págs. 387-404.
- [27] Flores, B.E. Stading, G.L. y Klassen, R.D. "The business forecasting process: a comparison of differences between small and large Canadian manufacturing and service firms", *International Journal of Management & Enterprise Development*, Vol. 4. No. 4, 2007 págs. 387-402.
- [28] Smith, A.D. "Forecasting case studies: leveraging strategic management and project integration" *International Journal of Management & Enterprise Development*, Vol. 5, No. 1, 2008. págs 63-76
- [29] Catt, P.M. Barbour, R.H. y Robb, D.J. "Assesing forecast model performance in an ERP envitoment" *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 108, No. 5, 2008. págs. 677-697.
- [30] Zellner, A., "Statistics, Science and Public Policy", *Journal of the American Statistical Association*, 87 (1992) págs. 1-6.
- [31] Makridakis, S. y wheelwright, S. "The Handbook of Forecasting: A Manager's Guide" 2a. Ed (Nueva York, 1987).
- [32] Ronald H. Ballou, *Logística, administración de la cadena de suministro* (2004) págs. 291-296.
- [33] Robin M. Hogarth y Spyros Makridakis, "Forecasting and Planning: An Evaluation", *Management Science*, Vol. 27, Núm 2 (febrero 1981), págs 115-138.
- [34] Robin T. Peterson, "Sales Force Composite Forecasting-An Exploratory Analysis", *Journal of Business Forecasting* 8, núm 1, (primavera 1989) págs. 23-27.
- [35] Robin T. Peterson. "Improving Sales Force Composite: Forecasting by Using Scripts" *Journal of Business Forecasting*, (otoño 1993) págs. 10-14.
- [36] <http://www.src.isr.umich.edu/>
- [37] Bernard S. Husbands, "Electronic Mail System Enhances Delphi Method" *Journal of Business Forecasting* 1, núm 4, (verano 1982) págs. 24-27.
- [38] J. Holton Wilson y Deborah Allison-Koerber, "Combining Subjective and Objective Forecasts Improve Results" *Journal of Business Forecasting* 11, núm 3, (otoño de 1992) pág. 15.
- [39] Charles W. Chase, Jr. "Forecasting Consumer Products" *Journal of Business Forecasting* 10, núm. 1, (primavera de 1991), pág. 4.

- [40] Anscombe, F. J., "Graphs Statistical Analysis", American Statistics, 27 (1973) págs. 17-21.
- [41] Bruce L. Bowerman, Richard T. O'Connell, "Time Series Forecasting", (Boston, Duxbury Press, 1987) Sec. 5.6.
- [42] Hanke, J. E. Wichern, D.W. "Business Forecasting" 8ta Ed. Pearson 2006, págs 327-397.
- [43] <http://www.dmg.org/>
- [44] Han, J. y Kamber, M. "Data Mining: Concepts and Techniques" Morgan-Kaufmann publishers 2da ed. 2006
- [45] Witten, I.H. y Frank, E. "Data Mining", Morgan-Kaufmann publishers 2da ed., 2001.
- [46] Quinlan, J.R. "Improved Use of Continuous Attributes in C4.5" Journal of Artificial Intelligence, Vol 4 1996 págs. 77-90.
- [47] Hill, T. O'Connor, M. y Remus, W. "Neural Network Models for Time Series Forecasts" Management Science Vol. 42 No. 7, Julio 1996. págs. 1082-1092.
- [48] Rojas, R. "Neural Networks: A systematic Introduction" Springer-Verlag publishers. 1996, págs. 151-184.
- [49] Ranga Katti, "Some Observations on the Measurement of Forecast Error and Accuracy", The Journal of Business Forecasting, (Verano 2008), págs. 33-35.
- [50] Catt, P.M. "Assessing the cost of Forecast Error: A Practical Example" Foresight: The international Journal of Applied Forecasting, Verano 2007, págs. 5-10.
- [51] Lapide, L. "Don't just measure forecast errors" The Journal of Business Forecasting, Verano 2007, págs. 16-18.
- [52] Timme, S. y Williams-Timme, C., "The Real cost of holding inventory", Supply Chain Management Review, Vol. 7, No. 4, 2004 págs. 30-37.
- [53] Smith, B. T. "Focus Forecasting" CBI Publishing 1er ed., 1978.
- [54] John Neter, William Wasserman, G. A. Gilmore, "Applied Statistics" (Boston: Allyn Bacon, 1988) págs. 262-263.
- [55] Robert G. Brown, "Materials Management Systems" (Nueva York: John Wiley & Sons, 1977), pág. 146.
- [56] Chaman L. Jain y Mark Covas, "Think About Tomorrow, Seven tips for making forecasting more effective" The Journal of Business Forecasting / Wall Street Journal Reports (Verano 2008).

- [57] Kahneman, D., P. Slovic y A Tversky, "Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases" Cambridge University Press (Cambridge, Inglaterra, 1982).
- [58] Slovic, P., B. Fischhoff y S. Lichtenstein, "Behavior Decision Theory", Annual Review of Psychology, 28 (1977) págs. 1-39.
- [59] Armstrong, J.S. "Relative Accuracy of Judgment and Extrapolative Methods in Forecasting Annual Earning" Journal of Forecasting, 2, no.4.
- [60] Tversky, A. y D. Kahneman, "Availability: A Heuristic for Judging Frequency and Probability", Cognitive Psychology, 5, No.2 (1973) págs. 207-232.
- [61] Congreso Internacional de la Industria Automotriz en México CIIAM 2009, con información de INEGI disponible en <http://www.ciiam.com/graficas/cifras2009.pdf>
- [62] CSM Worldwide, disponible en <http://automotiveforecasting.com/gpo/global-summary.pdf>
- [63] Industria Nacional de Autopartes, con información de la oficina de la industria aeroespacial y automotriz de US. <http://www.ina.org.mx> y <http://www.comerce.gov>
- [64] Fondo Monetario Internacional, "Perspectivas de la economía mundial: Sustentar la recuperación" octubre 2009.
- [65] Banco de México, "Índice de confianza de consumidor" 2009, disponible en: <http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CR89&locale=es>
- [66] J. Holton Wilson, Barry Keating, "Business Forecasting with Accompanying Excel-Based ForecastXTM Software" (2007)
- [67] Granados Rojo L.A. "Modelos de Redes Neuronales para la predicción de series de tiempo aplicados al análisis de desempeño en sistemas operativos HP-UX y Windows NT" apéndice C, 2000.
- [68] www.banxico.org.mx
- [69] Clement, M. B. y Tse, S. Y "Do investors Respond to Analysts' Forecast Revisions as if Forecast Accuracy Is All That Matters?" The Accounting Review, Vol 78, No.1 Enero 2003 págs 227-249
- [70] Shahabuddin S. "Forecasting automobile sales" Management Research News Vol. 32 No. 7, 2009, págs 670-682
- [71] Wacker, J.G. y Lummus R. R. "Sales Forecasting for Strategic resource planning", International Journal of operations & Production Management, 2002 Vol. 22 No. 9 págs. 1014-1031.
- [72] Chopra, S y Meindl P. "Supply Chain Management" Prentice Hall 3 ed. 2008.

[73] Lawless M. "Current State of the Forecasting Discipline – Some Observations of a Roving Forecaster" *The Journal of Business Forecasting*, Verano 2008. págs. 30-32

[74] Csorba Illie "The Forecas-Centric Enterprise" *The Journal of Business Forecasting*, Verano 2007. págs. 23-30.