



Universidad Nacional Autónoma de México
**Programa de Posgrado en Ciencias
de la Administración**

Trabajo Escrito Profesional

Opción: Estudio de Operaciones

**Estudio del Cálculo de Pronósticos de la Demanda en una
Empresa Automotriz**

Que para obtener el grado de:

Maestro en Administración (Industrial)

Presenta:

José Eduardo Ortega Reynoso

Tutor:

MAI. Luis Miguel Muñoz Hernandez

México, D.F.

2010.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I. MARCO CONCEPTUAL	5
La necesidad de los pronósticos	5
Tipos de pronósticos	11
Clasificación de los pronósticos por sus técnicas	12
Elección de un método de pronósticos	16
Software para pronósticos	16
Exploración de datos	17
Elección de una técnica de pronósticos	20
Medición del error de pronóstico	22
Determinación de la idoneidad de una técnica de pronóstico	23
Practicadas actuales de los pronósticos en los negocios.	23
CAPITULO II. MARCO REFERENCIAL	26
Entorno de la Industria Automotriz	26
Industria automotriz mundial	26
Crisis de la Industria Automotriz 20082009	27
Industria automotriz en México	28
Antecedentes y entorno de la organización.	30
Proyecciones futuras del negocio automotriz	33
Mercado de refacciones automotrices en México	40
CAPITULO III. METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN	43
Descripción del método actual	45
Cálculo del error del método actual	45
Análisis de la información histórica	45
El cálculo de los coeficientes de autocorrelación	46
Elección de la técnica de pronósticos	47
Comparación de los modelos	49
Propuestas y sugerencias	49

CAPITULO IV. ESTUDIO DE CASO	50
Descripción del método actual	50
Métodos de pronósticos basados en promedios	51
Cálculo actual de refacciones	52
Cálculo del error del método actual	53
Análisis de la información histórica	55
Cálculo de los coeficientes de autocorrelación	57
Elección de la técnica de pronóstico	70
Análisis de regresión	71
Modelos informales	73
Métodos de suavizamiento exponencial	76
Suavizamiento exponencial ajustado a la tendencia: método Holt	80
Suavizamiento exponencial ajustado para variaciones de tendencia y estacionales: método Winters	84
Curvas de tendencia no lineales	88
La metodología BoxJenkins	89
Comparación de los modelos	108
Evaluación económica	110
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123

INTRODUCCIÓN

The future is much like the present, only longer.
Dan Quisenberry, American Poet and pitcher in Major League Baseball

¿A quién no le gustaría saber su futuro? A una gran cantidad de personas les gustaría saber que pasara con ellos o cuáles son los eventos que afectaran su vida; para ello hay estudios prospectivos, horóscopos e incluso esferas mágicas que pretenden predecir los eventos venideros, desde el clima hasta el resultado de un partido de fútbol. Esta necesidad de pronosticar es básicamente para saber si las acciones que se están tomando son las correctas y en dado caso que no lo sean, cambiarlas para llegar a alcanzar mejores resultados.

En las organizaciones esta situación es muy similar, los pronósticos son herramientas para la toma de decisiones, tanto de tipo operativo como estratégico, por lo tanto las empresas desean saber con precisión cuáles serán los eventos que afecten la demanda del mercado, para definir con anticipación y sin recurrir en costos extras su nivel de producción, los materiales a comprar, la maquinaria necesaria y cualquier otro factor que se mueva con base en los volúmenes de venta.

La industria automotriz tiene fuertes y agresivos competidores, los cuáles buscan en todo momento mejorar su participación dentro del mercado, esto provoca que de un mes a otro los volúmenes de venta varíen, lo cual tiene diversas consecuencias como altos niveles de inventario y de componentes si la venta no fue buena o costos de expedición, tiempo extra o escasez si la demanda fue alta. Es por esta razón que aquellos que cuenten con pronósticos acertados que permitan identificar con anticipación los diferentes niveles de demanda tendrán una ventaja y al final las cifras de finanzas significaran beneficios para todos los involucrados en la cadena de suministros.

En el presente trabajo se realizará un estudio de la industria automotriz mexicana y el cálculo de los pronósticos de la demanda de refacciones automotrices en una empresa armadora y comercializadora de vehículos.

En la actualidad la empresa cuenta con un modelo estándar de cálculo de pronósticos; este modelo ha generado altos niveles de inventario y en ocasiones escasez de partes, por lo que se identifico la necesidad de generar pronósticos más precisos.

El primer capítulo contiene la información teórica acerca de los pronósticos. Esta información será utilizada tanto para identificar los modelos que podrán utilizarse como para determinar la mejor forma de seleccionarlos y además

cuenta con información relevante acerca de la importancia de los pronósticos en la administración de la empresa.

El segundo capítulo es un marco referencial acerca de la industria automotriz en México y la situación actual de la empresa. Ésta información es relevante ya que los eventos recientes como la crisis global y las estrategias para mantenerse en el mercado influyen en los pronósticos de la demanda tanto en la venta de vehículos como en la venta de refacciones.

El tercer capítulo contiene una breve descripción de la metodología de solución. Esta metodología podrá ser utilizada tanto para el estudio de caso como para la aplicación en la empresa del cálculo de pronósticos en general.

El cuarto capítulo muestra la aplicación de la metodología en dos ítems con comportamientos diferentes. Estos ítems fueron seleccionados por su alto impacto en el volumen y costo de inventario y están relacionados con dos de los modelos más representativos de la empresa. La información con la que se cuenta es del 2007 al 2009 dividida en meses. Al final se hará una comparación de los modelos y se sugerirán los más adecuados para cada ítem. Para identificar los beneficios económicos se aplicará una evaluación que consta del cálculo de nivel de inventario en pesos y la rotación de inventarios para cada ítem.

Al final se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se ha llegado después de haber aplicado la metodología sugerida y evaluado los resultados obtenidos.

Como se verá más adelante, la aportación de este trabajo a la empresa es la propuesta de una técnica para la evaluación de los pronósticos contra el resultado real y una nueva metodología de cálculo de la demanda futura que traerá un beneficio económico.

CAPITULO I. MARCO CONCEPTUAL

*Prediction is very difficult, especially if it's about the future.
Nils Bohr, Nobel laureate in Physics*

Los pronósticos de la demanda son comúnmente aplicados en compañías que operan en mercados de consumo, la aplicación de estos ayuda a los administradores a tomar decisiones. Debido a la naturaleza incierta de las tendencias en los negocios, los pronósticos de la demanda es un proceso dinámico complejo y la duración de este proceso es afectado por muchos factores. La mayoría de estos factores tienen características aleatorias, difusas e inciertas.

La necesidad de los pronósticos

Muchas de las técnicas de pronósticos utilizadas se desarrollaron en el siglo XIX como los análisis de regresión y en contraste otras técnicas más sofisticadas han captado la atención recientemente como procedimientos de descomposición y Box-Jenkins.

A medida que crece la preocupación por el proceso del pronóstico, el desarrollo de nuevas técnicas de pronóstico continúa. Un foco de atención particular al respecto se encuentra en los errores que son inherentes a cualquier procedimiento de pronóstico. Las predicciones de los resultados rara vez son precisas, y quienes pronostican solo pueden intentar que los errores que se comenten de manera inevitable se minimicen tanto como sea posible.

En vista de que las imprecisiones no se pueden separar del proceso, ¿Por qué son necesarios los pronósticos? La respuesta es que todas las organizaciones operan en una atmosfera de incertidumbre; pero hoy deben tomarse decisiones que afectarán su futuro. Para los administradores de una empresa, las conjeturas sobre el futuro, con base en cierta información, son más valiosas que las presunciones sin bases. Existen varias maneras de pronosticar que se basa en métodos lógicos de manipulación de datos, los cuales han sido generados por acontecimientos históricos.

Debido a que el mundo en el que operan las organizaciones cambia constantemente, siempre han sido necesarios los pronósticos como parte de la planeación a corto, mediano y largo plazo. Sin embargo, en años recientes se ha incrementado la dependencia de los métodos que implican técnicas sofisticadas de manipulación de datos. De la noche a la mañana han surgido nuevas tecnologías y disciplinas, la competencia en muchas áreas se ha vuelto reñida, ha aumentado el comercio internacional en casi todas las industrias e internet se ha vuelto una fuente importante de datos e información para la toma de decisiones. Estos factores se combinan para crear un clima organizacional más complejo, rápido y competitivo que en el pasado. Las organizaciones que no reaccionen de inmediato ante las condiciones cambiantes y que no puedan prever el futuro con un cierto grado de precisión, están condenadas a extinguirse lentamente agotando los escasos recursos existentes.

Importancia de los pronósticos

Los niveles actuales de competitividad y la demanda de los resultados para los administradores han puesto un mayor énfasis en la toma de decisiones, por lo tanto, los requerimientos de métodos de pronósticos más confiables también se han incrementado. Sin embargo, los pronósticos no sustituyen el buen juicio de los administradores. Los pronósticos solo sirven de guía, son una herramienta, ayudan de forma sistemática a enfrentar la incertidumbre del futuro.

Es importante definir que los pronósticos y la planeación son actividades con objetivos diferentes. Los pronósticos tienen como objetivo hacer una predicción del futuro, mediante el análisis de los datos disponibles. Mientras que la planeación tiene como objeto establecer que debe pasar en el futuro, a través de la realización de algunas acciones. Es decir, mediante la planeación se intenta tomar acciones que permitan modificar de manera consciente eventos futuros. Mientras que los pronósticos sólo predicen que acontecimientos podrían ocurrir. Los pronósticos sirven de datos para la planeación y toma de decisiones.

En los últimos años los pronósticos se relacionan de forma natural con la construcción de modelos estadísticos. El objetivo fundamental de los modelos de pronósticos, consiste en construir un modelo de la variable a pronosticar, a partir de los datos históricos disponibles, el modelo deberá reflejar los cambios dinámicos de la variable y ser capaz de predecir un valor que refleje estos cambios.

Una forma útil de identificar los patrones o cambios dinámicos históricos y su extrapolación para predecir el futuro, es descomponerlos en cuatro elementos básicos: estacionalidad, tendencia, ciclos y aleatoriedad.

La importancia estratégica de los pronósticos

Un buen pronóstico es de importancia crítica en todos los aspectos de un negocio. El pronóstico es el único estimador de la demanda hasta que la actual demanda se conoce. Los pronósticos de la demanda por lo tanto conducen a la toma de decisiones en muchas áreas. Como ejemplo, Heizer y Render (2008) mencionan las siguientes tres actividades: Recursos humanos, la planeación de la capacidad y la administración de la cadena de suministro. Además Fischer (2004) hace mención de la importancia de los pronósticos en la mercadotecnia.

Importancia en Recursos Humanos

Contratación, capacitación y despidos de trabajadores dependen de la demanda anticipada. Si el departamento de recursos humanos debe contratar trabajadores adicionales sin ningún aviso previo, la cantidad de entrenamiento declina y la calidad de la fuerza de trabajo lo reciente.

Heizer y Render¹ mencionan dentro de la planeación de la fuerza laboral que: Mantener una fuerza de trabajo estable permitirá a la empresa pagar menores salarios que una empresa que siga a la demanda. Estos ahorros proveerán de

¹ HEIZER Jay, RENDER Barry; *Operations Management*; 2008; pp 107

una ventaja competitiva. Sin embargo, las empresas con una alta estacionalidad tendrán mejores resultados con una fuerza de trabajo fluctuante.

Importancia en la Planeación de la Capacidad

Cuando la capacidad es inadecuada, los críticos resultantes pueden significar entregas incompletas, pérdida de mercado y pérdida de la penetración en el mercado. Por otro lado, cuando la capacidad instalada excede la demanda, los costos se pueden ser muy altos.

Un adecuado pronóstico es sumamente importante para la decisión de la capacidad. La administración debe conocer cuáles son los productos que están siendo agregados, cuales están siendo eliminados y cuáles son sus volúmenes esperados. Los pronósticos ayudaran para administrar la demanda de tal manera que la capacidad sea la adecuada en cualquier de los siguientes casos: cuando la capacidad excede la demanda, cuando la demanda excede la capacidad y cuando se requieren ajustes por demandas estacionales.

Importancia en la Administración de la Cadena de Suministros

Las relaciones con los proveedores y las ventajas en precios de materiales dependen de pronósticos precisos, así como también costos bajos de transporte y la coordinación de diversos orígenes de partes.

Un adecuado pronóstico permitirá al administrador de la cadena tomar decisiones correctas en cuanto a la selección de proveedores, calcular los inventarios necesarios, establecer los mejores canales de distribución y embarque y en general integrar a toda la cadena de suministros.

Importancia en la Mercadotecnia

En la planeación de la mercadotecnia, el pronóstico de ventas es un aspecto sumamente importante, pues representa la base de todos los presupuestos y las operaciones de la empresa. De hecho, el presupuesto comienza con este pronóstico.

El pronóstico de ventas puede realizarse una vez que la empresa ha determinado cual es el valor actual y/o potencial de ventas, aunque muchas empresas comienzan su planeación de mercado directamente con un pronóstico de ventas. Así, el pronóstico de ventas es una estimación de las ventas, en pesos ó unidades físicas, para un periodo específico, con un plan de mercadotecnia propuesto y bajo una supuesta serie de fuerzas económicas internas y externas a la empresa.²

Pasos de los pronósticos

Todos los procedimientos formales de pronóstico implican el entendimiento de las experiencias del pasado para proyectarlas hacia el futuro. Por lo tanto, suponen que las condiciones futuras serán las mismas que generaron los datos en el pasado, excepto aquellas variables reconocidas de forma explícita por el modelo de pronóstico.

² FISCHER, Laura, ESPEJO, Jorge; *Mercadotecnia*; 2004

El futuro no siempre se parece al pasado. En la medida que lo haga, los métodos cuantitativos de pronóstico funcionarían bien. Si no lo hace, pueden resultar pronósticos imprecisos. Sin embargo, en general es mejor tener un pronóstico construido de manera razonable que no tener ninguno.

El reconocimiento de que las técnicas de pronósticos operan con los datos generados por sucesos históricos lleva a la identificación de los siguientes cinco pasos en el proceso de pronóstico:

1. Formulación del problema y recolección de datos
2. Manipulación y limpieza de datos
3. Construcción y evaluación del modelo
4. Aplicación del modelo (el pronóstico real)
5. Evaluación del pronóstico.

En el paso 1, la formulación del problema y la recolección de datos se tratan como un paso único, debido a que están íntimamente relacionados. El problema determina los datos adecuados. Si se considera una metodología cuantitativa de pronóstico, los datos relevantes deben estar disponibles y ser correctos.

En el paso 2, manipulación y limpieza de datos, con frecuencia es necesario. En el proceso de pronóstico es posible tener demasiados datos o muy pocos. Algunos datos pueden ser irrelevantes al problema; otros tener valores omitidos; otros tal vez deban ser previamente procesados; otros solo serán adecuados solo en algunos periodos. Por lo general se requiere cierto esfuerzo para obtener los datos de la forma requerida a fin de utilizar determinados procedimientos de pronósticos.

El paso 3, construcción y evaluación del modelo, implica adecuar los datos recolectados en un modelo de pronósticos que sea adecuado en términos de minimización del error del pronóstico. Cuanto más simple sea el modelo, resulta mejor para obtener la aceptación del proceso de pronóstico por parte de los administradores que toman las decisiones en la empresa.

El paso 4, aplicación del modelo, consiste en los pronósticos reales del modelo que se generan una vez que se han recolectado y quizás reducido a solo los datos adecuados, tan pronto se ha elegido un modelo adecuado de pronósticos.

El paso 5, evaluación del pronóstico, implica comparar los valores del pronóstico con los valores históricos reales. En este proceso, algunos de los más recientes valores de datos se retienen del grupo de datos que se analiza.

Heizer y Render dedican un capítulo completo al tema de pronósticos en el cuál definen siete pasos básicos a seguir en los pronósticos³.

1. Determinar el uso del pronóstico
2. Seleccionar los ítems a ser pronosticados
3. Determinar el horizonte de tiempo del pronóstico

³ HEIZER Jay, RENDER Barry; *Operations Management*; Novena edición; Prentice Hall; New Jersey 2008; pp 107

4. Seleccionar el modelo de pronóstico
5. Colectar los datos necesarios para hacer el pronóstico
6. Hacer el pronóstico
7. Validar e implementar los resultados

Estas dos metodologías son validas y en algún momento complementarias, si se identifica la necesidad de manipular y limpiar los datos o definir el horizonte de tiempo.

En la empresa seleccionada para hacer el estudio no se aplica la limpieza de datos ni tampoco se hace una evaluación del pronóstico con la intención de mejorar los resultados obtenidos.

Administración del proceso de pronósticos

El pronóstico debería ser percibido como un asesor del administrador, más que como el supervisor de un aparato automático de toma de decisiones. Desafortunadamente, esto último a veces es el caso en la práctica, sobre todo por el aura de la computadora. Una vez más las técnicas cuantitativas en el proceso de pronósticos deben percibirse como lo que realmente son; es decir, herramientas que utiliza el administrador para lograr mejores decisiones. De acuerdo con Makridakis (1986):

La utilidad y funcionalidad de los pronósticos pueden aumentarse si la administración adopta una actitud más realista. Los pronósticos no deben verse como un sustituto de las profecías, sino más bien como la mejor forma de identificar y extrapolar los patrones establecidos o las relaciones, a fin de pronosticar. Si se acepta tal actitud, los errores en los pronósticos deben considerarse como inevitables y habrán de investigarse las circunstancias que los causan⁴.

El proceso de pronósticos

El proceso de pronóstico consiste en dos fases distintas. Una se presenta en un nivel estratégico y la otra en un plan operativo. En la primera, las decisiones incluyen que se debe decidir, como emplear los pronósticos y quién es el responsable de éstos. La fase operativa de la generación de pronósticos consiste en la recopilación de los datos, la realización propia de los pronósticos es como cualquier otro: si se queda sin supervisión ni evaluación, existe la probabilidad de que se salga de control por completo.

Un punto clave es la importancia de utilizar el buen juicio de la administración junto con técnicas cuantitativas que permitan el desarrollo de buenos pronósticos. Siempre es necesaria una mezcla razonable de las técnicas cuantitativas con el sentido común si los pronósticos han de ser precisos y comprensibles para los responsables de la toma de decisiones de una empresa.

⁴ MAKIDRAKIS apud HANKE, John; *Pronósticos de los negocios*; pp 2

Responsabilidad del proceso de pronóstico

La ubicación que tenga el proceso de pronóstico dentro de una empresa varía de acuerdo con el tamaño de ésta, la importancia que se le atribuya a la realización formal de los pronósticos y la naturaleza del estilo de administración del negocio.

El personal especializado en la generación de pronósticos es más común en las organizaciones grandes que en las pequeñas. Las empresas grandes pueden permitirse la contratación de expertos para la realización sofisticada de los pronósticos y pueden equipar a su personal con software y herramientas modernas de cómputo. La ventaja de tal esfuerzo centralizado es que esa capacidad está al alcance de todas las unidades de la organización. La desventaja es que, con frecuencia, la coordinación entre el personal encargado de los pronósticos y los gerentes de línea es difícil de lograr.

En el otro extremo se encuentra la ubicación del proceso de pronóstico dentro de cada unidad de la empresa sin coordinación entre quienes hacen los pronósticos y quienes los utilizan. Son las mismas personas. Los pronósticos obtenidos bajo estas condiciones tienden a ser aceptados y usados en la toma de decisiones. La desventaja es que la sofisticación y, por lo tanto, la precisión de los pronósticos son difíciles de alcanzar debido a que la disponibilidad de las herramientas de cómputo y la destreza tecnológica podrían ser desiguales en muchos usuarios.

Pronósticos rápidos y frugales

Las reglas simples de pronósticos estadísticos, las cuales son usualmente simplificaciones de modelos clásicos, han sido mostradas para hacer mejores predicciones que los de reglas complejas. En el artículo mostrado por Goldstein (2009) se provee evidencia que los pronósticos rápidos y frugales que la gente usa intuitivamente son capaces de hacer pronósticos tan buenos como los procedimientos sofisticados.

El artículo muestra diferentes estudios aplicados a pronósticos de deportes, pronósticos de negocios e inclusive crímenes. En todos los casos, el conocimiento de individuos y de grupos de personas, así como la experiencia y la inteligencia colectiva ayudó para generar pronósticos eficientes con métodos heurísticos rápidos.

Como conclusión, el artículo hace notar que las reglas simples pueden crear no solamente robustez, sino también transparencia. Los métodos son fácilmente entendibles y evitan utilizar métodos complejos que en ocasiones son solamente rituales para impresionar a otros. El aprendizaje requiere de una forma de transparencia, la cual los encargados de elaborar los pronósticos pueden alcanzar de mejor manera una vez que entienden lo que están haciendo. El producto de la rapidez y la frugalidad de utilizar reglas simples es el ahorro en tiempo, lo cual permite alinear la cadena de suministros a los cambios en los pronósticos de una forma más precisa.

Pronósticos efectivos y ajustes de juicio

Los pronósticos de la demanda son un aspecto crucial del proceso de planeación en la cadena de suministros en las empresas. La aproximación más común del pronóstico de la demanda en esas compañías envuelve el uso de sistemas de pronósticos computarizados para producir pronósticos iniciales y el subsecuente ajuste realizado por planeadores de la demanda, seguramente para tomar en consideración circunstancias excepcionales en el horizonte de planeación. El realizar estos ajustes puede requerir de considerables esfuerzos y tiempo, pero, ¿incrementan la precisión? Y ¿algunos son más efectivos que otros?

El artículo de Fildes (2009)⁵ sobre la efectividad de los ajustes, se encontró que mientras los ajustes más grandes tendían a mejorar la precisión, los ajustes más pequeños frecuentemente dañaban la precisión. Estos ajustes fueron realizados frecuentemente en la dirección incorrecta.

La forma de mejorar esos ajustes es a través de un mejor entrenamiento y un mejor uso de la inteligencia de mercado que involucra la identificación de promociones, cambios en los precios e inventarios. El proceso en el cuál tal inteligencia es obtenida, es frecuentemente muy defectuoso, principalmente debido a la falta de coordinación y comunicación entre las diferentes unidades de la organización que comprenden las operaciones de la cadena de suministros, el área de ventas y mercadotecnia.

Tipos de pronósticos

Cuando los administradores se enfrentan a la necesidad de tomar decisiones en una atmosfera de incertidumbre, ¿Qué tipos de pronósticos están disponibles para ellos? Existen diferentes criterios para clasificarlos, a continuación se mencionan cada uno de ellos:

Por su horizonte de tiempo

- Pronósticos de largo plazo. Son necesarios para establecer el curso general de una organización y son el enfoque exclusivo de la alta dirección.
- Son utilizados en la planeación agregada de la empresa para ajustar los planes maestros de producción y ventas.
- Pronósticos de corto plazo. Se usan para diseñar estrategias inmediatas, y los mandos medios y las gerencias de primera línea los usan para cubrir las necesidades del futuro inmediato.

Por suposición dentro de un continuo micro y macro

- Micropronóstico. Involucra pequeños detalles individuales.
- Macropronóstico. Le interesan variables que afecten a una nación.

⁵ FILDES, Robert, et al; Effective forecasting and judgmental adjustments: an empirical evaluation and strategies for improvement in supply-chain planning; 2009

Por sus técnicas utilizadas

- Pronósticos cualitativos. No requiere la manipulación abierta de datos. Solamente se el juicio de quien pronostica. Incluso aquí en realidad, el juicio de esta persona es el resultado de la manipulación mental de datos históricos.
- Pronósticos cuantitativos. No necesitan elementos de juicio; son procedimientos mecánicos que producen resultados cuantitativos. Por supuesto, algunos procedimientos cuantitativos requieren una manipulación mucho más sofisticada de los datos que otros.

La literatura pone un gran énfasis en las técnicas cuantitativas debido a que se requiere un entendimiento más amplio de estos procesos, los cuáles son muy útiles en la dirección eficaz de las organizaciones modernas. Sin embargo, se pone en relieve, que debe utilizarse el sentido común y la apreciación junto con los procedimientos mecánicos y de manipulación de datos. Solo de esta manera puede obtenerse un pronóstico inteligente, es decir un pronóstico basado en datos reales obtenidos mediante un modelo matemático, pero que contiene las variaciones propias del mercado que muchas veces no es posible integrar a los modelos cuantitativos, pero que pueden ser identificados por expertos.

Clasificación de los pronósticos por sus técnicas

La mayoría de los autores coinciden en clasificar los pronósticos en atención a la metodología que utilizan, pueden clasificarse en dos: pronósticos cualitativos o discrecionales, modelos de series de tiempo y Métodos causales.

La siguiente tabla muestra un resumen de los principales métodos:

Métodos de pronósticos	
Cualitativos	Método Delphi
	Encuestas de mercado
	Analogía de los ciclos de vida
	Juicio bien informado
Modelos de series de tiempo	Promedios móviles
	Suavizado exponencial
	Modelos matemáticos
	Box-Jenkins
Métodos causales	Regresión
	Modelos econométricos
	Modelos de insumo-producto
	Modelos de simulación

Tabla 1.1 Métodos de pronósticos
Fuente: Elaboración propia

Métodos cualitativos

Este tipo de pronósticos se realizan mediante juicios individuales o acuerdos de un comité normalmente basándose en la experiencia individual o un análisis subjetivo de la información disponible. El resultado que se obtiene puede variar significativamente de un sujeto o comité a otro. El pronóstico depende de la experiencia de cada sujeto, la importancia que asigne a la información disponible o la importancia que asigne a ciertos factores que el supone más importantes y a los pesos relativos de cada factor que les asigne.

Método Delphi

Cuando se reúne a un grupo de expertos y se les pregunta sobre el futuro, las dinámicas grupales suelen distorsionar el proceso, por lo que se llega a un consenso que no fue considerado cuidadosamente por todos los participantes. En la primera ronda de este método, los expertos responden por escrito a las preguntas planteadas por el equipo de investigación. Luego, el equipo resume los comentarios de los participantes y se los devuelve por correo. Entonces, después de leer las reacciones de los demás, los participantes pueden defender sus opiniones originales o modificarlas con base en los razonamientos de los otros. Este proceso continúa dos o tres rondas hasta que los diversos puntos de vista desarrollados cuidadosamente satisfacen a los investigadores.

Encuestas de mercado

Las encuestas de mercado son paneles, cuestionarios, pruebas de mercado o encuestas para recopilar datos acerca de las condiciones de mercado. Tiene aplicaciones en pronósticos de ventas totales de la compañía, de grupos principales de productos o de productos individuales.

Este método solicita información de los clientes o potenciales clientes acerca de sus futuros planes de compra. Puede ayudar no solamente en la preparación del forecast, sino también en la mejora del diseño del producto y planeación de nuevos productos.

Analogía de los ciclos de vida

Es una predicción basada en las fases de la introducción, crecimiento y madurez de productos similares. Este método emplea las curvas de crecimiento de las ventas. Tiene aplicaciones en los pronósticos de ventas a largo plazo para la planeación de la capacidad de las instalaciones.

Juicio bien informado

El pronóstico puede formularlo un grupo o un individuo de alto nivel basándose en la experiencia, en presentimientos o hechos acerca de la situación. Frecuentemente es usado en combinación con modelos estadísticos. Tienen aplicación en la estimación de ventas totales y de productos individuales. De acuerdo con Heizer y Render (2008), en Bristol-Meyers Squibb Company se utiliza 220 científicos investigadores y su jurado de ejecutivos para obtener las futuras tendencias en el mundo de la investigación médica.

Modelos de Series de Tiempo

Una serie de tiempo está basada en una secuencia de datos igualmente espaciados. Los datos de series de tiempo implican que los valores futuros son predichos únicamente de valores pasados y otras variables sin importar como el valor potencial pueda ser ignorado.

Promedios móviles

Un pronóstico de promedios móviles un numero histórico de datos para generar el pronóstico. Los promedios móviles son útiles si podemos asumir que la demanda del mercado se mantendrá estable durante el tiempo.

Suavizado exponencial

Este es un sofisticado método de pronósticos de promedio móvil ponderado que es fácil de usar. Este método envuelve de un pequeño record de datos almacenados. La principal diferencia de este método es que se le da un peso ponderado a los datos históricos y otro peso a la demanda actual.

Modelos matemáticos

Son modelos lineales o no lineales que ajustan los datos a una serie de tiempo, generalmente mediante métodos de regresión. Incluye rectas de tendencia, polinomios, reglas logarítmicas, series de Fourier, etc. Tiene aplicaciones en la planeación de corto y mediano plazo de inventarios, niveles de producción y programación de actividades. Es adecuado el uso de estos métodos cuando se incluyen varios productos, aunque su costo se vuelve alto.

Box-Jenkins

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. La siguiente figura ilustra la estrategia de construcción del modelo Box-Jenkins.

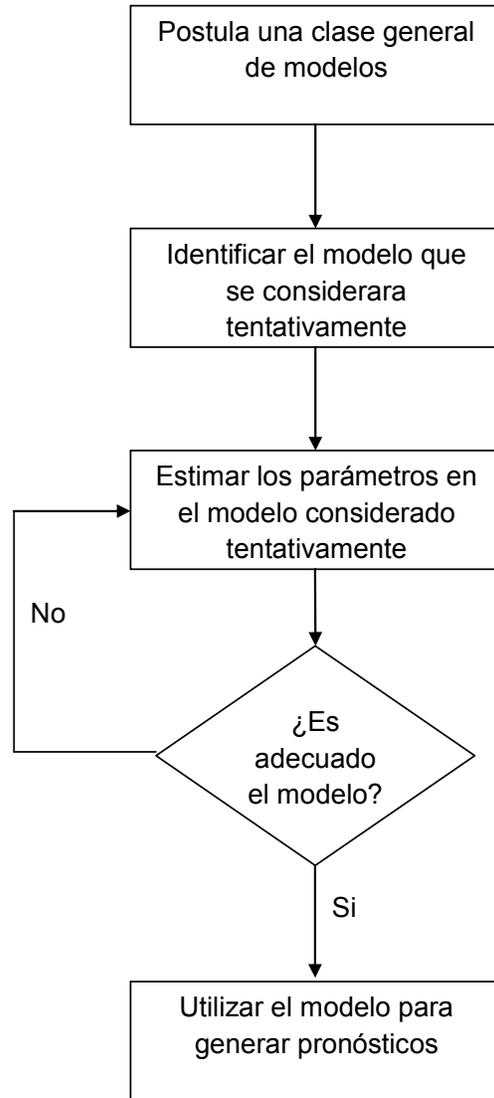


Figura 1.1 Metodología Box-Jenkins

Fuente: HANKE John; *Pronósticos de los negocios*; 2006

Métodos causales

Estos modelos incorporan las variables o factores que pueden influir en la cantidad pronosticada. Una vez que las variables relacionadas han sido encontradas, un modelo estadístico es construido y utilizado para pronosticar el ítem de interés.

Regresión

Este método relaciona la demanda con otras variables internas o externas que tienden a causar cambios en la demanda. El método de regresión usa los mínimos cuadrados para obtener el mejor ajuste entre las variables. Este método es útil cuando existen fuertes relaciones causales.

Modelos econométricos

Sistema de ecuaciones de regresión interdependiente que describe algún sector de la actividad económica en ventas o utilidades. Tiene aplicaciones para pronósticos de ventas por clases de productos para planeación a corto y mediano plazo.

Modelos de insumo-producto

Métodos de pronósticos que describen los flujos de un sector de la economía a otro. Predice los insumos necesarios para producir los productos requeridos en otro sector. Tiene aplicaciones en pronósticos de ventas de una compañía o nacionales por sector industrial.

Modelos de simulación

Simulación de sistema de distribución que describe los cambios de las ventas y los flujos de tiempo. Refleja los efectos de la red de distribución. Se utiliza en pronósticos de ventas de la empresa por grupos principales de productos.

Elección de un método de pronósticos

La consideración primordial en la elección de un método de pronóstico es que los resultados deben facilitar el proceso de la toma de decisiones de los administradores de la organización. Para seleccionar un método de pronóstico deben considerarse el tipo de productos, los objetivos y limitantes. Con la disponibilidad de software moderno para pronósticos, es mejor pensar en los métodos de pronóstico como herramientas genéricas que pueden aplicarse de manera simultánea. Asimismo, pueden probarse varios métodos en cualquier situación determinada. La metodología que produzca los pronósticos más precisos en un caso, quizás no sea la mejor en otra situación. Sin embargo, el método elegido debe producir un pronóstico adecuado, oportuno y entendible para los administradores, de tal forma que pueda ayudar a tomar mejores decisiones.

Software para pronósticos

El desarrollo de mayor trascendencia en los pronósticos durante los últimos años es el software diseñado para manejar directamente varios métodos de pronósticos. Hay dos tipos de paquetes de cómputo que interesan a los pronosticadores:

1. Paquetes estadísticos que incluyen análisis de regresión, exploración de series de tiempo y otras técnicas usadas con frecuencia por los pronosticadores.
2. Paquetes de pronósticos diseñados específicamente para aplicaciones de pronósticos.

Los ejemplos de software independiente con herramientas de pronósticos incluyen Minitab, SAS, EViews y SPSS. Además, existen muchos complementos o programas suplementarios que proporcionan herramientas de pronóstico en un entorno de hoja de cálculo. Por ejemplo, el complemento de Analysis ToolPak para Microsoft Excel proporciona algunas capacidades de análisis de regresión y suavización. Algunos complementos más detallados,

como Crystal Ball (CB) Predictor y Forecast X, proporcionan una gama (casi) completa de capacidades de pronóstico.

Los procesos automáticos producen números, pero rara vez dan una perspectiva real de la naturaleza y calidad de los pronósticos a quien los realiza. Se piensa que la generación de pronósticos significativos requiere de la intervención humana, un dar y recibir entre el conocimiento del problema y los procedimientos de pronóstico (software).

Exploración de datos

Una de las partes más difíciles de los pronósticos y que toma más tiempo en la recolección de los datos válidos y confiables. Un pronóstico no puede ser más preciso que los datos en los que se basa. El modelo de pronóstico más sofisticado fallará si se aplica a datos que no son confiables.

Pueden aplicarse cuatro criterios para determinar si los datos serán o no útiles:

1. Los datos deben ser fidedignos y precisos
2. Los datos deben ser relevantes
3. Los datos deben ser coherentes
4. Los datos deben ser oportunos

En general hay dos tipos de datos que son de interés para quien hace los pronósticos. El primero consiste en los datos recolectados en un solo punto del tiempo. El segundo tipo radica en las observaciones de datos que se hacen a lo largo del tiempo.

Cuando todas las observaciones son del mismo periodo, se llaman datos de *corte transversal*. El objetivo es examinar tales datos y luego extrapolar o extender las relaciones descubiertas hacia la población en general.

Cualquier variable que consiste en datos que se recopilan, registran o observan a lo largo de incrementos sucesivos de tiempo se conoce como una *serie de tiempo*.

Exploración de patrones de datos de series de tiempo

Al seleccionar un método de pronósticos adecuado para los datos de series de tiempo, considerar las distintas clases de patrones de datos es uno de los aspectos más importantes. Existen cuatro tipos generales: horizontales, tendencias, estacionales y cíclicos.

Cuando las observaciones de datos fluctúan alrededor de un nivel constante o medio, existe un patrón *horizontal*. Este tipo de serie se conoce como *estacionaria* en su media.

Cuando las observaciones de datos crecen o disminuyen en un periodo largo, existe un patrón de *tendencia*. La siguiente figura muestra la tendencia de una serie de tiempo.

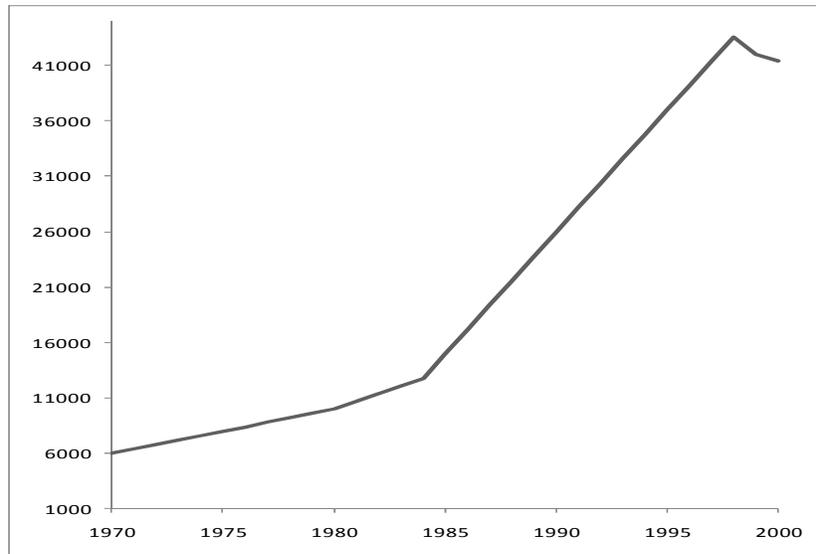


Figura 1.2 Grafica de tendencia
Fuente: Elaboración propia

Cuando las observaciones exhiben aumentos y caídas que no se refieren a un periodo fijo, existe un patrón *cíclico*. El componente cíclico es la oscilación alrededor de la tendencia que por lo común es afectada por las condiciones económicas generales. La siguiente figura muestra una serie de tiempo con componente cíclico.

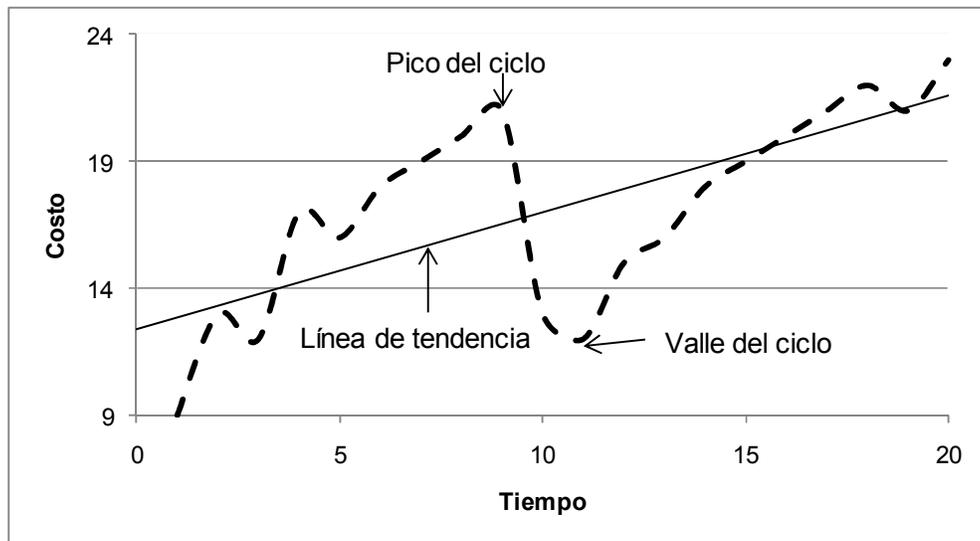


Figura 1.3 Grafica de componente cíclico
Fuente: Elaboración propia

Cuando las observaciones se ven influidas por factores temporales, existe un patrón *estacional*. El componente estacional se refiere a un patrón de de cambio que se repite año con año. La siguiente figura muestra un ejemplo de componente estacional.

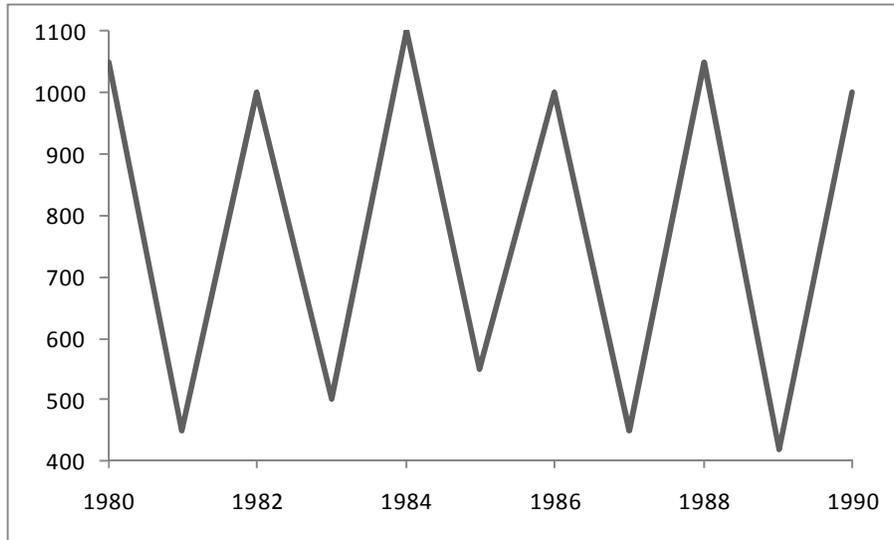


Figura 1.4 Grafica de componente estacional
Fuente: Elaboración propia

Exploración de patrones de datos con análisis de autocorrelación

Cuando se mide una variable a los largo el tiempo, las observaciones en diferentes periodos con frecuencia están relacionadas o correlacionadas. Esta correlación se mide mediante el uso de coeficiente de autocorrelación.

La autocorrelación es la correlación que existe entre una variable retrasada uno o más periodos consigo misma.

La siguiente formula⁶ permite calcular el coeficiente de autocorrelación (r_k) entre las observaciones Y_t y Y_{t-k} , las cuales se encuentran a k periodos de distancia.

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}$$

Donde:

r_k = coeficiente de autocorrelación para una retraso de k periodos

\hat{Y} = media de valores en la serie

Y_t = observación en el periodo

Y_{t-k} = observación de k periodos anteriores o durante un periodo $t - k$

Los coeficientes de autocorrelación pueden utilizarse para diferentes retrasos de tiempo para una variable, a fin de contestar las siguientes preguntas sobre una serie de tiempo:

⁶ Estay todas las formulas contenidas en el trabajo son tomadas de la siguiente bibliografía:
HANKE, John; *Pronósticos de los negocios*; 2006

1. ¿Los datos son aleatorios?
2. ¿Tienen tendencia los datos?
3. ¿Son estacionarios los datos?
4. ¿Los datos son estacionales?

Si una serie es aleatoria, las correlaciones Y_t y Y_{t-k} para cualquier retraso k son cercanas a cero. Los valores sucesivos de una serie de tiempo no se relacionan unos con otros.

Si una serie tiene tendencia, las observaciones sucesivas están muy correlacionadas y es típico que los coeficientes de correlación sean bastante diferentes de cero para los primeros retrasos de tiempo y entonces, de forma gradual, caen hacia cero conforme aumenta el número de retrasos.

Una serie de tiempo estacionaria es aquella cuyas propiedades estadísticas básicas, tales como la media y la varianza, permanecen constantes a lo largo del tiempo. Los coeficientes de autocorrelación para una serie estacionaria caen hacia cero bastante rápido, en general, después del segundo o tercer retraso de tiempo.

Si una serie tiene un patrón estacional, se dará un importante coeficiente de autocorrelación en el retraso de tiempo estacional o en múltiplos del retraso estacional. El retraso estacional se considera de 4 para datos trimestrales y de 12 para datos mensuales.

Elección de una técnica de pronósticos

Algunas de las preguntas que deben plantearse antes de decidir la técnica de pronósticos más apropiada para un problema en específico son las siguientes:

- ¿Por qué se necesita un pronóstico?
- ¿Quién utilizará el pronóstico?
- ¿Cuáles son las características de los datos disponibles?
- ¿Qué periodo debe pronosticarse?
- ¿Cuáles son los requisitos mínimos de los datos?
- ¿Qué tanta precisión se desea?
- ¿Cuánto costará el pronóstico?

A fin de seleccionar adecuadamente la técnica conveniente de pronósticos, el pronosticador debe ser capaz de:

- Definir la naturaleza del problema de pronóstico.
- Explicar la naturaleza de los datos que se investigan.
- Describir las capacidades y limitaciones de técnicas de pronósticos potencialmente útiles.
- Desarrollar algunos criterios predeterminados sobre los que se pueda tomar la decisión de selección.

Un factor importante que influye en la selección de una técnica de pronóstico es identificar y entender los patrones históricos de los datos. Si se pueden reconocer patrones de tendencia, cíclicos o estacionales, pueden seleccionarse técnicas capaces extrapolarlos de manera eficaz.

Técnica de pronóstico para datos estacionarios

En su forma más simple, el pronóstico de una serie estacionaria implica utilizar la historia disponible de la serie para estimar su valor medio, lo que a su vez se convierte en el pronóstico de periodos futuros.

Las técnicas estacionarias de pronóstico se usan siempre que:

- Las fuerzas que generan una serie se han estabilizado y el entorno donde existe la serie permanece relativamente sin cambios.
- Se requiere un modelo muy simple debido a una falta de datos para la explicación o aplicación.
- Se puede lograr estabilidad al hacer relaciones simples para factores como el crecimiento de la población o la inflación.
- La serie puede convertirse en una serie estable.
- La serie es un grupo de errores de pronósticos de una técnica de pronóstico que se considera adecuada.

Las técnicas que deben considerarse cuando se pronostican series estacionarias incluyen los métodos informales, los de promedio simple, los de promedio móvil y los modelos autorregresivos de promedio móvil y los modelos de Box-Jenkins

Técnicas de pronóstico para datos con tendencia

Se ha definido a una serie con tendencia como una serie de tiempo que contiene un componente de largo plazo que representa el crecimiento o el decremento.

Las técnicas de pronóstico para datos con tendencia se usan siempre que:

- La productividad aumentada y la tecnología nueva lleven a cambios en el estilo de vida.
- La población creciente genera aumento en la demanda de bienes y servicio.
- El poder de compra de la moneda afecta las variables económicas debido a la inflación.
- La aceptación del mercado de un producto aumente.

Las técnicas que deben considerarse al pronosticar series con tendencia incluyen los modelos de promedios móviles, de suavizamiento exponencial lineal de Holt, de regresión simple, curvas de crecimiento, exponenciales y los modelos autorregresivos integrados de promedio móvil también conocidos como métodos de Box-Jenkins.

Técnicas de pronóstico para datos estacionales

Una serie estacional es una serie de tiempo con un patrón de cambio que se repite año tras año.

Las técnicas de pronóstico para datos estacionales se usan siempre que:

- El clima influya en la variable de interés.

- El calendario anual influya en la variable de interés.

Las técnicas que deben considerarse al pronosticar series estacionales incluyen los modelos de descomposición clásica, censo X-12, de suavización exponencial de Winter, de regresión múltiple y ARIMA.

Técnicas de pronóstico para series cíclicas

El efecto cíclico es definido como la oscilación alrededor de la tendencia. Es difícil hacer modelos de los patrones cíclicos puesto que es típico que sus patrones no sean estables.

Las técnicas de pronóstico para datos cíclicos se utilizan siempre que:

- El ciclo del negocio influya en la variable de interés
- Haya cambios en los gustos populares
- Se den cambios en la población
- Ocurran cambios en el ciclo de vida de un producto

Las técnicas que deben considerarse cuando se pronostican series cíclicas incluyen los modelos de descomposición clásica, de indicadores económicos, econométricos, de regresión múltiple y ARIMA.

Medición del error de pronóstico⁷

Puesto que las técnicas cuantitativas de pronósticos con frecuencia implican datos de series de tiempo, se desarrollo una notación matemática para referirse a cada periodo específico.

La notación básica para pronósticos se resume de la siguiente forma:

Y_t = valor de una serie de tiempo en el periodo t

\hat{Y}_t = valor pronosticado de Y_t

$e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ = residual o error residual de pronostico

Se han creado diversos métodos para resumir lo errores generados por una técnica de pronósticos específica. La mayoría de estas medidas son el promedio de una función de la diferencia entre los valores reales y de pronóstico. Estas diferencias se conocen como residuales.

Un método para evaluar las técnicas de pronósticos utiliza la suma de los errores absolutos. La desviación absoluta media (*MAD*, del inglés Mean Absolut Deviation) mide la precisión del pronóstico al promediar las magnitudes de los errores de pronóstico.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|$$

⁷ HANKE, John; *Pronósticos de los negocios*; 2006

El error cuadrático medio (*MSE*, del inglés Mean Square Error) es otro método para evaluar una técnica de pronóstico. Este método penaliza los errores grandes debido a que los errores se elevan al cuadrado.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2$$

A veces, es más útil calcular los errores de pronóstico en términos de porcentajes en lugar de cantidades. El error porcentual absoluto medio (*MAPE*, del inglés Mean Absolut Percentage Error) es útil cuando el tamaño o magnitud de la variable del pronóstico es importante para evaluar la precisión del pronóstico.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t}$$

A veces es necesario determinar si un método de pronóstico tiene sesgo (produce pronósticos más altos o más bajos de manera sistemática). En estos casos se usa el error porcentual medio (*MPE*, del inglés Mean Percentage Error).

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{(Y_t - \hat{Y}_t)}{Y_t}$$

Parte de la decisión de utilizar una técnica específica de pronóstico implica la determinación de si esta técnica producirá errores de pronóstico que se juzguen ser suficientemente pequeños. Se puede esperar que una buena técnica de pronóstico produzca errores de pronóstico relativamente pequeños de manera persistente.

Determinación de la idoneidad de una técnica de pronóstico

Antes de pronosticar con una técnica seleccionada se debe evaluar la idoneidad de la selección. El pronosticador deberá contestar las siguientes preguntas:

- ¿Los coeficientes de autocorrelación de los residuales indican que existen una serie aleatoria?
- ¿Se distribuyen casi normalmente los residuales?
- ¿Son significativas las estadísticas *t* para todos los valores estimados de los parámetros?
- ¿Quiénes toman las decisiones entienden la técnica y la emplean con facilidad?

Prácticas actuales de los pronósticos en los negocios.

Se ha analizado una gran variedad de métodos de pronóstico. Con el fin de ver como se aplican estos métodos, se han seleccionado algunos artículos que describen las técnicas empleadas por varias compañías o industrias. Aunque

se trata de una muestra pequeña, ciertamente indicara como un negocio ve y utiliza el pronóstico.

Ocean Spray Cranberries⁸

Ocean Spray Cranberries es una granja agrícola cooperativa que registra ventas anuales por 1,500 millones de dólares. Su grupo de pronóstico está integrado por siete empleados.

Los modelos de series de tiempo están basados generalmente en tres años de historia. Los pronósticos se hacen por lo general para el mes en curso y los siguientes seis meses. Sin embargo, los analistas pueden ignorar las proyecciones si tienen lugar eventos particulares, tales como planes promocionales o publicidad.

Se realiza un pronóstico de 300 diferentes artículos, pero cuando estos se descomponen en varias cuentas y áreas geográficas, dan un total de cerca de 3000 pronósticos diferentes.

Los pronósticos se utilizan por varios departamentos, incluyendo los de abastecimiento, planeación de la oferta, planeación de reabastecimiento y planeación de ingresos corporativos. El pronóstico ha aportado varios beneficios a la compañía, incluida una reducción de los inventarios de 23 a 17 días.

Industria farmacéutica en Singapur⁹

Se envió una encuesta a 12 compañías farmacéuticas que venden medicamentos antihipertensivos y a sus distribuidores responsables de cerca del 70% del total de fármacos patentados vendidos en Singapur. Las técnicas de pronósticos fueron poco sofisticadas. El método utilizado con mayor frecuencia fue la simple extrapolación seguida por la investigación de mercado y el juicio personal. El uso de métodos cuantitativos fue menos frecuente, "probablemente debido a la falta de entrenamiento en estadística". Ninguna de las compañías que respondieron tenía empleados a elaborar pronósticos; más bien eran los administradores generales, personal de marketing, ventas, finanzas y personal operativo quienes elaboraban los pronósticos.

Los usos más importantes del pronóstico fueron en la distribución de recursos, planeación estratégica y fijación de cuotas de ventas. Se reportó que la determinante más importante de los pronósticos fueron los médicos locales, puesto que, en la mayoría de los casos, éstos mismos distribuyen medicinas en Singapur.

Pronósticos de la demanda de gasolina en Australia.¹⁰

El consumo de gasolina y sus determinantes han recibido una gran cantidad de atención desde los años 70's. En la literatura, se han utilizado diferentes tipos de métodos de modelaje para estimar la demanda de gasolina, cada una

⁸ KEAT, Paul, YOUNG, Philip; Economía de empresa; 2004

⁹ Idem.

¹⁰ ZHENG LI, John M., ROSE, David; Forecasting automobile petrol demand in Australia: An evaluation of empirical models; *Transportation Research*; 2009

teniendo fortalezas metodológicas y debilidades. En 2006 se realizó un estudio de la efectividad de los modelos de pronósticos. Se consideró un modelo de tendencia lineal, un modelo de tendencia cuadrática, suavizamiento exponencial, y el método Box-Jenkins.

El estudio identificó la diferencia entre los pronósticos y los resultados actuales de demanda de gasolina para identificar la exactitud de los pronósticos. El método con mayor exactitud fue el de tendencia cuadrática, con el cual se pronosticó la demanda de gasolina en Australia del año 2007 al 2020.

Predicciones de juegos en la NFL¹¹

Se realizó una comparación entre sistemas estadísticos para pronósticos que envuelven decisiones binarias y expertos para pronosticar los resultados en los juegos de la NFL. En el estudio se concluyó que existía un mayor nivel de acuerdo entre los pronosticadores expertos, así como también se tuvo un mayor nivel de certeza en los resultados.

Pronóstico de demanda de refacciones en American Airlines¹²

American Airlines elaboró el Sistema de Planeación y Asignación Rotables (RAPS, por sus siglas en inglés) para pronosticar pronósticos de demanda de refacciones, asistir en la asignación de las mismas a los diferentes aeropuertos y calcular el nivel de disponibilidad de cada refacción. El módulo de pronóstico de la demanda del RAPS proporciona pronósticos de demanda mensuales para más de 5000 partes, que van desde cafeteras hasta trenes de aterrizaje. El precio promedio de las refacciones cubiertas por el RAPS es aproximadamente \$5000.

Antes del RAPS, American Airlines usaba metodología de series de tiempo para pronosticar la demanda de refacciones. La metodología de series de tiempo era lenta para responder a factores externos como cambios en la utilización de aeronaves y expansiones importantes de la flota. Para corregir estas diferencias, el componente de pronóstico del RAPS implica el uso de análisis de regresión, para establecer una relación entre la disposición mensual de partes y varias funciones de horas de vuelo mensuales. El sistema RAPS genera los pronósticos de la demanda mensuales en menos de una hora.

Casi todas las refacciones cubiertas por el sistema RAPS son esenciales para la operación de una aeronave. Una escasez de partes puede producir incluso la cancelación de un vuelo, así que el costo puede ser considerable. El grupo de administración de materiales en American Airlines estimó que usar RAPS proporcionó en una época ahorros de \$7 millones y ahorros anuales recurrentes de casi \$1 millón.

¹¹ CHIUNG, Song, et al; Measuring consensus in binary forecasts: NFL game predictions; International Journal of Forecasting; 2009

¹² MARK, J. Tedone; Repairable Part Management; Interfaces 19, num 4; Julio 1989, 61-68

CAPITULO II. MARCO REFERENCIAL

*The future, according to some scientists, will be exactly like the past, only far more expensive.
John Sladek, American science fiction author*

Entorno de la Industria Automotriz

En esta parte se hará una descripción de la situación actual de la industria automotriz mundial y la mexicana, tomando en cuenta también la reciente crisis financiera que afecto a todo el mundo y en especial al sector automotriz.

Industria automotriz mundial

A inicios del siglo XX Henry Ford marcó una diferencia significativa con su sistema de producción, se colocó como la armadora más importante y parecía que nadie podría quitarle ese puesto, pero como respuesta a eso GM contestó con una segmentación que los llevo al número uno en la venta de vehículos.

El siguiente gran cambio se dio durante el periodo de la posguerra, Toyota diseño un nuevo sistema de producción el cual lleva su nombre. Este nuevo sistema junto con una estrategia de diferenciación de sus vehículos llevo a la empresa nipona a convertirse en la armadora más grande del mundo.

La competencia en la industria automotriz parece marcada por constantes cambios, en los últimos 10 años se han visto diversos acontecimientos que van desde alianzas, fusiones, quiebras y el desplazamiento de GM por parte de Toyota como la número uno en ventas. Estos cambios los podemos ver en la tabla 2.1 donde se muestra como las marcas han cambiado de posición.

Rank	2005	2006	2007	2008	2009
1	GM	GM	Toyota	Toyota	Toyota
2	Toyota	Toyota	GM	GM	GM
3	Ford	Volkswagen	Volkswagen	Volkswagen	Volkswagen
4	Volkswagen	Ford	Ford	Ford	Hyundai-Kia
5	DaimlerChrysler	Honda	Honda	Hyundai-Kia	Ford
6	Nissan	PSA	PSA	Honda	Honda
7	Honda	Nissan	Nissan	PSA	Nissan
8	PSA	Chrysler	FIAT	Nissan	PSA
9	Hyundai-Kia	Renault	Renault	FIAT	Renault
10	Renault	Hyundai-Kia	Hyundai-Kia	Renault	Suzuki

Tabla 2.1 Ranking de ventas de empresas automotrices
Fuente: www.automobilemakers.com. Consultado Abril 2010

La competencia entre las automotrices es una constante lucha, todas las marcas tienen características únicas que han sido desarrolladas a través de los años y que también son representativas de las culturas que les han dado origen. Los ganadores en ésta competencia son aquellos que han marcado una diferencia con sus competidores, es decir aquellos que han generado las mejores estrategias.

Crisis de la Industria Automotriz 2008-2009

La crisis de la industria automotriz formo parte de la caída financiera global. La crisis afectó a los manufactureros de Europa, Asia, pero principalmente a la industria automotriz americana, quienes se habían enfocado a la producción y venta de vehículos de alto consumo de combustible debido a los altos márgenes de utilidad. La situación llego a un extremo tal que el gobierno de los Estados Unidos tuvo que abrir créditos para su industria e inclusive adquirir participación como en el caso de GM.

En el 2008 la industria automotriz mexicana cerró con despidos de aproximadamente 600 mil trabajadores en las plantas de Ford, General Motors y Chrysler; durante los primeros nueve meses (de enero a septiembre) se comercializaron en México 345,654 automóviles, de los cuales 82,389 corresponden a la categoría de subcompactos, 68,447 compactos y 194,818 de lujo. Al comparar las ventas totales del 2007 que fueron de 459,495 unidades, se observa un decrecimiento del 25%. La AMDA (Asociación Mexicana de Distribuidores Automotrices) y la AMIA (Asociación Mexicana de la Industria Automotriz) reportaron que las ventas durante el periodo de enero-septiembre del 2006 al 2008, registraron un decrecimiento del 14%, se pasó de una producción de 481,214 unidades en el 2006, a 345,654 unidades en el 2008.

Algunas de las medidas para mejorar las condiciones actuales de la industria automotriz mexicana a nivel internacional, según AMIA son:

- El desarrollo de una estrategia pública para renovar el parque vehicular.
- Regular la importación de automotores usados y aplicar una revisión de sus condiciones físico-mecánicas y de emisiones contaminantes a nivel nacional.
- Eliminar el Impuesto Sobre Automóviles Nuevos (ISAN) y la tenencia durante los años 2009 y 2010.
- Medias de carácter fiscal, económicas y regulatorias, encaminadas a dar un impulso al mercado interno

Industria automotriz en México

En la actualidad se tienen diferentes marcas que se enfocan a diversos sectores de la población. Pero no solo son importantes por el simple hecho de vender vehículos, sino también por ser generadores de miles de empleos directos e indirectos, es por eso que se tiene la necesidad de mantener una industria fuerte y sana que sea un impulso constante de la economía en México.

México ocupa el décimo lugar en la fabricación de vehículos tal como lo muestra la Tabla 2.2.

No	PAIS	2005	2006	2007	2008	2009
1	China	5,707	8,882	7,278	9,299	13,791
2	Japón	10,800	11,596	11,484	11,575	7,934
3	Estados Unidos	11,947	10,781	11,292	8,672	5,699
4	Alemania	5,758	6,213	5,820	6,046	5,210
5	Corea del Sur	3,699	4,086	3,840	3,827	3,513
6	Brasil	2,528	2,971	2,611	3,216	3,183
7	India	1,642	2,307	2,016	2,332	2,633
8	España	2,752	2,890	2,777	2,542	2,170
9	Francia	3,549	3,019	3,169	2,569	2,050
10	México	1,646	1,979	2,022	2,103	1,508
11	Canadá	2,688	2,578	2,571	2,041	1,477
12	Inglaterra	1,803	1,750	1,650	1,649	1,090
13	Italia	1,038	1,284	1,211	1,024	843
14	Rusia	1,354	1,660	1,503	1,790	724
15	Bélgica	895	844	918	724	523
	SUBTOTAL	57,806	62,840	60,162	59,409	52,348
	OTROS PAISES	8,638	6,494	13,028	13,111	9,018
	TOTAL MUNDIAL	66,444	69,334	73,190	72,520	61,366

Tabla 2.2 Producción de vehículos 2009

Fuente: Producción mundial de vehículos. www.amia.com.mx. Consultado Abril 2010

Durante el año 2009 la venta de vehículos en el país fue de 754,918 unidades provenientes de 29 marcas diferentes. La producción de ese mismo año fue de 1,507,527 unidades de 7 armadoras. Actualmente, se cuenta con plantas de ensamble de vehículos en 12 estados de la República, con plantas de fabricación de partes y componentes en 26 estados y una red de más de 1250 distribuidores autorizados en las principales ciudades de todo el país. La industria automotriz genera cerca de un millón de empleos directos formales y representa el 17.3 por ciento del PIB manufacturero, además el sector automotor representa el 21.5 % del total exportado por nuestro país, con más

de 45,000 millones de dólares exportados a más de 100 países y generando más de 17,000 millones de dólares de divisas netas¹³.

Como ya se mencionó anteriormente, la industria automotriz mexicana fue fuertemente afectada por la crisis financiera. Previo a la crisis, el mercado interno no solo no creció sino que tuvo una contracción de más del 12 por ciento de 2006 a 2008, superando apenas el millón de vehículos vendidos en 2008, niveles más bajos que los de 2004.

La crisis de septiembre 2008 provocó 15 meses de caída libre en el mercado nacional y una contracción de 30.5 por ciento, niveles similares a 1999

En la siguiente gráfica se muestra la venta anualizada del mercado interno mexicano.

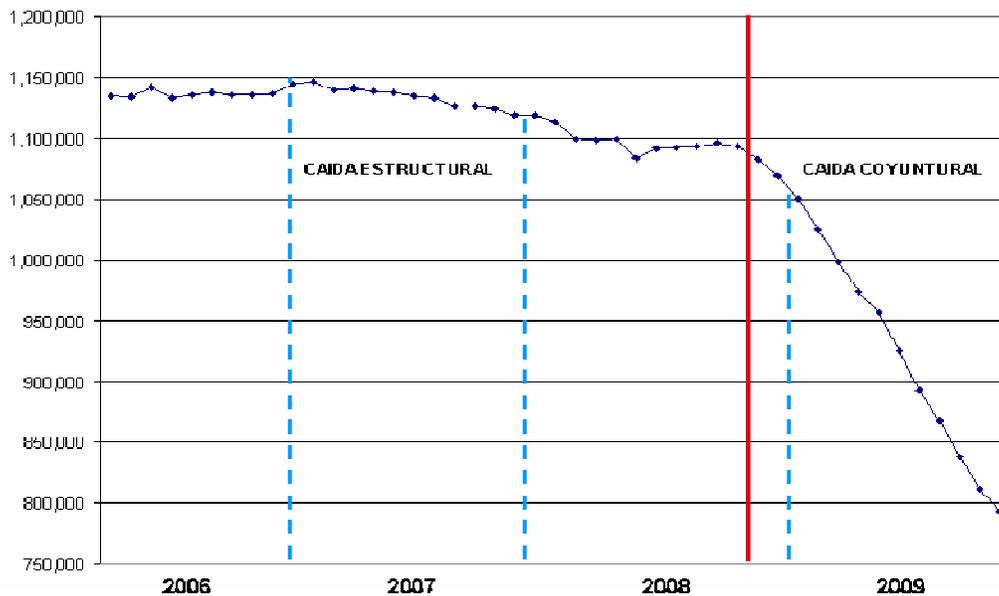


Figura 2.1: Venta anualizada en el mercado interno mexicano
Fuente: Presentación CONAGO. www.amia.com.mx. Consultado Abril 2010

En la Figura 2.1, se muestra la evolución anualizada de la venta de vehículos nuevos en el mercado interno desde enero 2006 hasta marzo 2010. Se puede observar como desde septiembre de 2008 el volumen de ventas comenzó a caer, en lo que se conoce como una caída coyuntural, es decir una caída influida por factores económicos relativos al país, al grado de llegar a un decremento de 26.4% a finales de 2009 y a registrar volúmenes que no se habían visto desde 1999. La falta de estímulos suficientes que promuevan la

¹³ Fuente: Internet. La industria automotriz mexicana frente a la situación económica actual. www.amia.com Consultado Abril 2010

venta de vehículos ha llevado a esta industria a 19 meses consecutivos de bajas ventas.

Es urgente la reactivación del mercado interno. La AMIA estima que el potencial de crecimiento en los próximos años es de más de un millón de unidades, lo cual, podría generar de 300 a 350 mil empleos.

Antecedentes y entorno de la organización.

La empresa en la que se efectuará la investigación es la empresa Nissan Mexicana, la cual es de origen japonés y su actividad principal es la fabricación y venta de partes automotrices y vehículos.

En México se cuenta con las siguientes instalaciones:

Oficinas Corporativas	México, D. F.
Centro de Desarrollo Tecnológico	Toluca, Edo. Mex.
Planta de Ensamble	Aguascalientes, Ags.
Planta de Ensamble	Cuernavaca, Mor.
Centro de Distribución de Refacciones	Toluca, Edo. Mex.

Tabla 2.3 Instalaciones de la empresa
Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

La misión de la empresa es la siguiente

Proveer productos y servicios automotrices únicos e innovadores, que ofrecen valores medibles y superiores en alianza con Renault, a todos nuestros acreedores.

La visión de esta empresa es: *Enriquecer la vida de la gente*

Los valores en los que se basa la empresa son los siguientes:

- Honestidad
- Integridad
- Respeto
- Confianza
- Responsabilidad
- Actitud ciudadana
- Diversidad

A continuación se presenta la historia de la empresa:

Año	Acontecimiento
1959	Llega a México como distribuidora de autos marca DATSUN
1961	El 11 de septiembre se constituye Nissan Mexicana
1966	Se produce el primer automóvil de Nissan Mexicana
1972	Inicia la exportación de unidades a Latinoamérica
1975	Nissan Mexicana es pionera al establecer el primer laboratorio de pruebas de emisión de gases contaminantes de vehículos
1984	En todo el mundo cambia la imagen de DATSUN a Nissan Mexicana
1995	Nissan Mexicana es nombrada base de comercialización regional, en virtud de que el 60% de las exportaciones de Nissan Mexicana a Latinoamérica provienen de México
1998	Desde su planta en Aguascalientes el modelo Sentra se exporta por primera vez a USA y a todo el continente Americano
1999	Nissan Mexicana recibe reconocimientos ambientales de Industria Limpia y Certificado ISO 14001
2000	El primer auto resultado de la alianza con RENAULT es Scenic, que llega a la producción de 3,000,000 de vehículos
2001	Nissan Mexicana alcanza la cifra de un millón de autos Tsuru vendidos en su historia
2002	Nissan Mexicana introduce al mercado mexicano el primer vehículo producto de la Alianza que se produce en la planta de Aguascalientes
2003	Inicia operaciones la financiera de marca Credi Nissan. Nissan Mexicana lanza al mercado mexicano su primer crossover, el nuevo Murano, y el nuevo Maxima
2004	Tsuru cumple 20 años en el mercado mexicano
2005	Inversión conjunta empresa - proveedores en la planta de Aguascalientes de \$1,300 millones de dólares
2006	Lanzamiento de nuevos productos: Tiida y Sentra

Tabla 2.4 Historia de la empresa

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

Alianza NISSAN - RENAULT

La alianza entre Nissan y Renault se forma en marzo de 1999, donde las compañías mantienen sus propias identidades corporativas y de marca, operando de manera independiente.

Porcentaje de Acciones

- Renault 44%
- Nissan 15%

Nissan tiene una gran participación en el mercado Mexicano. A través de esta alianza, Renault regresa a México con vehículos importados y ensamblados en las plantas de Nissan.

Esto ha permitido a Renault establecerse en México y reducir sus costos; Nissan por su parte, logra optimizar sus operaciones locales en el país, mediante el incremento de volúmenes de producción en sus plantas y de su propia gama de productos; así como consolidarse en Europa.

Posición en el mercado.

Desde hace varios años la empresa Nissan ocupa un lugar muy importante dentro del mercado mexicano. La posición alcanzada e 2009 es la combinación de varios factores, entre los principales, que la producción de las plantas en México es de vehículos compactos de un gran ahorro de combustible, los cuales fueron altamente demandados durante la crisis. En la siguiente tabla se muestra la posición de las principales marcas de vehículos en México.

Posición	Compañía	2008	2009
1	Nissan	212,022	156,186
2	General Motors	212,378	138,482
3	Volkswagen	119,400	97,506
4	Ford Motor	125,516	88,692
5	Chrysler	116,137	82,337
6	Toyota	63,306	51,991
7	Honda	54,132	35,245
8	Mazda	21,997	18,914
9	SEAT	13,066	15,584
10	Mitsubishi	16,804	14,320

Tabla 2.5. Posición en el mercado de vehículos 2009

Fuente: Elaboración propia con datos de la AMIA. www.amia.com.mx. Consultado Abril 2010

La penetración del mercado de las empresas mencionadas se muestra en la siguiente gráfica.

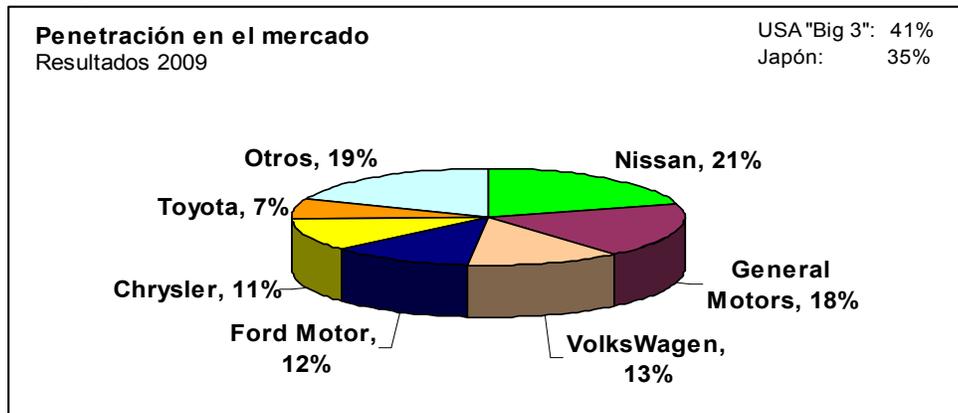


Figura 2.2: Penetración del mercado.

Fuente: Elaboración propia con datos de la AMIA. www.amia.com.mx. Consultado Abril 2010

Proyecciones futuras del negocio automotriz

Las noticias recientes apuntan hacia una nueva dirección en la industria automotriz global. Dentro de los acontecimientos destacados está la decisión de Nissan y Renault para cooperar en el desarrollo de autos y motores pequeños, los cuáles se han vuelto a reposicionar en la mente de los compradores una vez que han visto los incrementos de combustibles en la reciente crisis. Otro evento importante es el hecho de que General Motors vendió más autos en China durante el primer trimestre de 2010 que en su mercado nacional.

Estos mensajes no pueden ser más claros: los fabricantes de autos necesitan crecer para poder amortiguar los altos costos de la nueva tecnología y del desarrollo de productos. También necesitan una presencia fuerte en los mercados en vías de desarrollo porque sus fortalezas tradicionales en Estados Unidos, Europa Occidental y Japón, han dejado de crecer, y en algunos casos incluso se están encogiendo.

Las estrategias aún están surgiendo, y a la fecha, muy pocas muestran ventajas claras. De hecho, algunos centros neurálgicos industriales están revelando algunos desperfectos.

Toyota siempre ha preferido el crecimiento orgánico a las fusiones o adquisiciones, pero mientras lidia con la repentina crisis de calidad, su capacidad de gestión interna no ha logrado mantener el paso de la expansión global. El fabricante de autos ahora enfrenta la necesidad de ceder parte de su autoridad a sus afiliados extranjeros o colapsar ante su propia complejidad y bajo su propio peso.

Honda ha determinado firmemente que seguirá su propio camino esquivando cualquier alianza, pero sin un consenso sobre el desarrollo de los combustibles alternativos, se topará con el hecho de que la demanda de múltiples tecnologías le tomará la delantera a sus recursos.

En Europa, Daimler debe probar que aprendió lo suficiente de su fusión fallida con Chrysler para hacer que su nueva sociedad sea más exitosa. La pequeña BMW, que no tuvo éxito al intentar crear un acuerdo con Daimler, debe buscar otro socio.

Entre los gigantes estadounidenses, General Motors ha mostrado que incluso las estrategias más impresionantes requieren una ejecución de los detalles. Sus antecedentes de alianzas fallidas durante las últimas décadas, incluyendo las que hizo con Toyota, Fiat y Suzuki Subaru, muestran que no basta con tener buenas intenciones.

Para asegurarse, los analistas y los fabricantes de autos han hablado de una consolidación de la industria en súper-grupos, al menos desde la década de los 70. Pero los independientes, como BMW y Honda, han prosperado. Además, Corea ha emergido como una potencia, y cerca de 100 fabricantes de autos han nacido en China. Asimismo, India ha conseguido presencia mundial con el innovador “Nanocar”.

Hace cinco años, nadie hubiera pensado que Land Rover, Jaguar, y Volvo serían propiedad de los principales fabricantes de autos asiáticos.

Las barreras para entrar a la industria, que alguna vez lucían insuperables, han probado que no son tan sobrecogedoras para aquellos que están creciendo desde una base del mercado fuerte. Con la llegada de los nuevos, varios fabricantes de autos que llevan establecidos varios años tienen fuertes dudas sobre ellos.

¿Cuánto tiempo pasará antes de que las compañías medianas como Peugeot-Citroen, Subaru, Mazda y otros sean absorbidos por sus competidores más grandes?

Finalmente, siempre ha sido peligroso elegir a los ganadores en este negocio. A pesar de la intensidad y la complejidad del capital de esta industria, la suerte puede cambiar de un momento a otro.

Pero una empresa parece estar particularmente bien posicionada para tener éxito en este ambiente. En este momento, Volkswagen (VW) tiene una clara ventaja: tiene el tamaño, el alcance global con operaciones exitosas en Sudamérica y China, y un portafolio impresionante de marcas entre las que se encuentran Porsche, Bentley y Audi.

VW ha mostrado que tiene lo necesario para triunfar en uno de los aspectos más difíciles del negocio: compartir los componentes entre su marca sin abandonar a los que producen los márgenes más altos. Esto le permite apoyarse de su tamaño para tomar la mejor ventaja. ¿Quién ha notado que Bentley usa partes del Audi, o que Audi usa partes del Volkswagen?

VW realmente está equipado, pues tiene objetivos de crecimiento ambiciosos y está por abrir una nueva planta en Estados Unidos. Anteriormente padeció por su inconsistencia y por su calidad mediocre, y tener una casa costosa en Alemania tampoco fue de ayuda.¹⁴

¹⁴ El nuevo orden mundial automotriz. www.cnnexpansion.com; Consultado Mayo 2010

Futuro de la industria automotriz en México

La producción de vehículos en México se disparó en marzo de 2010 un 85.1% comparado con 2009 y las exportaciones treparon un 60.7%, ambas cifras a tasa anual, de acuerdo con información de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA)¹⁵.

Las unidades producidas subieron a 190,091, mientras que las exportaciones alcanzaron 163,641 vehículos.

México envía casi el total de su producción de autos a Estados Unidos, su socio en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), con lo que se concluye que sin duda, el repunte de los mercados en el exterior está siendo un factor en la producción del país.

México registró en el año 2009 fuertes caídas en su producción y exportación de automóviles, en medio de la peor recesión internacional en décadas, que golpeó especialmente a Estados Unidos y dejó a México con una contracción económica del 6.5%.

Para el 2010, México prevé registrar un crecimiento del 4.1% de su Producto Interno Bruto (PIB), lo cual se espera tendrá un efecto positivo en la producción y venta de automóviles.

Obstáculos a vencer

México tiene una sólida industria automotriz respaldada por una mano de obra calificada y una posición geográfica favorable para Estados Unidos (EU), además de tratados comerciales que lo hacen más atractivo.

La Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), ve que México tiene no sólo la capacidad, sino la localización geográfica más favorable y también se cuenta con acuerdos de comercio internacionales. El país puede mandar productos a EU, Japón o Europa sin impuestos y eso significa una ventaja muy importante.

Sin embargo, existe un inconveniente importante, y es el hecho de que no existen armadoras mexicanas, sino que pertenecen a marcas internacionales, por lo que los planes de ampliar la participación en algún mercado internacional es una decisión que se toma desde fuera. Otro factor de la industria nacional es que los apoyos al sector por parte del Gobierno Federal no han sido tan decididos como en otros países.

¹⁵ La industria automotriz mexicana frente a la situación económica actual. www.amia.com.

Consultado Abril 2010

Si bien a algunos les preocupa que países como Brasil estén en mejores condiciones económicas para impulsar el sector, lo cierto es que éste no representa un problema para México, aseguran analistas.

Al parecer la falta de incentivos y capacidad de decisión lo condenan a ser un país “autopartero”¹⁶.

A finales de 2009, Renault México anunció el retiro de los autos modelo Clío del mercado a nivel mundial. Detrás de esto está la producción del nuevo modelo Sandero, que será producido en Brasil. A pesar de ello el país resiste la competencia del mercado brasileño a nivel internacional, el punto débil del país es la venta al mercado interno, ya que su mercado está creciendo de tal manera que reduce las posibilidades de exportación.

Las exportaciones mexicanas de autos son de casi 80% de la producción, mientras que Brasil apenas alcanza 30% de su producción para el mercado internacional.

En este sentido, el país sudamericano no puede ser visto como la competencia directa de México, todavía. Incluso, existe un Tratado de Libre Comercio Automotriz entre ambas naciones, que tiene previsto ampliarse a todos los miembros del MERCOSUR a mediados de 2011.

Brasil se ha enfocado en fomentar sus ventas nacionales, el gobierno del país junto con el de la ciudad de Sao Paulo, tomaron la decisión de apoyar con alrededor de 4,000 mdd, a finales de 2008, a las financieras de marca. Lo primordial era que no escaseara el crédito.

Información de la Agencia Brasil revela que estos apoyos lograron que la venta de vehículos en 2009 haya sido la más grande en su historia, con 3.14 millones de unidades vendidas. Esta cifra representa un rendimiento de 11.4% más que en 2008.

Sin embargo, se anunció que terminaba el programa de incentivos fiscales para automóviles en la última semana de enero de 2010. La razón del gobierno brasileño fue que estos recursos serían ahora utilizados para estimular su economía.

Brasil no es tanto un país de producción para exportación, ahí está la diferencia porque ellos tienen un mercado mucho más grande que el de México y no dependen tanto de la exportación. La mayor parte de su producción es para la venta interna.

¹⁶ El término “autopartero” se refiere a que la industria automotriz en México está formada en su mayoría por productores de componentes automotrices en lugar de empresas ensambladoras de vehículos.

El reto para México viene de adentro. El mercado interno no ve mejoras porque su recuperación está siendo más lenta de lo previsto y la misma AMIA reporta que el Índice de Confianza del Consumidor aún se mantiene bajo.

En México no existe una estrategia enfocada a la recuperación del sector ni a la reactivación del mercado interno; todas las expectativas de crecimiento están enfocadas a la recuperación de EU.

El mercado interno en México tiene gran potencial si lo comparamos con la venta de autos en otros países latinoamericanos. Actualmente, México vende siete autos por cada 1,000 habitantes, mientras que Argentina vende 12 y Brasil, 21 autos. Paradójicamente, esta es la fortaleza de la producción automotriz nacional: su carácter exportador. Las exportaciones mexicanas representan 12.73% del mercado estadounidense. La AMIA reporta que el sector automotor representa 21.5 % del total de exportaciones de nuestro país por lo que no hay una crisis de oferta de automóviles, ya que México posee una alta competitividad y fabricación de clase mundial.

Bajo esta perspectiva, el buscar mayores programas que incentiven la compra de automóviles del mercado interno es el reto del sector automotriz y no las exportaciones.

Ante este panorama, y ya que la producción automotriz mexicana no es exclusiva del armado de autos, sino que depende en gran medida de la producción de autopartes.

Estados Unidos ve con gran interés a México en esta rama, ya que prefiere producir los componentes aquí y posteriormente armar sus autos en su propio territorio. Hace más sentido para la industria extranjera fabricar sus piezas en México y mandarlas a las armadoras en EU; la ventaja que tenemos es la cercanía de las maquiladoras que se encuentran en la frontera norte, muchas se enfocan al sector automotriz.

Si México espera que el sector automotriz empuje la recuperación de la economía, podría seguir los pasos del gobierno brasileño y voltear también hacia su propio mercado. Hacer más dinámico el crecimiento económico significa también, motorizarlo.¹⁷

¹⁷ México, futuro automotriz limitado; www.cnnexpansion.com; Consultado Mayo 2010

El futuro de las automotrices hacia el 2020

La industria automotriz a nivel mundial ha comenzado a dar los primeros pasos de su transformación con la caída de las grandes automotrices en Detroit, el comienzo de la consolidación del sector con una serie de fusiones y el lanzamiento de automóviles de menor tamaño, menor costo y enfocados a cuidar el medio ambiente.

La consultora Deloitte considera que el pináculo de esta transformación se dará en 2020: "en los próximos 10 años la industria automotriz probablemente verá los cambios más dramáticos en las preferencias de compra de los consumidores en sus 100 años de historia, los consumidores se fragmentarán en segmentos completamente diferentes en 2020"¹⁸.

Al fin de la recesión la firma estima que países como China e India podrían colocarse como jugadores principales de la industria, sumándose a Japón, Estados Unidos, Europa y Corea, dando mayor impulso a las producciones en países emergentes, debido a los beneficios obtenidos a través de mano de obra más barata y un aumento en el poder adquisitivo de sus habitantes.

El estudio "Una Nueva Era, acelerando hacia el 2020, una industria automotriz transformada" de la consultora indica que hacia 2015 las ventas de automóviles en todo el mundo alcanzarán los 70 millones de unidades, aumentando principalmente en Europa.

El fenómeno se debe principalmente a que el desarrollo de ingeniería tendrá mayor peso en Asia y el continente europeo. Aunque también se establece que China y Sudamérica representarán más de 50% del crecimiento en la producción global de vehículos ligeros de 2008 a 2015.

En próximos años se espera que las fusiones, como las dadas entre Fiat y Chrysler o Volkswagen y Porsche, terminen de consolidar al sector generando menos de 10 grupos industriales que generen el 77% de la producción mundial (como lo muestra la tabla 2.6). Las alianzas como estas permiten tener precios más competitivos y una mayor segmentación de mercado, además de permitir el acceso a mercados limitados.

¹⁸ Accelerating toward 2020-an automotive Industry transformed. Deloitte

Estudio del cálculo de pronósticos de la demanda en una empresa automotriz

Rank	Grupo	Localización Corporativa	Penetración Mundial del mercado	Penetración del mercado acumulada
1	Toyota	Japón	13.3%	13.3%
2	GM	Estados Unidos	11.9%	25.2%
3	VW	Alemania	9.3%	34.5%
4	Nissan-Renault	Japón /Francia	8.4%	42.9%
5	Ford	Estados Unidos	7.8%	50.7%
6	Fiat-Chrysler	Unión Europea	6.4%	57.1%
7	Hyundai-Kai	Corea	5.9%	63.0%
8	Honda	Japón	5.6%	68.6%
9	PSA	Unión Europea	4.8%	73.4%
10	Suzuki	Japón	3.8%	77.2%

Tabla 2.6 Producción mundial de 2008

Fuente: *Accelerating toward 2020-an automotive Industry transformed. Deloitte*

En algunos casos, las compañías tendrán como objetivo adquisiciones para tener acceso a nuevos mercados, canales o tecnologías. En otros, las compañías realizarán múltiples adquisiciones para racionalizar la capacidad en un nicho de mercado y desarrollarán una posición dominante.

Un particular tipo de jugadores emergerán así como también un nuevo balance global, con más corporativos y centros de manufactura, particularmente en China e India. Cuando esto suceda, el escenario se basará en 6 mercados principales (ver tabla 2.7)

Mercado	Condición actual		Condición potencial en 2020
	Organización	Cantidad	
Unión Europea	VW, Renault-Nissan (.5), Fiat-Chrysler, PSA, Daimler, BMW	5.5	3.5 – 4
Estados Unidos	GM, Ford	2	1.5 – 2
Japón	Toyota, Nissan-Renault (.5), Honda, Suzuki, Mazda, Mitsubishi	5.5	2.5 – 3
China	-	0	1.5 – 2
India	-	0	0.5 – 1
Corea	Hyundai-Kai	1	0.5 – 1

Tabla 2.7. Balance automotriz hacia el 2020

Fuente: *Accelerating toward 2020-an automotive Industry transformed. Deloitte*

Se espera que China sea el líder de la carrera de la industria automotriz (ver figura 2.3) debido a su gigante mercado local y su competitiva industria manufacturera de exportación.

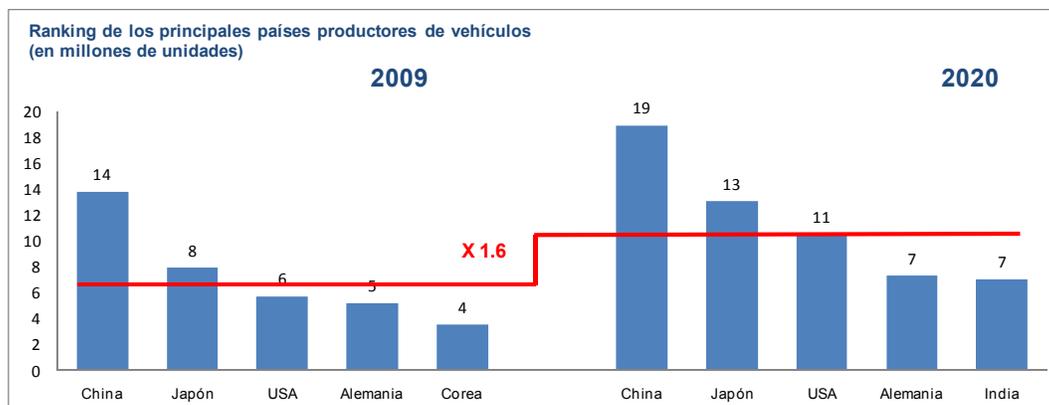


Figura 2.3: Productores de vehículos en 2009 y 2020
Fuente: The future of automotive industry. Pricewaterhousecoopers

Además, la crisis económica no sólo ha generado un impacto en la forma de producir de las automotrices, sino en qué producir, ya que ahora los consumidores finales buscan más por su dinero, por lo que el estudio establece que en 2020 el valor y la seguridad serán las características fundamentales al momento de compra, aunadas a la implementación de más sistemas eléctricos y componentes tecnológicos (como puede ser la conectividad a Internet), así como la preferencia por vehículos "verdes", en lugar de tradicionales.

Para el 2020, los vehículos eléctricos y otros automóviles ecológicos representarán cerca de un tercio de las ventas totales globales en los mercados desarrollados y cerca de 20% en las regiones urbanas de los mercados emergentes.¹⁹

Mercado de refacciones automotrices en México

La venta de refacciones automotrices es de suma importancia para las armadoras, ya que ésta actividad es un sinónimo de utilidad debido al bajo costo que representa la refacción original y el alto precio al que se puede vender en los distribuidores. Es por eso que no es difícil escuchar que el negocio de las armadoras no está en la venta de vehículos, sino en la venta de las partes de servicio el cual puede llegar a significar el 36% de la utilidad.

El mercado de refacciones en México es uno de los más complicados de América. Como se sabe, está fuertemente influenciado por las cinco marcas tradicionales. La apertura comercial ha venido acercando a mercados dominados por vehículos asiáticos y norteamericanos, así como con la entrada de camionetas del tipo VAN, SUV y Pick Up, sin embargo, se mantiene una gran diferencia en cuanto al tipo de unidades se refiere. En México más del 95 por ciento son vehículos compactos y sub-compactos, mientras que en Estados

¹⁹ El futuro de las automotrices hacia 2020. www.cnnexpansion.com; Consultado Mayo 2010

Unidos por el momento, el mercado continúa siendo fuertemente influenciado por vehículos de medianos a grandes.

Actualmente el mercado goza de diferencias marcadas en cuanto al parque vehicular con Estados Unidos, sin embargo, esa diferencia va disminuyendo día con día de acuerdo con dos factores sumamente importantes que han venido cambiando el parque vehicular del vecino del norte:

1. El alto costo de los combustibles que ha venido influyendo en las decisiones de compra del consumidor.
2. La situación económica por la que atraviesa la Ford Motor Company y General Motors en Estados Unidos, que han encaminado sus nuevos desarrollos a vehículos compactos.

Las empresas automotrices han estado bajo una gran presión durante toda la crisis económica para encontrar formas de incrementar sus ingresos y reducir el impacto de la desaceleración global. Se calcula un desplome acumulado en 2009 de más del 31%. Estos resultados, dejan clara la necesidad de generar alternativas de crecimiento que permitan contrarrestar los efectos de la crisis.

De acuerdo con la Industria Nacional de Autopartes (INA), este sector se recuperará hasta el año 2012, año en que posiblemente se alcancen los niveles de producción que había en 2008.

De acuerdo con cifras del INA, China se convirtió en el segundo proveedor de autopartes para el mercado de refacciones y ha crecido fuertemente en el mercado para las armadoras en México.

En un estudio presentado por el organismo, se explica que las autopartes de dicho país representan 10.7% de las importaciones de componentes en México, mientras que hace tres años su participación era de 8%. Todo esto ha sido originado por la desgravación arancelaria que implementó el gobierno mexicano.

El estudio de Deloitte “Damas y caballeros, enciendan sus motores de servicio: Compitiendo por la excelencia en el servicio de la industria automotriz”, muestra que tanto el servicio como las autopartes son operaciones que se caracterizan por ser más resistentes en un clima de incertidumbre económica ya que dan ganancias que llegan, en promedio, a más del 50 por ciento que lo que generan otras áreas del negocio automotriz.

En estos tiempos difíciles, cada vez más los consumidores se la piensan dos veces antes de comprarse un auto nuevo. En cambio, estos mismos consumidores están extendiendo la vida de su vehículo actual a través del servicio y el mantenimiento regular del mismo. Esto representa una verdadera

oportunidad para el sector de manufactura de refacciones originales, así como para las compañías productoras y los distribuidores automotrices de tal forma que utilicen la coyuntura para moderar la volatilidad en la venta de nuevos vehículos e impulsar los ingresos en sus negocios.

Fueron pocas las empresas automotrices participantes en el estudio global de Deloitte que indicaron que tenían una amplia visión de la rentabilidad del servicio (22 por ciento), de la rentabilidad del negocio de autopartes (38 por ciento), de la rentabilidad de sus canales de ventas (16 por ciento) y de las métricas de crecimiento de participación de mercado (9 por ciento). Asimismo, un número grande de empresas consideran tener un bajo nivel en la exactitud de sus pronósticos de demanda de autopartes, lo que sugiere problemas importantes para administrar efectivamente la demanda y sus inventarios. A manera de ejemplo, para la cuarta parte de las empresas incluidas en el estudio de Deloitte, la exactitud media de sus pronósticos de demanda de autopartes fue menor al 30 por ciento. Asimismo, contar con los recursos humanos adecuados es un reto adicional para los distribuidores automotrices ya que varios de ellos invierten hasta 10 veces más en su personal de ventas que en su personal de servicio.

No es suficiente con solamente elevar el tema de las operaciones de servicio y autopartes en la agenda corporativa de las empresas automotrices. Lo que hace la diferencia es cómo las empresas ejecutan su plan. Hay mucho en juego que puede impactar en la percepción de los consumidores si las operaciones de servicio y la disponibilidad de autopartes o refacciones no se manejan de acuerdo a las expectativas que estos tienen.

Las empresas automotrices se están dando cuenta lentamente que requieren centrarse en el negocio del servicio si quieren sobrevivir, particularmente en estos tiempos difíciles. El manejo sin respuesta de las quejas de los clientes, el manejo ineficiente de las garantías, así como del servicio reactivo, lento y caro puede significar la lenta (y a veces no tan lenta) muerte de una marca, por lo que las empresas están reaccionando a esta amenaza.²⁰

²⁰ Damas y caballeros, enciendan sus motores de servicio: Compitiendo por la excelencia en el servicio de la industria automotriz. Deloitte. 2009

CAPITULO III. METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN

*I never think of the future - it comes soon enough.
Albert Einstein, Nobel laureate in Physics*

El objetivo de este capítulo es describir la metodología que se utilizará para calcular los pronósticos de venta de refacciones automotrices. Con la ayuda de esta metodología se definirá el modelo idóneo con base en el menor error comparado con el resultado real.

Como se reviso en el marco conceptual, la metodología para el cálculo de pronósticos de acuerdo a Heizer y Render es el siguiente²¹:

1. Determinar el uso del pronostico
2. Seleccionar los ítems a ser pronosticados
3. Determinar el horizonte de tiempo del pronostico
4. Seleccionar el modelo de pronostico
5. Colectar los datos necesarios para hacer el forecast
6. Hacer el forecast
7. Validar e implementar los resultados

De igual manera se comentó en el marco conceptual que estas metodologías pueden complementarse de acuerdo a las necesidades del problema y la información y herramientas disponibles.

Con base en la metodología propuesta en la literatura y la necesidad del caso de estudio, los pasos a seguir serán los mostrados en el diagrama de la figura 3.1.

²¹ HEIZER, Jay, RENDER, Barry; *Operations Management*, 2008

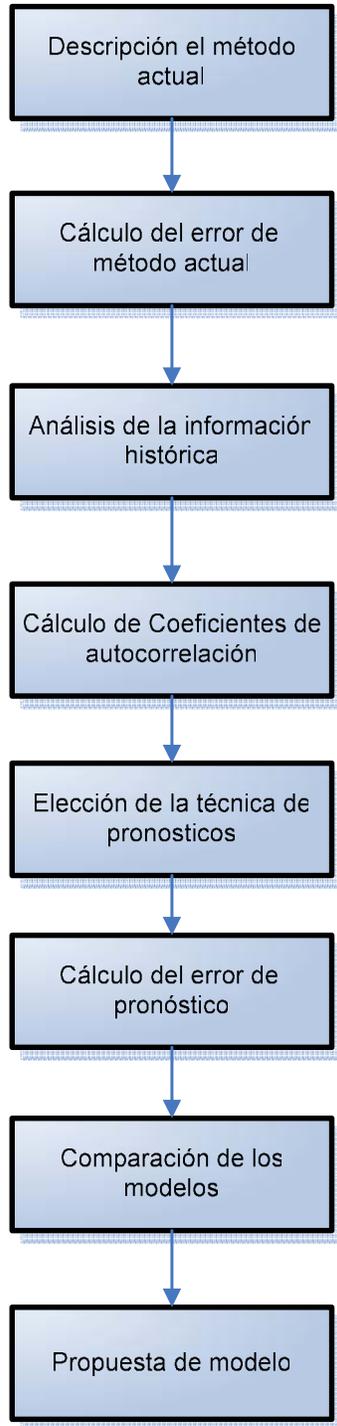


Figura 3.1 Metodología para cálculo de pronósticos de refacciones
Fuente: Elaboración propia

Descripción del método actual

Para realizar el cálculo de pronósticos, primero se describirá la metodología actual que la empresa utiliza para determinar la demanda futura de refacciones automotrices, esta actividad es importante, ya que al final del estudio se hará una comparación con los métodos propuestos para determinar si estos son mejores en cuanto a precisión y error.

La descripción de la metodología involucra conocer la técnica de pronósticos utilizada, las herramientas que se ocupan como software o sistemas de información y la forma en que son utilizados los datos obtenidos.

Cálculo del error del método actual

Se calculara el error del método actual ya que con este dato se hará el comparativo ya mencionado. En el marco conceptual se mencionaron los diversos métodos para calcular el error en el pronóstico de técnicas cuantitativas y se hará uso de los cuatro métodos para tener un análisis más completo y también como una aportación adicional a la empresa ya que actualmente no se tiene un cálculo de error con una metodología establecida.

Los métodos para el cálculo de error a utilizar son:

- La desviación absoluta media
- El error cuadrático medio
- El error porcentual absoluto medio
- El error porcentual medio

Análisis de la información histórica

Inicialmente se estableció que se pronosticaría la demanda de partes de refacciones o de servicio de una empresa automotriz. Con base en esto, se utilizará la información histórica disponible de dos ítems. Estos ítems servirán para calcular el error actual del método de pronósticos y para hacer el análisis posterior de los métodos propuestos. Debido a la confidencialidad de la información los números de parte de los ítems serán modificados y a los volúmenes mostrados se les aplicara un coeficiente para cambiar sus volúmenes de ventas.

La información histórica con la que se cuenta es a nivel mensual, por lo que se continuara realizando los pronósticos con esa base en periodos mensuales. La información disponible es desde el año 2003 y se actualiza mensualmente, por lo que se considera que los datos son suficientes, veraces y actuales.

El cálculo de los coeficientes de autocorrelación

Como parte del análisis de la información, se realizará el cálculo de los coeficientes de autocorrelación para determinar si los datos son aleatorios, tienen tendencia, son estacionarios o son estacionales.

Para identificar los coeficientes de autocorrelación los datos serán analizados mediante retrasos en el tiempo. Para identificar las características de los datos se seguirá el siguiente diagrama de decisión:

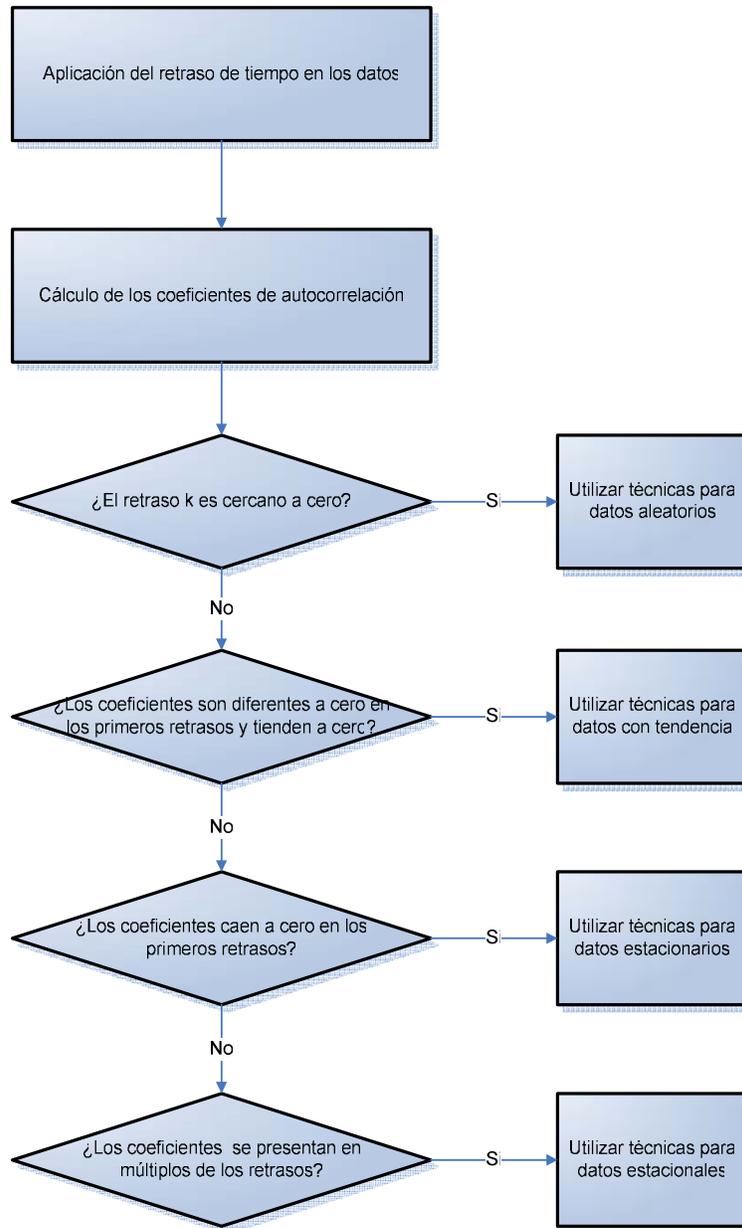


Figura 3.2 Metodología para el uso de los coeficientes de autocorrelación
Fuente: Elaboración propia

Elección de la técnica de pronósticos

Una vez identificados y entendidos los patrones de históricos de los datos mediante el cálculo de los coeficientes de autocorrelación, se determinarán las técnicas de pronósticos capaces de generar la mejor proyección.

Las preguntas que se deberán contestar con base en el marco conceptual son:

- ¿Qué periodo debe pronosticarse?
- ¿Cuáles son los requisitos mínimos de los datos?
- ¿Qué tanta precisión se desea?
- ¿Cuánto costará el pronóstico?

Como actividad académica se deberá utilizar la técnica que mayor nivel de precisión otorgue, pero también como propuesta de negocio se deberá utilizar las técnicas que mas convengan a la empresa.

Como parte de la selección final cada técnica debe ser evaluada en términos de su confiabilidad y aplicabilidad al problema específico, por su efectividad y precisión comparadas con las técnicas que le compiten y por la aceptación de la administración. La siguiente tabla representa un punto de partida; es decir, muestra métodos a considerar para datos con ciertas características. Finalmente cualquier método que se elija de supervisarse constantemente para asegurar que su operación es adecuada para lo que fue planeado.

Makidrakis e Hibon (2000) resumen el uso de las técnicas de pronósticos de la siguiente forma²²:

1. Los métodos estadísticamente sofisticados o complejos no necesariamente producen pronósticos más precisos que los métodos más simples.
2. Las diversas medidas de precisión (MAD, MSE, MAPE) producen resultados congruentes cuando se utilizan para evaluar diferentes métodos de pronóstico.
3. La combinación de tres métodos de suavizamiento exponencial supera, en promedio a los métodos individuales que se combinan y funcionan bien en comparación con otros.
4. El desempeño de varios métodos de pronósticos depende de la longitud del horizonte de pronóstico y del tipo de datos analizados (anuales, trimestrales, mensuales). Algunos métodos se desempeñan de manera más precisa para los horizontes cortos, mientras otros son más adecuados para horizontes más largos. Algunos métodos funcionan mejor con datos anuales y otros son más adecuados para datos trimestrales y anuales.

²² MAKIDRAKIS, S., HIBON, M.; The M-3 competition Results, Conclusions and Implications; 2000; pp 451-476

Elección de una técnica de pronóstico					
Método	Patrón de datos	Horizonte de tiempo	Tipo de modelo	Requisitos mínimos de datos	
				No estacionales	Estacionales
Informal	ST, T, S	S	TS	1	
Promedios simples	ST	S	TS	30	
Promedios móviles	ST	S	TS	4-20	
Suavizamiento exponencial	ST	S	TS	2	
Suavizamiento exponencial lineal	T	S	TS	3	
Suavizamiento exponencial cuadrático	T	S	TS	4	
Suavizamiento exponencial estacional	S	S	TS		2 x s
Filtración adaptativa	S	S	TS		5 x s
Regresión simple	T	I	C	10	
Regresión múltiple	C, S	I	C	10 x V	
Descomposición clásica	S	S	TS		
Modelos de tendencia exponencial	T	I, L	TS	10	
Ajuste de curva S	T	I, L	TS	10	
Modelo Gompertz	T	I, L	TS	10	
Curvas de crecimiento	T	I, L	TS	10	
Censo X-12	S	S	TS		6 x s
Box-Jenkins	ST, T, C, S	S	TS	24	3 x s
Indicadores principales	C	S	C	24	
Modelos econométricos	C	S	C	30	
Regresión múltiple con series de tiempo	T, S	I, L	C		6 x s
<i>Patrones de datos:</i>	St – estacionarios; T – tendencia; S – estacional; C – cíclico				
<i>Horizonte de tiempo:</i>	S – corto plazo; I – intermedio; L – largo plazo				
<i>Tipo de modelo:</i>	TS – serie de tiempo; C – causal				
<i>Estacionalidad:</i>	s – longitud de la estacionalidad				
<i>Variable:</i>	V – número de variables				

Tabla 3.1 Elección de una técnica de pronósticos
Fuente: HANKE, John, WICHERN, Dean; *Pronósticos de los negocios*; 2006

La tabla 3.1 es una guía rápida para elegir la mejor o las mejores técnicas de pronósticos.

Comparación de los modelos

La comparación de los modelos se realizará a través de la medición del error del pronóstico en sus cuatro métodos.

- La desviación absoluta media MAD.
- El error cuadrático medio MSE.
- El error porcentual absoluto medio MAPE.
- El error porcentual medio MPE.

Se han propuesto métodos de pronósticos para mejorar ésta actividad en la empresa y ya se tienen resultados de los pronósticos obtenidos. Estos métodos también se describirán y formarán parte de la comparación a través de la medición del error.

Propuestas y sugerencias

Finalmente se deberá sugerir una técnica o una serie de técnicas para calcular el pronóstico de refacciones automotrices. La sugerencia no solo debe ir enfocada a aquellas técnicas que tengan el menor error, sino también aquellas que se adecúen al proceso de negocios de la empresa. Es decir, que sean aplicables a la operación diaria y que reduzcan los métricos financieros de inventarios.

Los criterios a utilizar para evaluar las propuestas son:

- Rotación del inventario
- Flujo de efectivo

CAPITULO IV. ESTUDIO DE CASO

*There are three kinds of lies: lies, damned lies, and statistics.
Benjamin Disraeli, British Politician and Writer*

En este capítulo se realizará el análisis del método actual, los métodos propuestos en la empresa para mejorar la precisión de las proyecciones y por último un método propuesto.

Para calcular los pronósticos se utilizará dos software estadísticos, SPSS y Minitab, los cuales tienen herramientas estadísticas que ayudarán a obtener resultados y datos de forma más rápida y precisa.

Descripción del método actual

En la actualidad la empresa utiliza una técnica basada en promedios móviles para calcular los pronósticos de la demanda de refacciones automotrices. De forma general el proceso que sigue es el siguiente:

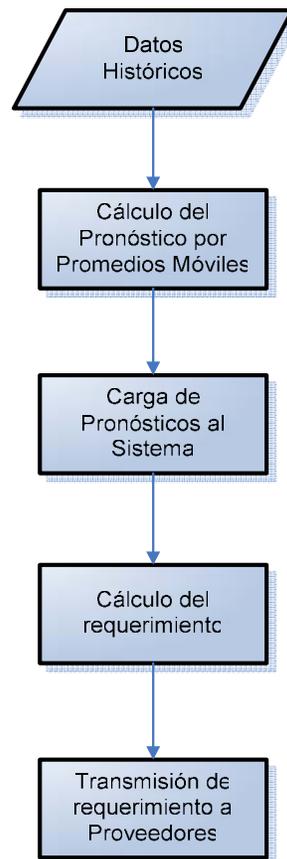


Figura 4.1 Proceso actual de cálculo de pronósticos
Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

Métodos de pronósticos basados en promedios

Con frecuencia, la administración se encuentra con una situación en la que debe actualizar por día semana o mes pronósticos de inventarios que contienen cientos o miles de artículos.

Un administrador que se enfrente a tal situación probablemente use una técnica de promedio o de suavizamiento. Este tipo de técnicas emplean una forma de promedio ponderado de observaciones pasadas a fin de suavizar las fluctuaciones del corto plazo. La suposición sobre la cual se basan estas técnicas es que las fluctuaciones en los valores previos representan salidas aleatorias a cierta estructura subyacente. Una vez identificada tal estructura, se puede proyectar hacia el futuro para producir un pronóstico.

Promedios simples

Los datos históricos pueden suavizarse de muchas formas. El objetivo es utilizar datos anteriores para desarrollar un modelo de pronósticos para periodos futuros. Un promedio simple usa la media de todas las observaciones históricas relevantes como pronóstico del siguiente periodo. Se utiliza la siguiente ecuación para promediar o calcular la media de la parte de inicialización de los datos y para pronosticar el siguiente periodo

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t Y_i$$

Cuando está disponible una nueva observación, el pronóstico para el periodo siguiente, \hat{Y}_{t+2} es el promedio o media que se calcula utilizando la ecuación anterior y esta nueva observación.

Cuando se pronostica un gran número de series de manera simultánea, el almacenamiento de datos puede ser un problema. La siguiente ecuación resuelve ese problema potencial. Sólo el pronóstico y la observación más recientes deben almacenarse al pasar el tiempo.

$$\hat{Y}_{t+2} = \frac{t\hat{Y}_{t+1} + Y_{t+1}}{t + 1}$$

El método de promedios simples es una técnica adecuada cuando se han estabilizado las fuerzas que generan las series a pronosticar y cuando, por lo general, no cambia el entorno donde existe la serie.

Promedios móviles

El método de promedios móviles utiliza la media de todos los datos para hacer el pronóstico. ¿Qué pasa si el analista se preocupa más por las observaciones recientes? Se puede especificar un número constante de puntos de datos al

inicio y se puede calcular una media para las observaciones más recientes. El término promedio móvil se usa para describir este enfoque. Conforme se tienen nuevas observaciones, se calcula una nueva media al sumar el valor más reciente y al eliminar el más antiguo. Este promedio móvil se utiliza para pronosticar le siguiente periodo. La siguiente ecuación da el pronóstico como el promedio móvil simple.

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k}$$

Donde

\hat{Y}_{t+1} = valor pronosticado para el siguiente periodo

Y_t = valor real en el periodo t

k = número de términos en el promedio móvil

El promedio móvil para el periodo t es la media aritmética de las observaciones más recientes k . en un promedio móvil se asignan pesos iguales a cada observación. Cada nuevo punto de datos se incluye en el promedio al estar disponible y se elimina el punto de datos más antiguo. La tasa de respuesta a los cambios en el patrón subyacente de datos depende del número de periodos k incluidos en el promedio móvil.

La técnica de los promedios móviles solo maneja los últimos periodos k de datos conocidos; el número de puntos de datos en cada promedio no cambia al pasar el tiempo. El modelo de promedio móvil no maneja muy bien la tendencia o la estacionalidad, aunque lo hace mejor que el promedio simple.

El analista debe elegir el número de periodos k , en un promedio móvil. Un promedio móvil de orden 1, usaría la observación actual Y_t , para pronosticar Y para el siguiente periodo.

Cálculo actual de refacciones

A continuación se presentará el cálculo de pronósticos actual. Se utiliza la técnica de promedio móvil utilizando los últimos 6 meses de información.

Tomando un año cualquiera, se calculará la demanda a partir del mes 7 tomando los primeros 6 meses (es decir que el promedio será de orden $k=6$) utilizando la formula de promedio móvil.

Este es el resultado obtenido:

Mes	Demanda Real Ítem 1	Promedio Móvil (6 meses)
1	3,795	-
2	4,778	-
3	2,750	-
4	3,306	-
5	2,615	-
6	2,700	-
7	4,316	3,324
8	3,879	3,411
9	2,778	3,261
10	3,934	3,266
11	3,518	3,370
12	2,572	3,521

Calculando mes 7:

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-6+1}}{6}$$

$$\hat{Y}_7 = \frac{Y_6 + Y_5 + Y_4 + Y_3 + Y_2 + Y_1}{6}$$

$$\hat{Y}_7 = \frac{2700 + 2615 + 3306 + 2750 + 4778 + 3795}{6}$$

$$\hat{Y}_7 = \frac{19944}{6} = 3324$$

Para medir que tan preciso es este método se analizará su error, con lo que se podrá comparar más adelante con los métodos propuestos.

Cálculo del error del método actual

Como se mencionó anteriormente, se analizarán los 4 tipos de errores.

- La desviación absoluta media MAD. Mide la precisión del pronóstico en las mismas unidades que la serie original.
- El error cuadrático medio MSE. Penaliza los errores grandes al elevarse al cuadrado los datos.
- El error porcentual absoluto medio MAPE. Proporciona una indicación de cuan grandes son los errores del pronostico en comparación con los valores reales de la serie.
- El error porcentual medio MPE. Determina si el método tiene sesgo. Sí el método no tiene sesgo se producirá un error cercano a cero. Sí el resultado es un alto porcentaje negativo, el método sobreestima de

forma consistente, si es un alto porcentaje positivo, el método subestima consistentemente.

Para calcular los errores, se hará uso de la siguiente tabla aplicado al primer ítem analizado para el año 2009:

Calculo del error del Ítem 1							
Mes	Demanda Real	Pronóstico	Error				
T	Y _t	Ŷ _t	Y _t - Ŷ _t	Y _t - Ŷ _t	(Y _t - Ŷ _t) ²	Y _t - Ŷ _t / Y _t	(Y _t - Ŷ _t) / Y _t
1	2354	3500	-1146	1146	1312170	0.487	-0.487
2	2556	3173	-617	617	380072	0.241	-0.241
3	2692	2952	-260	260	67600	0.097	-0.097
4	1120	2938	-1818	1818	3303912	1.623	-1.623
5	1080	2469	-1389	1389	1928395	1.286	-1.286
6	1590	2062	-472	472	223099	0.297	-0.297
7	2080	1899	181	181	32882	0.087	0.087
8	1596	1853	-257	257	66049	0.161	-0.161
9	1206	1693	-487	487	237169	0.404	-0.404
10	1518	1445	73	73	5280	0.048	0.048
11	1392	1512	-120	120	14320	0.086	-0.086
12	534	1564	-1030	1030	1060213	1.928	-1.928
Totales			-7340	7848	8631162	6.744	-6.474

Fuente: Elaboración propia

Para conocer los errores se emplean los siguientes cálculos

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t| = \frac{7848}{12} = 654$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 = \frac{8631162}{12} = 719263.5$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} = \frac{6.744}{12} = .562 = 56.2\%$$

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{(Y_t - \hat{Y}_t)}{Y_t} = \frac{-6.474}{12} = -0.540 = -54\%$$

MAD indica que cada pronóstico se desvió en un promedio de 654 unidades. El MSE y el MAPE nos dicen que el error es bastante grande comparado con la demanda real. Por último MPE indica que la técnica tiene sesgo puesto que el valor es alto y al ser negativo nos dice que este método sobreestima de forma consistente.

A continuación se muestran los resultados del segundo ítem analizado con información de 2009.

Calculo del error del Ítem 2							
Mes	Demanda Real	Pronóstico	Error				
T	Yt	Yt	$Y_t - \hat{Y}_t$	$ Y_t - \hat{Y}_t $	$(Y_t - \hat{Y}_t)^2$	$ Y_t - \hat{Y}_t / Y_t$	$(Y_t - \hat{Y}_t) / Y_t$
1	3456	5555	-2099	2099	4407200	0.607	-0.607
2	1285	5752	-4467	4467	19951111	3.476	-3.476
3	1917	5070	-3153	3153	9939307	1.645	-1.645
4	3790	4497	-707	707	499142	0.186	-0.186
5	2582	4312	-1730	1730	2994053	0.670	-0.670
6	2877	2512	365	365	133347	0.127	0.127
7	4813	2651	2162	2162	4673523	0.449	0.449
8	4711	2877	1834	1834	3362333	0.389	0.389
9	8832	3448	5384	5384	28983867	0.610	0.610
10	6228	4601	1627	1627	2647671	0.261	0.261
11	5198	5007	191	191	36417	0.037	0.037
12	12127	5443	6684	6684	44673628	0.551	0.551
Totales			6091	30401.67	122301601	9.009	-4.161

Fuente: Elaboración propia

Errores del pronostico			
MAD	MSE	MAPE	MPE
2533.47	10191800	75%	-35%

Fuente: Elaboración propia

MAD indica que cada pronóstico se desvió en un promedio de 2533 unidades. El MSE y el MAPE nos dicen que el error es bastante grande comparado con la demanda real. Por último MPE indica que la técnica tiene sesgo puesto que el valor es alto y al ser negativo nos dice que este método sobreestima de forma consistente.

Análisis de la información histórica

La forma más sencilla de analizar la información histórica, es a través del método gráfico. Con esto podemos inferir si los datos tienen alguna tendencia, estacionalidad, o son estacionarios.

A continuación se muestran dos graficas con dos años de pronósticos y la comparación con su demanda real.

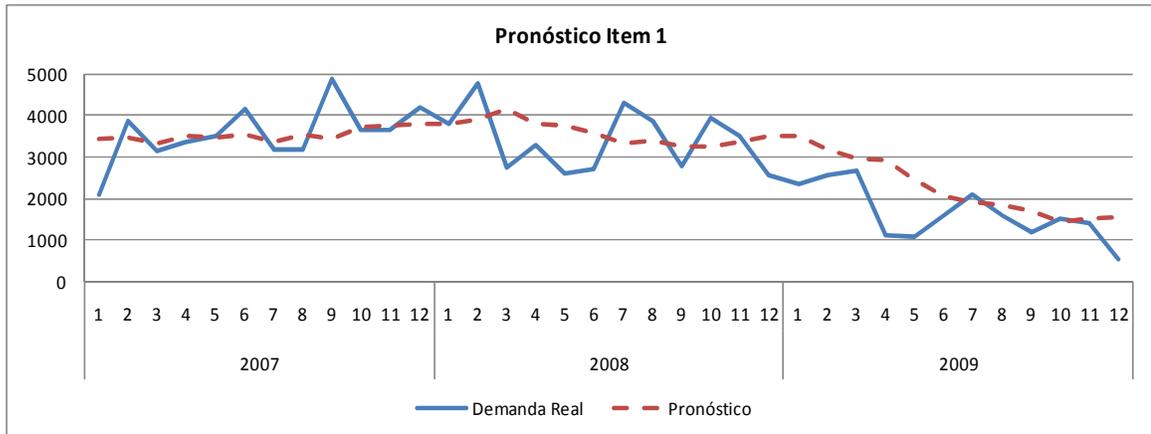


Figura 4.2. Comparación entre el pronóstico y los valores reales del Ítem 1
Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

Con base en esta grafica, se puede comentar lo siguiente:

- Se muestra una tendencia en la que se aprecia un decremento en los últimos dos años graficados.
- Se puede apreciar un pico en la demanda en el mes de febrero para cada año. Esto puede significar una estacionalidad.

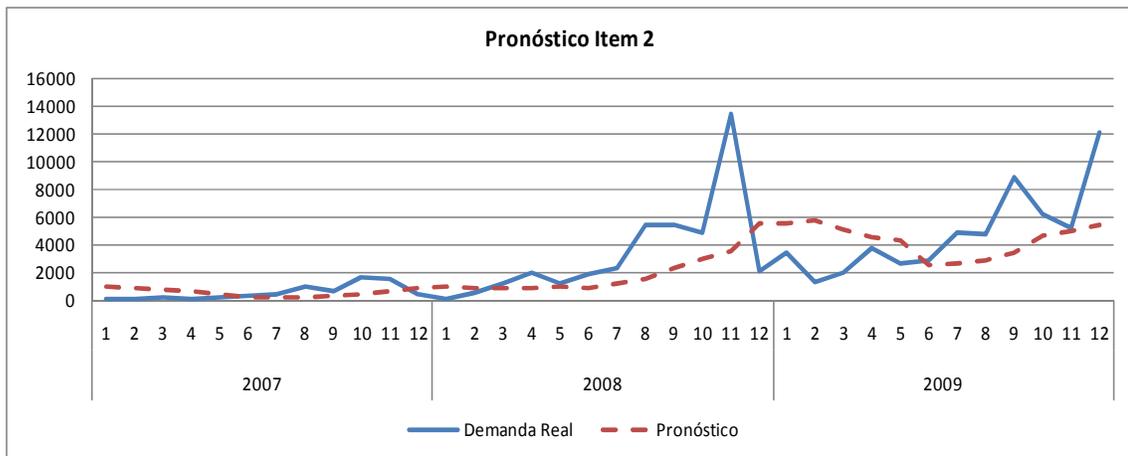


Figura 4.3. Comparación entre el pronóstico y los valores reales del Ítem 2
Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

Con base en esta grafica, se puede comentar lo siguiente:

- Existe un incremento estacional a partir del mes de julio.
- Se tiene una tendencia incremental.

Cálculo de los coeficientes de autocorrelación

Aunque la información de las gráficas puede ser útil para identificar características de los datos, también es necesario hacer un análisis matemático apoyándose en el cálculo de coeficientes de autocorrelación.

La autocorrelación es la correlación que existe entre una variable retrasada uno o más periodos consigo misma.

A continuación se muestran los resultados para los dos ítems que se han utilizado.

- Autocorrelación de 2007 a 2009 con 36 retrasos para el Ítem 1

Primero se calcula un intervalo de confianza de 95% para los coeficientes de autocorrelación en el retraso de tiempo, utilizando $0 \pm Z_{0.025} (1/\sqrt{n})$, ya que se cuenta con una muestra grande.

$$0 \pm 1.96(1/\sqrt{36})$$

$$0 \pm 0.327$$

Coeficientes de correlación Ítem 1					
Retardo	Autocorrelación	Típ. Error ^a	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. ^b
1	,626	,160	15,322	1	,000
2	,546	,158	27,305	2	,000
3	,572	,155	40,857	3	,000
4	,475	,153	50,502	4	,000
5	,387	,151	57,118	5	,000
6	,294	,148	61,059	6	,000
7	,315	,146	65,725	7	,000
8	,212	,143	67,922	8	,000
9	,043	,140	68,014	9	,000
10	,075	,138	68,308	10	,000
11	,005	,135	68,309	11	,000
12	-,060	,132	68,518	12	,000
13	-,117	,130	69,328	13	,000
14	-,149	,127	70,701	14	,000
15	-,189	,124	73,031	15	,000
16	-,225	,121	76,505	16	,000
17	-,172	,118	78,633	17	,000
18	-,171	,115	80,854	18	,000
19	-,286	,111	87,436	19	,000
20	-,276	,108	93,942	20	,000
21	-,280	,105	101,106	21	,000
22	-,365	,101	114,139	22	,000
23	-,311	,097	124,301	23	,000
24	-,295	,094	134,251	24	,000
25	-,223	,090	140,428	25	,000
26	-,244	,085	148,568	26	,000
27	-,222	,081	156,048	27	,000
28	-,107	,076	158,024	28	,000
29	-,102	,072	160,064	29	,000
30	-,131	,066	163,988	30	,000
31	-,075	,060	165,514	31	,000
32	-,037	,054	165,992	32	,000
33	-,025	,047	166,278	33	,000
34	-,027	,038	166,783	34	000

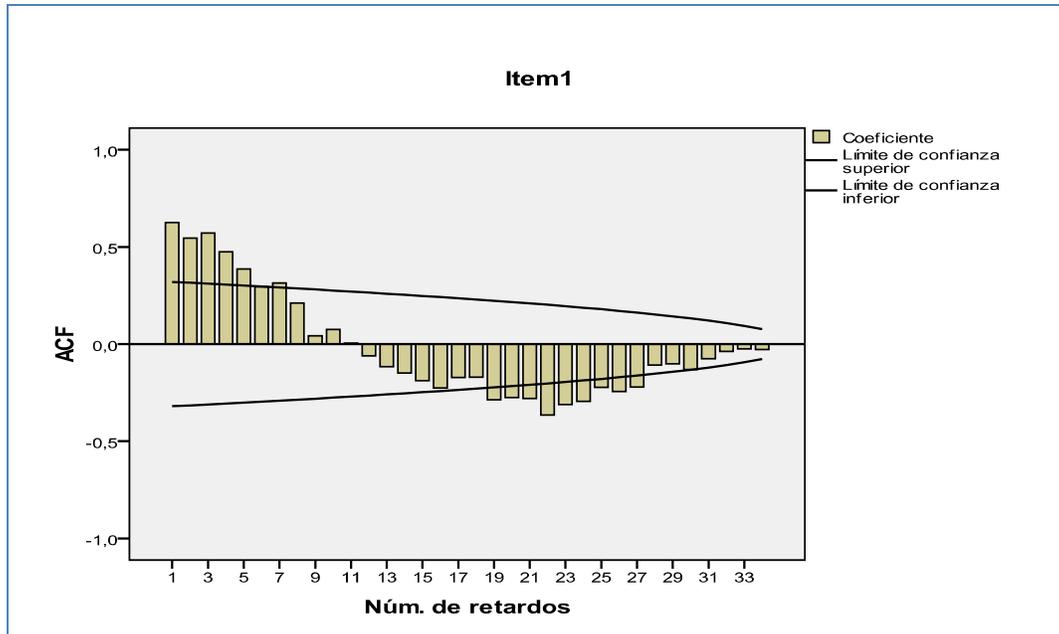


Figura 4.4 Coeficientes de autocorrelación Ítem 1
Fuente: Elaboración propia con software Minitab

Se observa que los retrasos 1 al 5 son bastante diferentes de cero:

$$r_1 = 0.626 > 0.327$$

$$r_2 = 0.546 > 0.327$$

$$r_3 = 0.572 > 0.327$$

$$r_4 = 0.475 > 0.327$$

$$r_5 = 0.387 > 0.327$$

Por lo que se puede concluir que las ventas son estacionales en los primeros 5 meses.

Analizando los estadísticos de Box-Ljung, para 34 retrasos de tiempo, el estadístico LBQ (Estadística modificada Q de Ljung y Box) es de 166.783 el cuál es mayor que el valor Chi Cuadrada de $\chi^2 = 43.7729$ correspondiente a un nivel de significancia de 0.05 con 30 grados de libertad. Entonces se concluye que los datos tienen una fuerte correlación y que se exhiben comportamientos de tendencia.

En este caso se muestra una tendencia hacia cero en el 2007, pero en el 2008 y 2009 parece que regresa a 0 después de alcanzar un alto nivel negativo en los meses de Octubre y Noviembre de 2008 (inicio de la crisis global).

Debido a este comportamiento, se analizarán los años 2007, 2008 y 2009 por separado.

- Autocorrelación de 2007, 2008 y 2009 con 12 retrasos para el Ítem 1

El intervalo de confianza para un nivel de 95% y 12 retrasos es:

$$0 \pm Z_{0.025} (1/\sqrt{n})$$

$$0 \pm 1.96(1/\sqrt{12})$$

$$0 \pm 0.565$$

EL valor de Chi Cuadrada para 10 grados de libertad con un nivel de significancia de 0.05 es:

$$\chi^2 = 20.4831$$

Año 2007

Autocorrelaciones					
Serie:Item1x2007					
Retardo	Autocorrelación	Típ. Error ^a	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. ^b
1	-,176	,256	,472	1	,492
2	-,028	,244	,485	2	,785
3	,318	,231	2,373	3	,499
4	,040	,218	2,407	4	,661
5	-,246	,204	3,859	5	,570
6	,048	,189	3,922	6	,687
7	,168	,173	4,874	7	,675
8	-,392	,154	11,320	8	,184
9	-,073	,134	11,622	9	,235
10	,018	,109	11,648	10	,309

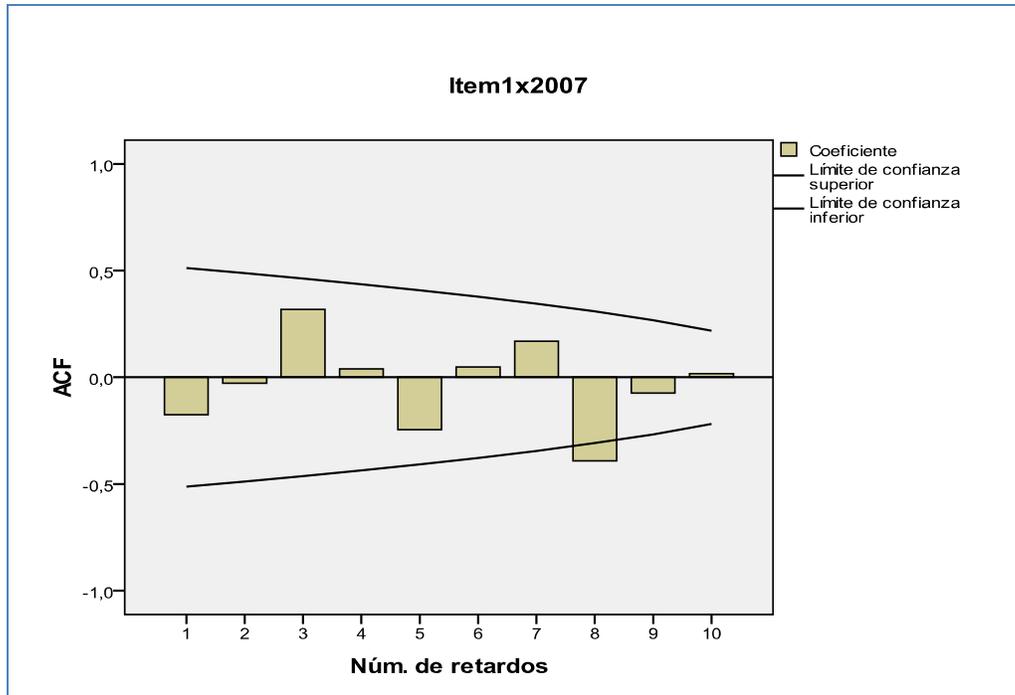


Figura 4.5 Coeficientes de autocorrelación Ítem 1 año 2007

Fuente: Elaboración propia con software Minitab

En el año 2007 no se presentan estacionalidades ya que no se tienen coeficientes mayores de 0.565. El estadístico LBQ del retraso 10 es menor al valor de Chi cuadrada de 20.4831, por lo que se concluye que no hay correlación alguna.

Año 2008

Autocorrelaciones					
Serie:Item1x2008					
Retardo	Autocorrelación	Típ. Error ^a	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. ^b
1	-,090	,256	,123	1	,726
2	-,279	,244	1,432	2	,489
3	,063	,231	1,506	3	,681
4	-,346	,218	4,025	4	,403
5	-,088	,204	4,210	5	,520
6	,309	,189	6,880	6	,332
7	-,062	,173	7,010	7	,428
8	,081	,154	7,286	8	,506
9	,149	,134	8,536	9	,481
10	-,183	,109	11,364	10	,330

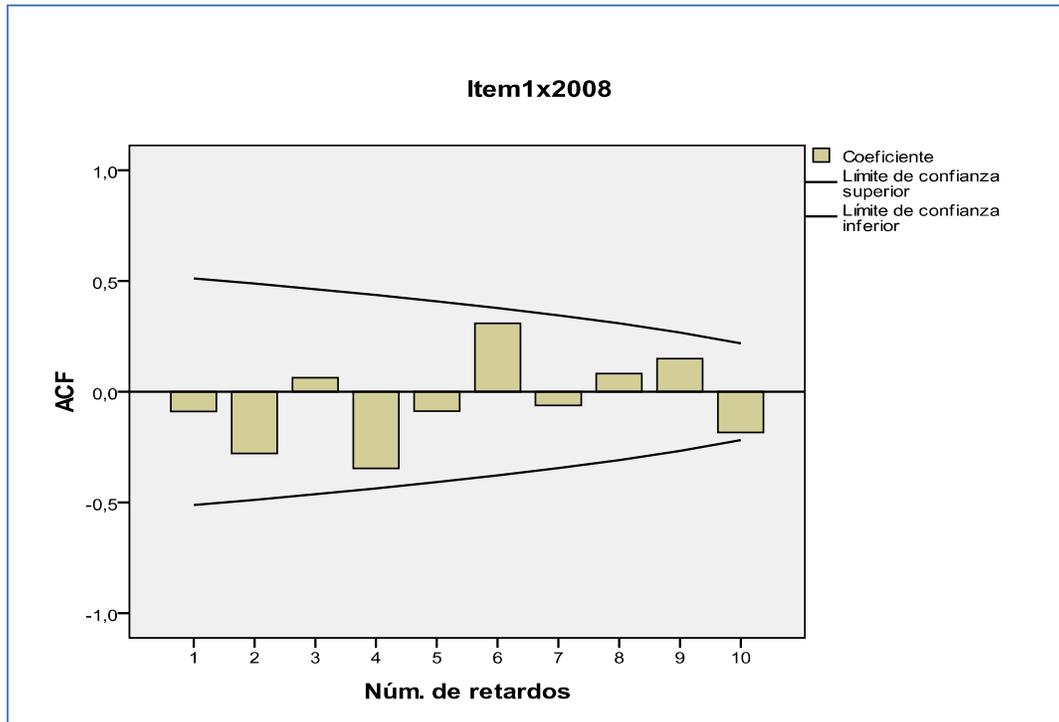


Figura 4.6 Coeficientes de autocorrelación Ítem 1 año 2008
Fuente: Elaboración propia con software Minitab

En el año 2008 no se presentan estacionalidades ya que no se tienen coeficientes mayores de 0.565. El estadístico LBQ del retraso 10 es menor al valor de Chi cuadrada de 20,4831, por lo que se concluye que no hay correlación alguna.

Año 2009

Autocorrelaciones					
Serie:Item1x2009					
Retardo	Autocorrelación	Típ. Error ^a	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. ^b
1	,365	,256	2,032	1	,154
2	-,100	,244	2,202	2	,333
3	-,144	,231	2,586	3	,460
4	,049	,218	2,636	4	,620
5	,030	,204	2,657	5	,753
6	,016	,189	2,664	6	,850
7	,041	,173	2,719	7	,910
8	-,023	,154	2,741	8	,950
9	-,314	,134	8,246	9	,510
10	-,252	,109	13,583	10	,193

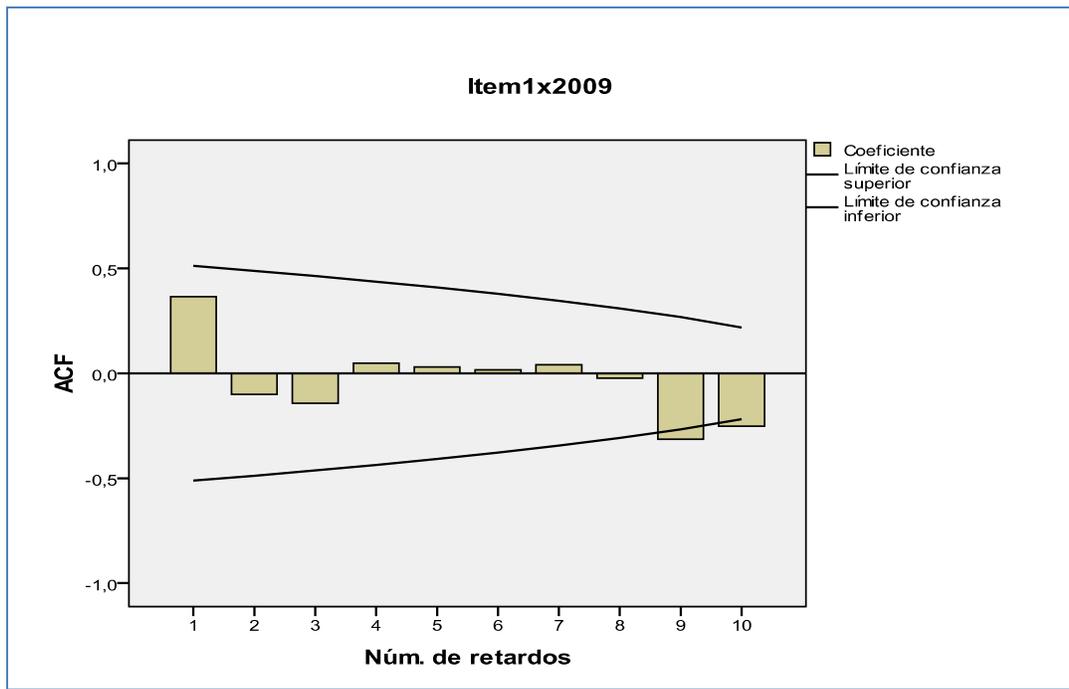


Figura 4.7 Coeficientes de autocorrelación Ítem 1 año 2009

Fuente: Elaboración propia con software Minitab

En el año 2009 no se presentan estacionalidades ya que no se tienen coeficientes mayores de 0.565. El estadístico LBQ del retraso 10 es menor al valor de Chi cuadrada de 20,4831, por lo que se concluye que no hay correlación alguna.

Las autocorrelaciones de cada año por separado no mostraron ninguna significancia estadística, por lo que podemos decir que no hay correlaciones en retrasos dentro del año.

La conclusión para el estudio es que con base en el estudio de los 3 años, hay una tendencia en el comportamiento del Ítem 1. Dentro de los años no se muestra correlación alguna con un retraso de 12.

- Autocorrelación de 2007 a 2009 con 36 retrasos para el Ítem 2

Coeficientes de Correlación Ítem 2					
Retardo	Autocorrelación	Típ. Error ^a	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. ^b
1	,459	,160	8,236	1	,004
2	,463	,158	16,868	2	,000
3	,384	,155	22,978	3	,000
4	,153	,153	23,984	4	,000
5	,175	,151	25,337	5	,000
6	,036	,148	25,395	6	,000
7	,030	,146	25,437	7	,001
8	,101	,143	25,932	8	,001
9	,034	,140	25,992	9	,002
10	,154	,138	27,246	10	,002
11	,170	,135	28,818	11	,002
12	,136	,132	29,871	12	,003
13	,328	,130	36,259	13	,001
14	,015	,127	36,272	14	,001
15	-,020	,124	36,298	15	,002
16	-,082	,121	36,762	16	,002
17	-,172	,118	38,889	17	,002
18	-,209	,115	42,196	18	,001
19	-,249	,111	47,198	19	,000
20	-,213	,108	51,091	20	,000
21	-,217	,105	55,370	21	,000
22	-,202	,101	59,373	22	,000
23	-,123	,097	60,960	23	,000
24	-,131	,094	62,917	24	,000
25	-,105	,090	64,286	25	,000
26	-,129	,085	66,576	26	,000
27	-,167	,081	70,804	27	,000
28	-,158	,076	75,057	28	,000
29	-,178	,072	81,217	29	,000
30	-,181	,066	88,694	30	,000
31	-,169	,060	96,546	31	,000
32	-,160	,054	105,308	32	,000
33	-,112	,047	111,015	33	,000
34	-,089	,038	116,425	34	,000

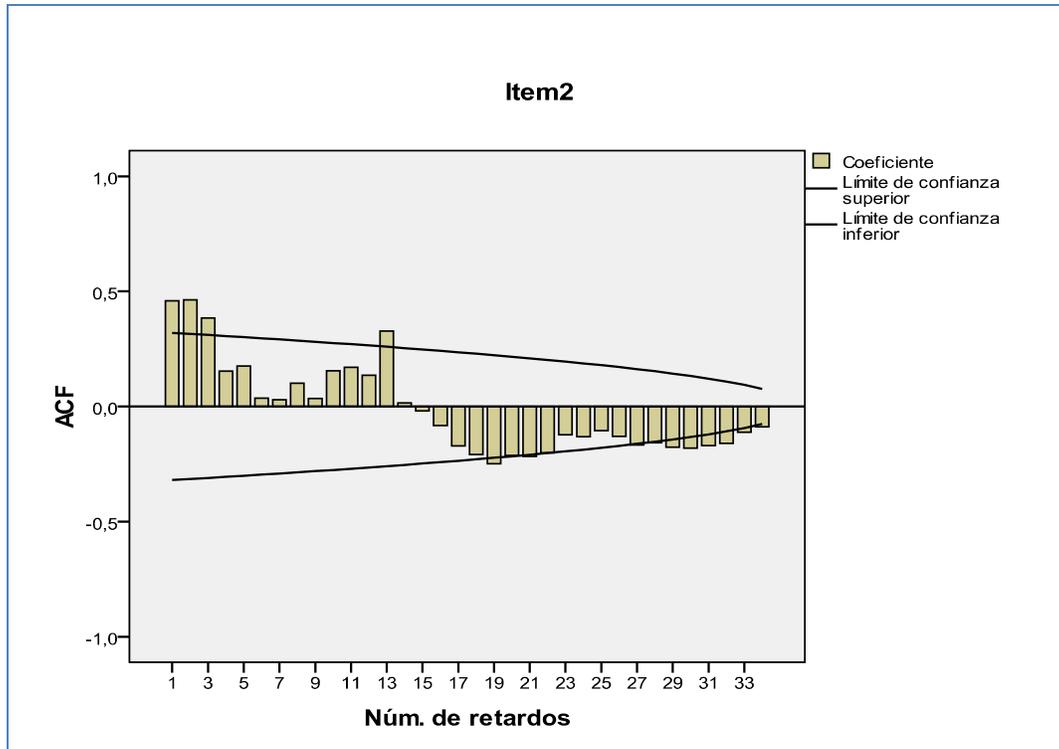


Figura 4.8 Coeficientes de autocorrelación Ítem 2
Fuente: Elaboración propia con software Minitab

Con un nivel de confianza de 0 ± 0.327 encontramos los coeficientes r_1 , r_2 , r_3 y r_{13} , lo que puede significar una estacionalidad trimestral o al menos al inicio del año.

Los coeficientes de autocorrelación muestran una gran significancia para los 3 años con 36 retrasos. El estadístico de Box-Ljung de 116.425 puede significar una tendencia al compararlo con el valor Chi Cuadrada de $\chi^2 = 43.7729$, pero al presentarse nuevamente los valores negativos en 2008 y 2009 analizaremos cada año por separado para identificar algún otro comportamiento.

Año 2007

Autocorrelaciones					
Serie:Item2x2007					
Retardo	Autocorrelación	Típ. Error ^a	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. ^b
1	,569	,256	4,943	1	,026
2	,295	,244	6,405	2	,041
3	,191	,231	7,089	3	,069
4	-,107	,218	7,330	4	,119
5	-,173	,204	8,049	5	,154
6	-,286	,189	10,347	6	,111
7	-,323	,173	13,857	7	,054
8	-,258	,154	16,652	8	,034
9	-,287	,134	21,256	9	,012
10	-,135	,109	22,776	10	,012

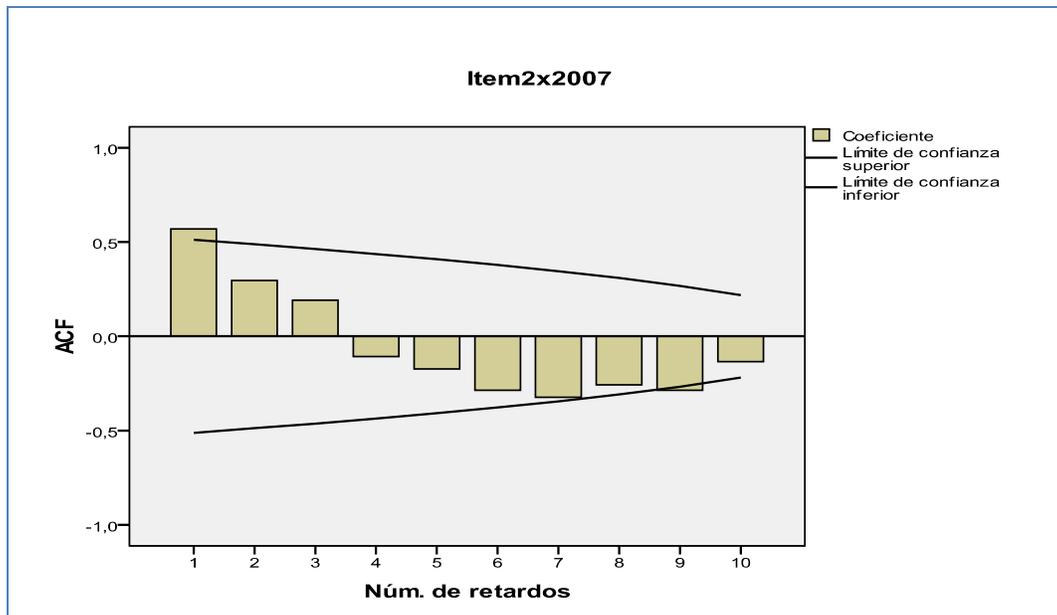


Figura 4.9 Coeficientes de autocorrelación Ítem 2 año 2007

Fuente: Elaboración propia con software Minitab

En el año 2007 solo se presenta estacionalidades en el mes de Enero ya que no se tiene un coeficiente mayor de 0.565. El estadístico LBQ del retraso 10 es mayor al valor de Chi cuadrada de 20.4831, por lo que se concluye que hay correlación.

Año 2008

Autocorrelaciones					
Serie:Item2x2008					
Retardo	Autocorrelación	Típ. Error ^a	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. ^b
1	,229	,256	,799	1	,371
2	,247	,244	1,827	2	,401
3	,164	,231	2,326	3	,508
4	-,063	,218	2,411	4	,661
5	-,112	,204	2,711	5	,745
6	-,197	,189	3,792	6	,705
7	-,181	,173	4,888	7	,674
8	-,212	,154	6,774	8	,561
9	-,207	,134	9,171	9	,422
10	-,197	,109	12,444	10	,256

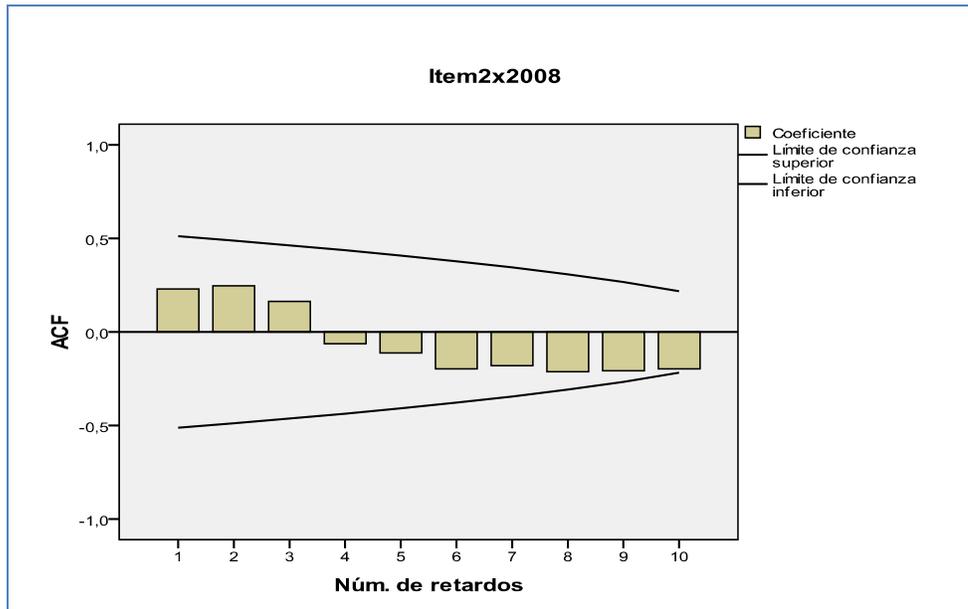


Figura 4.10 Coeficientes de autocorrelación Ítem 2 año 2008
Fuente: Elaboración propia con software Minitab

En el año 2008 no se presentan estacionalidades ya que no se tienen coeficientes mayores de 0.565. El estadístico LBQ del retraso 10 es menor al valor de Chi cuadrada de 20.4831, por lo que se concluye que no hay correlación alguna.

Año 2009

Autocorrelaciones					
Serie:Item2x2009					
Retardo	Autocorrelación	Típ. Error ^a	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. ^b
1	,319	,256	1,552	1	,213
2	,268	,244	2,759	2	,252
3	,352	,231	5,069	3	,167
4	-,024	,218	5,081	4	,279
5	-,049	,204	5,138	5	,399
6	-,266	,189	7,121	6	,310
7	-,334	,173	10,878	7	,144
8	-,183	,154	12,282	8	,139
9	-,235	,134	15,366	9	,081
10	-,253	,109	20,728	10	,023

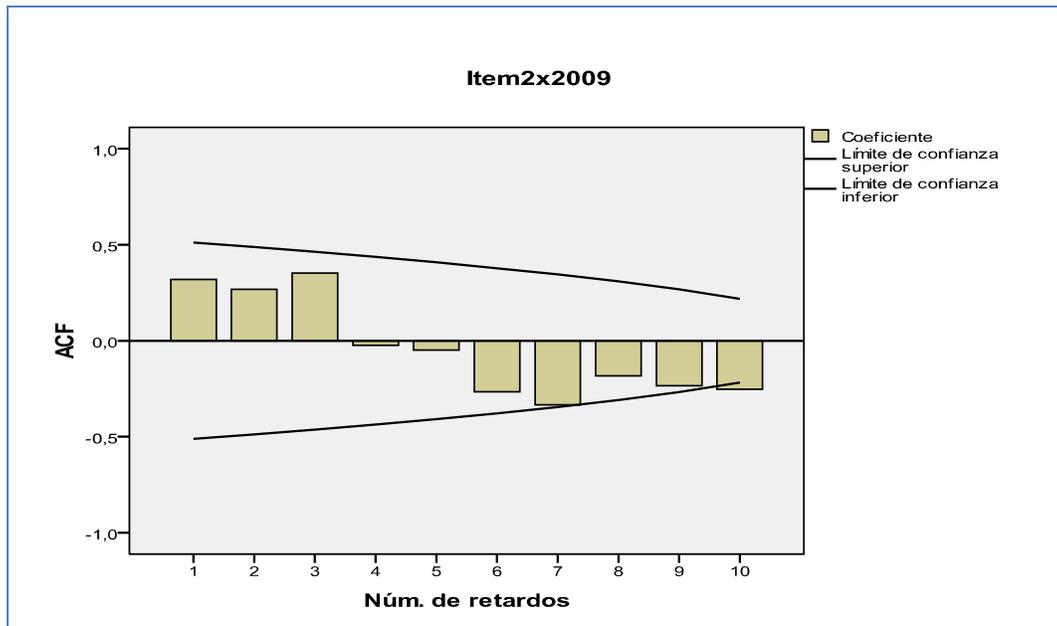


Figura 4.11 Coeficientes de autocorrelación Ítem 2 año 2009
Fuente: Elaboración propia con software Minitab

En el año 2008 no se presentan estacionalidades ya que no se tienen coeficientes mayores de 0.565. El estadístico LBQ del retraso 10 es mayor al valor de Chi cuadrada de 20.4831, por lo que se concluye que si hay correlación

Los principales niveles de significancia se encontraron en los tres primeros meses de 2007 para ambos ítems. En el 2008 no se encuentran grandes niveles de significancia, aunque los primeros 3 meses presentan valores positivos aunque no alejados de cero. Finalmente en 2009 también se encuentran valores positivos en los 3 primeros meses y un alto grado de significancia en el retraso 1, con lo que se puede entender que probablemente existe una estacionalidad.

En conclusión, para el Ítem 1 no se encuentra un comportamiento dentro de los años, pero si se presenta una tendencia comparando los 3 años. El ítem 2 presenta una ligera estacionalidad en los primeros meses cuando se analiza entre años y también una tendencia en el análisis de los 3 años.

Elección de la técnica de pronóstico

La siguiente tabla muestra un resumen de los datos de cada ítem:

Característica	Ítem 1	Ítem 2
Patrones de datos	Tendencia	Tendencia
	Estacionalidad	Estacionalidad
Horizonte de tiempo	Corto Plazo (2 – 3 meses)	Corto Plazo (2 – 3 meses)
Tipo de modelo	Serie de Tiempo	Serie de Tiempo
Estacionalidad	1 año	1 año
Variables	36	36

Las técnicas que se adaptan a estas características de patrones de datos, horizonte de tiempo y tipo de modelo y además cuentan con las variables requeridas son:

- Modelo Informal
- Suavizamiento exponencial lineal
- Suavizamiento exponencial cuadrático
- Suavizamiento exponencial estacional
- Filtración adaptativa
- Box-Jenkins

El cálculo de los pronósticos utilizando estos métodos será con base en el año 2009.

Análisis de regresión

Como se puede observar, los métodos a utilizar son para series de tiempo. Como un análisis adicional, se verificará que el análisis de regresión no aplica en este análisis. El predictor será la venta mensual del modelo al que aplica cada refacción.

Análisis de regresión Ítem 1

Los datos obtenidos de Minitab para este ítem son los siguientes:

Análisis de regresión: Refacc 1 vs. Modelo 1

La ecuación de regresión es

$$\text{Refacc 1} = 635 + 0.257 \text{ Modelo 1}$$

Predictor	Coef	Coef. de EE	T	P
Constante	635.1	587.6	1.08	0.305
Modelo 1	0.2566	0.1430	1.79	0.103

S = 597.847 R-cuad. = 24.4% R-cuad. (ajustado) = 16.8%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	1151236	1151236	3.22	0.103
Error residual	10	3574215	357422		
Total	11	4725452			

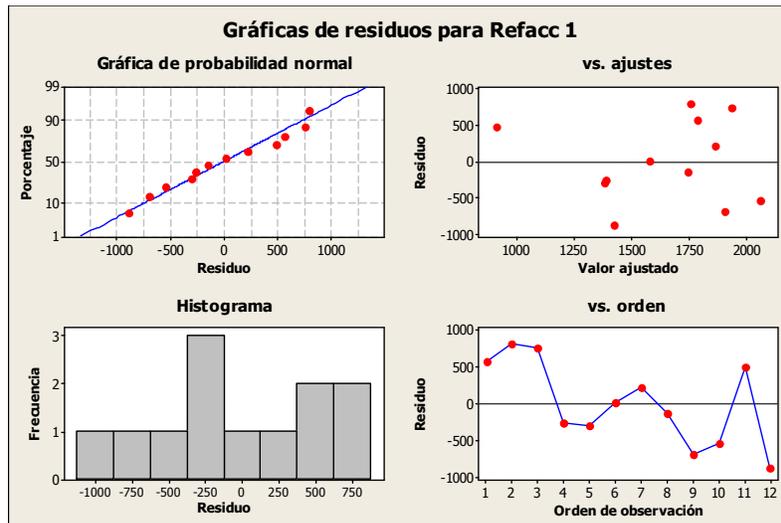


Figura 4.12 Análisis de Regresión Ítem 1
 Fuente: Elaboración propia con software Minitab

Como se observa, el modelo solo explica el 24.4% de las variaciones y los residuos están bastante dispersos.

Análisis de regresión Ítem 2

Los datos obtenidos de Minitab para este ítem son los siguientes:

Análisis de regresión: Refacc 2 vs. Modelo 2

La ecuación de regresión es

$$\text{Refacc 2} = -4198 + 5.34 \text{ Modelo 2}$$

Predictor	Coef	Coef de EE	T	P
Constante	-4198	2937	-1.43	0.183
Modelo 2	5.340	1.695	3.15	0.010

S = 2287.34 R-cuad. = 49.8% R-cuad. (ajustado) = 44.8%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	51935452	51935452	9.93	0.010
Error residual	10	52319094	5231909		
Total	11	104254546			

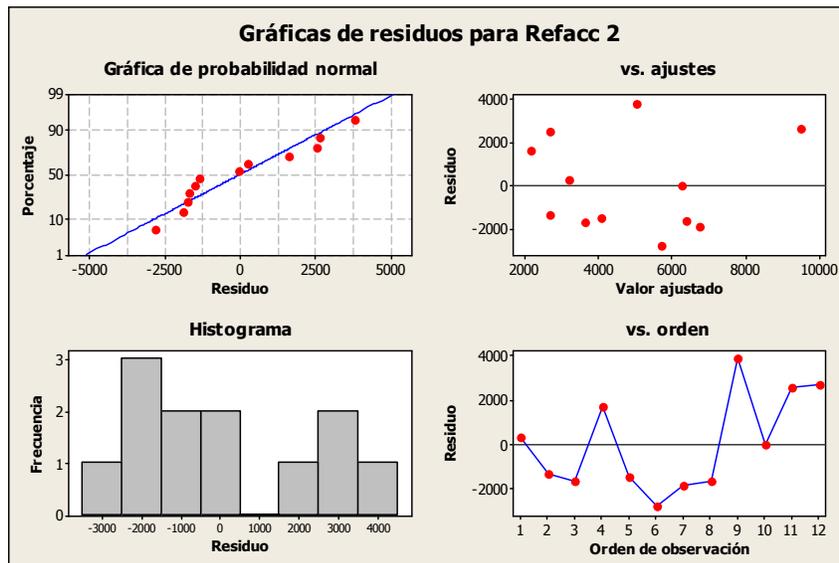


Figura 4.13 Análisis de Regresión Ítem 2

Fuente: Elaboración propia con software Minitab

Como se observa, el modelo solo explica el 49.8% de las variaciones y los residuos están bastante dispersos.

Como conclusión podemos decir que el análisis de regresión lineal no será útil para el análisis de los pronósticos de refacciones.

Modelos informales

Con frecuencia los negocios nuevos enfrentan el dilema de ensayar pronósticos con grupos de datos muy pequeños. Esta situación induce un problema real debido a que muchas técnicas de pronósticos requieren grandes cantidades de datos. Los modelos informales son una solución potencial, ya que se basan únicamente en información más reciente que está disponible.

Los pronósticos informales suponen que los periodos recientes son los mejores para predecir el futuro. El modelo más simple es

$$\hat{Y}_{t+1} = \hat{Y}_t$$

Donde Y_t es el pronóstico realizado en el tiempo (el origen del pronóstico) para el tiempo $t + 1$. El pronóstico informal para cada periodo es la observación inmediatamente anterior. Se le da el 100% del peso al valor actual de la serie. En ocasiones el pronóstico informal es llamado pronóstico de “no cambio”.

Dado que el pronóstico informal descarta todas las demás observaciones este esquema detecta los cambios rápidamente. El problema con este enfoque es que las fluctuaciones aleatorias se reproducen con la misma fidelidad que los cambios en los datos fundamentales.

A continuación se aplicará la fórmula para el análisis de los dos ítems con el uso del método informal

Ítem 1 Modelo Informal

Año	Mes	Real	Pronostico $\hat{Y}_{t+1} = \hat{Y}_t$
2009	Ene	2354	2572
	Feb	2556	2354
	Mar	2692	2556
	Abr	1120	2692
	May	1080	1120
	Jun	1590	1080
	Jul	2080	1590
	Ago	1596	2080
	Sep	1206	1596
	Oct	1518	1206
	Nov	1392	1518
	Dic	534	1392

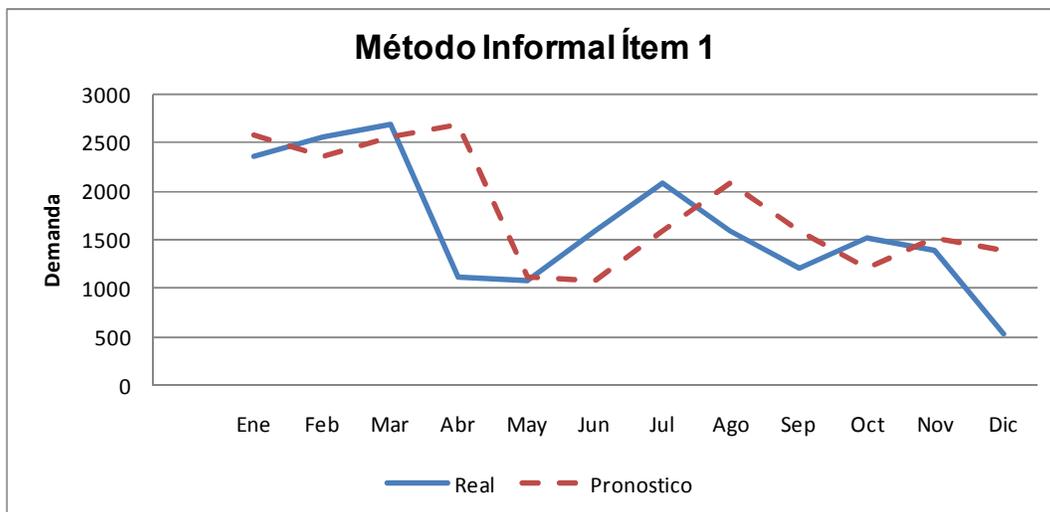


Figura 4.14 Método Informal Ítem 1
Fuente: Elaboración propia

Error del pronóstico

MAD	MSE	MAPE	MPE
444.83	359629.00	40%	-25%

Este método tiene un error bastante grande y sobreestima el pronóstico, tal como se puede observar en la gráfica y en los errores de la tabla.

Ítem 2 Modelo Informal

Año	Mes	Real	Pronostico $\hat{Y}_{t+1} = \hat{Y}_t$
2009	Ene	3,456	2041
	Feb	1,285	3456
	Mar	1,917	1285
	Abr	3,790	1917
	May	2,582	3790
	Jun	2,877	2582
	Jul	4,813	2877
	Ago	4,711	4813
	Sep	8,832	4711
	Oct	6,228	8832
	Nov	5,198	6228
	Dic	12,127	5198

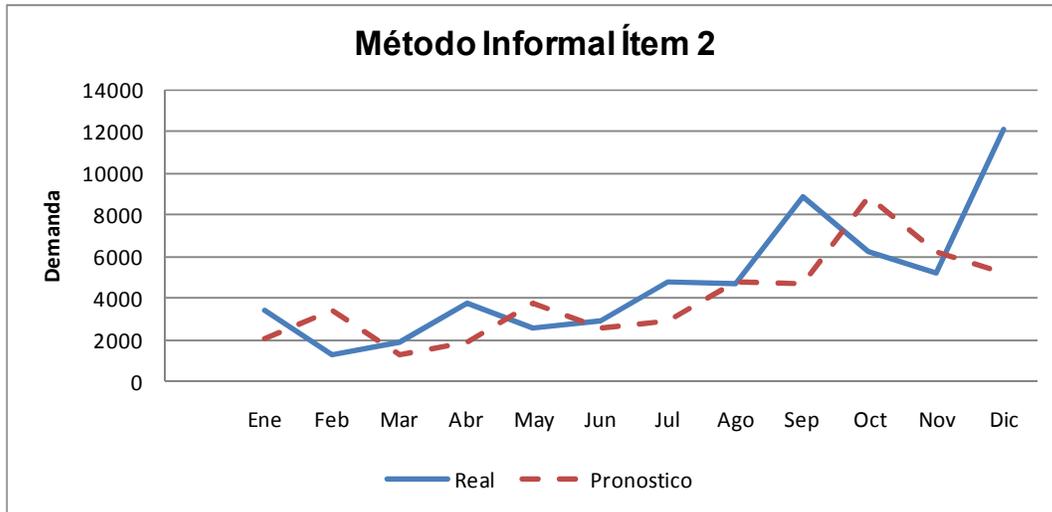


Figura 4.15 Método Informal Ítem 2
Fuente: Elaboración propia

Error del pronóstico

MAD	MSE	MAPE	MPE
2026.33	7396933.83	46%	0%

Aunque este método no presenta sesgo para el ítem 2, el error es demasiado grande.

Métodos de suavizamiento exponencial

Mientras que el método de promedios móviles solo toma en cuenta las observaciones más recientes, el suavizamiento exponencial simple proporciona un promedio móvil con un peso exponencial de todos los valores observados con anterioridad. Con frecuencia, el modelo es apropiado para los datos que no tienen una tendencia predecible hacia arriba o hacia abajo. El objetivo es estimar el nivel real. Luego, esta estimación del nivel se utiliza como el pronóstico de los valores futuros.

El suavizamiento exponencial revisa continuamente el valor estimado a la luz de experiencias más recientes. Este método se basa en promediar (suavizar) los valores pasados de una serie en una forma exponencialmente decreciente. La observación más próxima recibe el peso más grande α (donde $0 < \alpha < 1$), la siguiente observación más cercana recibe menos peso $\alpha(1 - \alpha)^2$, y así sucesivamente.

En una representación de suavizamiento exponencial, el pronóstico nuevo (para el tiempo $t + 1$) puede concebirse como la suma ponderada de la nueva observación (en el tiempo t) y el pronóstico viejo (para el tiempo t). El peso α se da al nuevo valor observado y el peso $(1 - \alpha)$ se da al último pronóstico. Así,

$$\text{Nuevo pronóstico} = [\alpha \times (\text{observación nueva})] + [(1 - \alpha) \times (\text{último pronóstico})]$$

De manera más formal, la ecuación del suavizamiento exponencial es:

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) \hat{Y}_t$$

Donde

\hat{Y}_{t+1} = nuevo valor suavizado o el valor pronóstico para el siguiente periodo

α = constante de suavizamiento ($0 < \alpha < 1$)

Y_t = nueva observación o valor real de una serie en el periodo t

\hat{Y}_t = antiguo valor suavizado o pronóstico para el periodo t

La ecuación anterior puede expresarse como

$$\hat{Y}_{t+1} = Y_t + \alpha(Y_t - \hat{Y}_t)$$

De esta manera, el nuevo pronóstico (\hat{Y}_{t+1}) es el viejo (\hat{Y}_t) ajustado en α veces el error ($Y_t - \hat{Y}_t$) en el pronóstico antiguo.

La siguiente ecuación muestra que \hat{Y}_{t+1} puede expresarse como la suma ponderada de la Y actual y las anteriores con pesos que descienden exponencialmente.

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + \alpha(1-\alpha)Y_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 Y_{t-2} + \alpha(1-\alpha)^3 Y_{t-3} + \dots$$

Es decir, \hat{Y}_{t+1} es un valor suavizado exponencialmente. La velocidad a la que pierden impacto las observaciones pasadas depende del valor α .

Las ecuaciones anteriores son equivalentes, aunque la primera es la que normalmente se utiliza para calcular el pronóstico \hat{Y}_{t+1} porque requiere menos almacenamiento de datos y se aplica con mayor facilidad.

El valor asignado a α es fundamental para el análisis. Si se desea que las predicciones sean estables y que se suavicen las variaciones aleatorias, se requiere un α de valor pequeño. Un método para estimar α es mediante un procedimiento iterativo para minimizar el error cuadrático medio (MSE). Se calculan pronósticos utilizando valores 0.1, 0.2, ..., 0.9, como una aproximación a una decimal para α , a continuación se calcula la suma de los errores cuadráticos pronosticados para cada valor. Se elige el valor de α que produzca el error más pequeño para usarlo en la generación futura de pronósticos.

Para aplicar el algoritmo se debe fijar un pronóstico inicial. Una manera de fijar el primer pronóstico es tomarlo como la primera observación. Otro método consiste en utilizar el promedio de las primeras cinco o seis observaciones del valor suavizado inicial.

A menudo el suavizamiento exponencial es un buen procedimiento de pronóstico cuando una serie de tiempo aleatoria exhibe un comportamiento con tendencia. Resulta útil desarrollar una medida que se pueda aplicar para determinar cuándo ha cambiado el patrón básico de una serie de tiempo. Una señal de control es una forma de supervisar los cambios. Ésta implica calcular una medida de errores de pronóstico a lo largo del tiempo, y también, establecer límites para que cuando los errores salgan de dichas fronteras, se alerte al pronosticador.

Para hacer el cálculo de los pronósticos se empleará el software Minitab el cual da una constante de suavizamiento óptima y utiliza el promedio de los últimos seis meses.

Ítem 1 Método de Suavizamiento exponencial

Constante de suavizamiento $\alpha = 0.54$

Año	Mes	Real	Pronóstico
2009	Ene	2354	2357
	Feb	2556	2355
	Mar	2692	2474
	Abr	1120	2603
	May	1080	1727
	Jun	1590	1345
	Jul	2080	1490
	Ago	1596	1838
	Sep	1206	1695
	Oct	1518	1406
	Nov	1392	1472
	Dic	534	1425

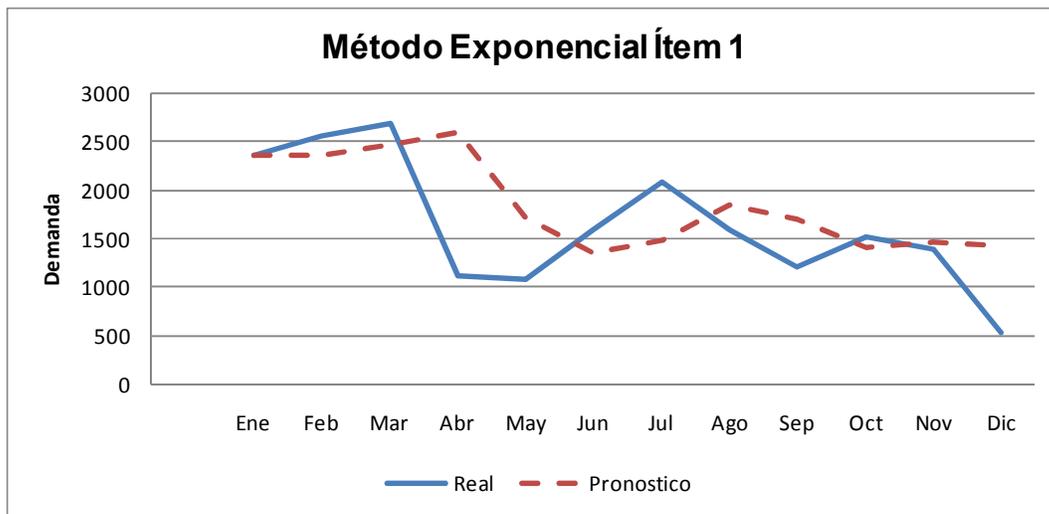


Figura 4.16 Método Exponencial Lineal Ítem 1
Fuente: Elaboración propia

Error del pronóstico

MAD	MSE	MAPE	MPE
433.45	352003.10	41%	-29%

El pronóstico se aleja del valor real por 433 unidades y sigue presentando sesgo y sobreestimando los resultados.

Ítem 2 Método de Suavizamiento exponencial

Constante de suavizamiento $\alpha = 0.53$

Año	Mes	Real	Pronóstico
2009	Ene	3,456	2745
	Feb	1,285	3124
	Mar	1,917	2144
	Abr	3,790	2023
	May	2,582	2964
	Jun	2,877	2761
	Jul	4,813	2823
	Ago	4,711	3883
	Sep	8,832	4324
	Oct	6,228	6725
	Nov	5,198	6460
	Dic	12,127	5788

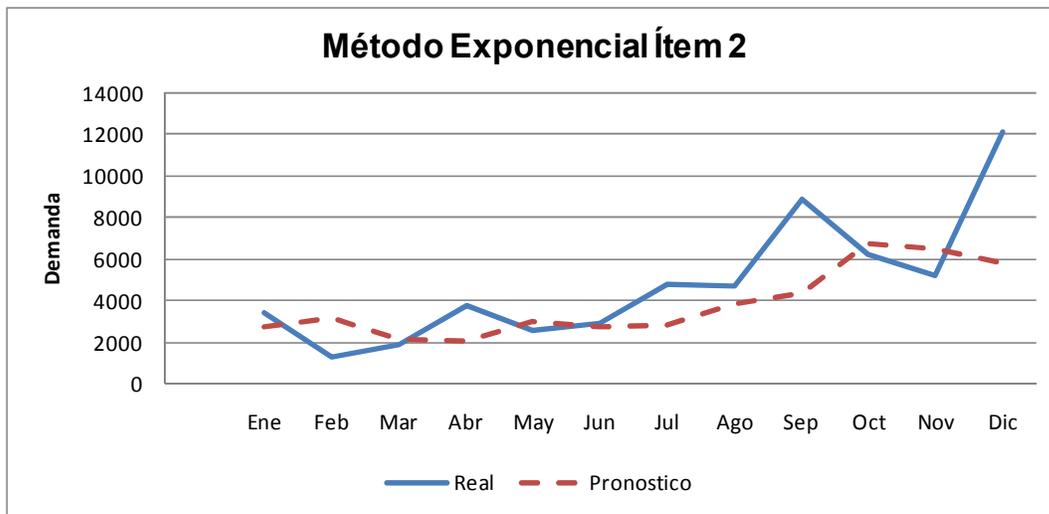


Figura 4.17 Método Exponencial Lineal Ítem 2
Fuente: Elaboración propia

Error del pronóstico

MAD	MSE	MAPE	MPE
1705.64	6184455.29	36%	3%

El pronóstico se aleja del valor real por 1705 unidades y presenta errores cuadráticos del 36%. El sesgo no es significativo.

Suavizamiento exponencial ajustado a la tendencia: método Holt

El nivel de la serie de tiempo puede cambiar ocasionalmente y cuando se usa el suavizamiento exponencial simple se requieren actualizaciones del nivel. En algunas situaciones, los datos observados tendrán una tendencia clara e información que permita anticipar movimientos futuros hacia arriba. Cuando éste sea el caso, será necesaria una función de pronóstico de tendencia lineal fija. Dado que las series económicas y de negocios rara vez exhiben una tendencia lineal fija, se considera la posibilidad de hacer un modelo de las tendencias lineales locales que evolucionan con el tiempo. Holt (1957) desarrolló su método de suavizamiento exponencial lineal, el cual toma en cuenta las tendencias lineales locales en evolución dentro de una serie de tiempo y puede usarse para generar pronósticos.

Cuando se anticipa la tendencia en la serie de tiempo, se requiere un estimado de la pendiente y del nivel actual. La técnica de Holt suaviza el nivel y la pendiente de manera directa al usar diferentes constantes de suavizamiento para cada una. Éstas proporcionan estimados del nivel y de la pendiente que se adaptan a lo largo del tiempo conforme aparecen nuevas observaciones. Una de las ventajas de la técnica de Holt es su flexibilidad al seleccionar los coeficientes que controlan el nivel y la tendencia.

Las tres ecuaciones que se usan en el método de Holt son:

1. La serie suavizada exponencialmente, o estimado del nivel actual:

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

2. El estimado de la tendencia:

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

3. Pronóstico del periodo p en el futuro:

$$\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t$$

Donde:

L_t = nuevo valor suavizado (estimado del nivel actual)

α = constante de suavizamiento para el nivel ($0 < \alpha < 1$)

Y_t = observación nueva o valor real de la serie en el periodo t

β = constante de suavizamiento para el estimado de tendencia ($0 < \beta < 1$)

T_t = estimado de la tendencia

p = periodo a pronosticarse en el futuro

\hat{Y}_{t+p} = pronóstico para el periodo p en el futuro

La ecuación de la serie suavizada exponencialmente es muy similar del suavizamiento exponencial simple, excepto que se ha incorporado el término (T_{t-1}) para actualizarla adecuadamente el nivel cuando existe una tendencia. En otras palabras, el nivel actual (L_t) se calcula al tomar un promedio ponderado de dos estimados del nivel –un estimado está dado por la observación actual (Y_t) y el otro estimado se obtiene al sumar la tendencia anterior (T_{t-1}) al nivel suavizado anteriormente (L_{t-1}) –. Si no existe tendencia en los datos, no habrá necesidad de que exista el término T_{t-1} en la ecuación.

Igual que con el suavizamiento exponencial simple, las constantes de suavizamiento α y β pueden seleccionarse de manera subjetiva o mediante la minimización de una medida del error del pronóstico como el MSE. Los pesos grandes propician cambios más rápidos en el componente; los pesos pequeños dan como resultado cambios menos rápidos. Por lo tanto, cuanto mayores sean los pesos, los valores de suavizamiento seguirán más a los datos y cuanto menores sean los pesos, los valores de suavizamiento seguirán más a los valores de suavizamiento previos.

Se podría desarrollar una retícula de valores de α y β (por ejemplo, cada combinación de $\alpha = 0.1, 0.2, \dots, 0.9$ y $\beta = 0.1, 0.2, \dots, 0.9$) y a continuación seleccionar la combinación que proporcione el MSE más bajo. La mayoría del software de pronóstico utiliza un algoritmo de optimización para minimizar el MSE. Se podría decir que $\alpha = \beta$, y de esta manera proporcionar iguales cantidades de suavizamiento para el nivel y la tendencia. En el caso especial $\alpha = \beta$, el enfoque de Holt es el mismo que el suavizamiento para el nivel y la tendencia. En el caso especial donde $\alpha = \beta$, el enfoque de Holt es el mismo que el suavizamiento exponencial doble de Brown.

Para comenzar, deben determinarse los valores iniciales para L y T . un enfoque es fijar el primer estimado del nivel suavizado igual a la primera observación, y se estima que la tendencia inicial es cero. Un segundo enfoque consiste en utilizar el promedio de las primeras cinco o seis observaciones como el valor inicial suavizado L . A continuación, se estima la tendencia con el uso de la pendiente de una línea que se ajusta a estas cinco o seis observaciones. Minitab lo hace mediante una regresión en donde Y es la variable dependiente y X es la variable independiente (el tiempo). La constante de esta ecuación es el estimado inicial del componente nivel y la pendiente, o coeficiente de regresión, es el estimado inicial del componente tendencia.

A continuación, se calcularán los pronósticos usando el método de Holt. Una vez más, se hará uso del software Minitab.

Ítem 1 Método de Holt

Constante de suavizamiento para el nivel $\alpha = 1.14$

Constante de suavizamiento de la tendencia $\beta = 0.099$

Año	Mes	Real	L	T	Pronostico
2009	Ene	2354	2133.54	2349.25	3833.54
	Feb	2556	2268.9	384.56	4482.8
	Mar	2692	2697.74	81.15	2653.46
	Abr	1120	872.82	-108.62	2778.89
	May	1080	1127.06	-72.49	764.2
	Jun	1590	1669.78	-11.24	1054.57
	Jul	2080	2142.8	36.97	1658.54
	Ago	1596	1509.02	-29.81	2179.77
	Sep	1206	1165.29	-61.06	1479.21
	Oct	1518	1579.65	-13.73	1104.23
	Nov	1392	1366.08	-33.62	1565.93
	Dic	534	415.03	-124.96	1332.46

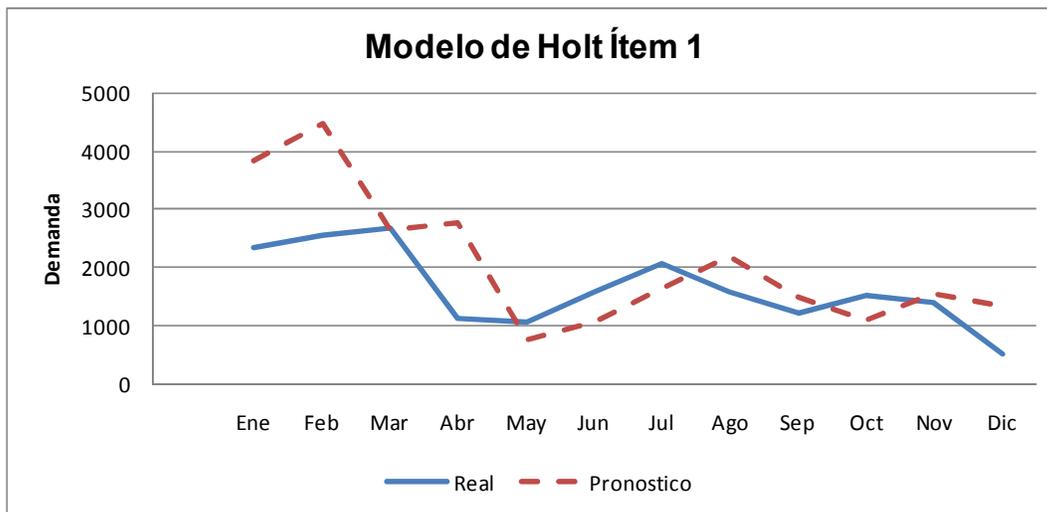


Figura 4.18 Método de Holt Ítem 1
Fuente: Elaboración propia

Error del pronóstico

MAD	MSE	MAPE	MPE
718.30	872789.03	52%	-33%

Este modelo presenta un bajo índice de tendencia, lo que ya se mencionaba en el análisis de coeficientes de correlación. El modelo presenta un alto error cuadrático y sesgo con sobreestimación de los datos.

Ítem 2 Método de Holt

Constante de suavizamiento para el nivel $\alpha = 0.35$

Constante de suavizamiento de la tendencia $\beta = 0.29$

Año	Mes	Real	L	T	Pronostico
2009	Ene	3456	2284.96	184.32	1636.28
	Feb	1285	2047.12	1172.86	2469.28
	Mar	1917	2755.51	380.45	3219.98
	Abr	3790	3369.10	449.27	3135.95
	May	2582	3377.64	319.17	3818.37
	Jun	2877	3404.57	232.91	3696.81
	Jul	4813	4056.52	356.60	3637.49
	Ago	4711	4519.31	387.94	4413.12
	Sep	8832	6306.31	800.92	4907.25
	Oct	6228	6793.81	708.40	7107.22
	Nov	5198	6680.83	465.95	7502.21
	Dic	12127	8922.08	989.98	7146.77

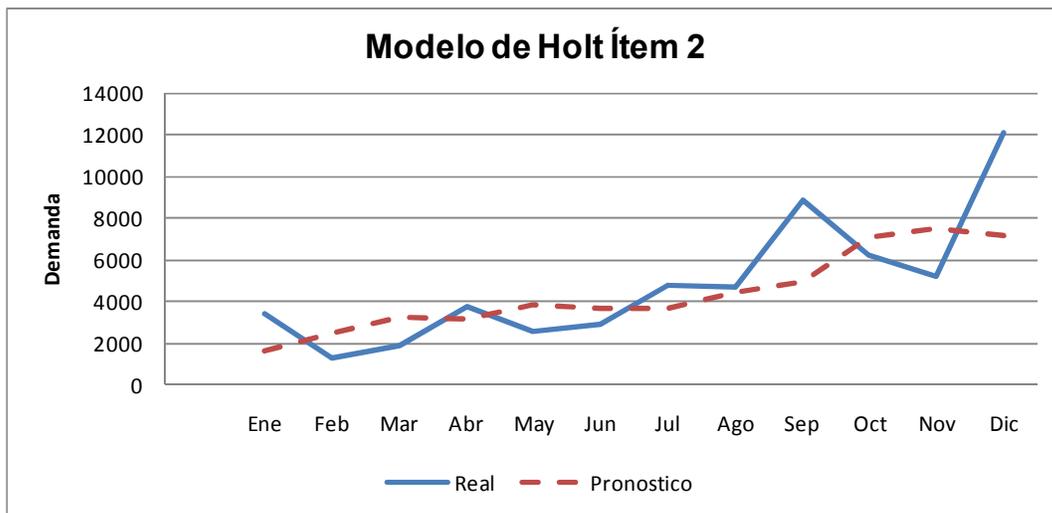


Figura 4.19 Método de Holt Ítem 2

Fuente: Elaboración propia

Error del pronóstico

MAD	MSE	MAPE	MPE
1714.92	4733288.22	40%	-9%

Este modelo presenta en el ítem 2 un mayor nivel de tendencia, pero genera un error cuadrático muy grande y muy alejado del valor real (1715 unidades).

Suavizamiento exponencial ajustado para variaciones de tendencia y estacionales: método Winters

El método de Winters de tres parámetros de suavizamiento exponencial lineal y estacional –que es una extensión del método de Holt- puede describir mejor los datos estacionales y reducir el error del pronóstico. En el método de Winters se usa una ecuación adicional para estimar la estacionalidad. En la versión multiplicativa del método de Winters, el estimado de la estacionalidad será como un índice estacional calculado mediante una ecuación. Dicha ecuación muestra que el componente estacional actual S_t , se calcula γ veces, como un estimado del índice de estacional dado por Y_t/L_t sumado a $(1-\gamma)$ veces el componente estacional anterior S_{t-s} . Este procedimiento es equivalente a suavizar los valores actuales y previos de Y_t/L_t . La razón por la cual Y_t se divide entre el estimado del nivel actual L_t es para crear un índice (proporción) que pueda utilizarse de forma multiplicativa, con el fin de ajustar un pronóstico y explicar los picos y valles estacionales.

Las cuatro ecuaciones utilizadas en el suavizamiento (multiplicativo) de Winters son:

1. El nivel de la serie estimado por suavizamiento exponencial:

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

2. El estimado de la tendencia:

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

3. El estimado de la estacionalidad:

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

4. Pronóstico del periodo p en el futuro:

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

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 tendencia

γ = constante de suavizamiento para el estimado de estacionalidad

S_t = estimado de estacionalidad

p = número del periodo futuro a pronosticarse

s = longitud de la estacionalidad

\hat{Y}_{t+p} = pronóstico para el periodo p en el futuro

La primera ecuación actualiza la serie suavizada. Hay una pequeña diferencia en esta ecuación que la distingue de la correspondiente en el procedimiento de Holt ya que se ajusta a Y a la estacionalidad y de esa manera se eliminan los efectos estacionales que pudieran existir en los datos originales.

Igual que con el suavizamiento exponencial lineal de Holt los pesos α , β y γ pueden elegirse de forma subjetiva o mediante un criterio de mínimo error de pronósticos, como el MSE. El enfoque más común para determinar estos valores es utilizar un algoritmo de optimización a fin de encontrar las constantes de suavizamiento óptimas.

El método de Winters requiere de un estimado de estacionalidad, dado que en los análisis de coeficientes de autocorrelación requieren de una constante de suavizamiento estacional, se emplearan los datos desde el año 2007 como referencia. Se realizarán iteraciones apoyadas en Minitab para calcular las constantes que generen el menor error.

Ítem 1 Método de Winters

Constante de suavizamiento para el nivel $\alpha = 0.1$

Constante de suavizamiento para el estimado de tendencia $\beta = 0.3$

Constante de suavizamiento para el estimado de estacionalidad $\gamma = 0.4$

Año	Mes	Real	L	T	S	Pronostico
2009	Ene	2354	3260.78	-120.828	0.80618	2862.86
	Feb	2556	3038.17	-151.364	1.05920	3781.99
	Mar	2692	2912.53	-143.645	0.88343	2471.69
	Abr	1120	2619.45	-188.476	0.69828	2433.19
	May	1080	2324.06	-220.553	0.66174	1927.99
	Jun	1590	2070.74	-230.380	0.84433	1883.3
	Jul	2080	1854.82	-226.044	1.07730	1928.52
	Ago	1596	1631.36	-225.267	0.97005	1571.02
	Sep	1206	1390.39	-229.979	0.92628	1357.66
	Oct	1518	1190.72	-220.887	1.13230	1203.66
	Nov	1392	1016.13	-206.998	1.13088	942.22
	Dic	534	791.35	-212.333	0.77743	684.4

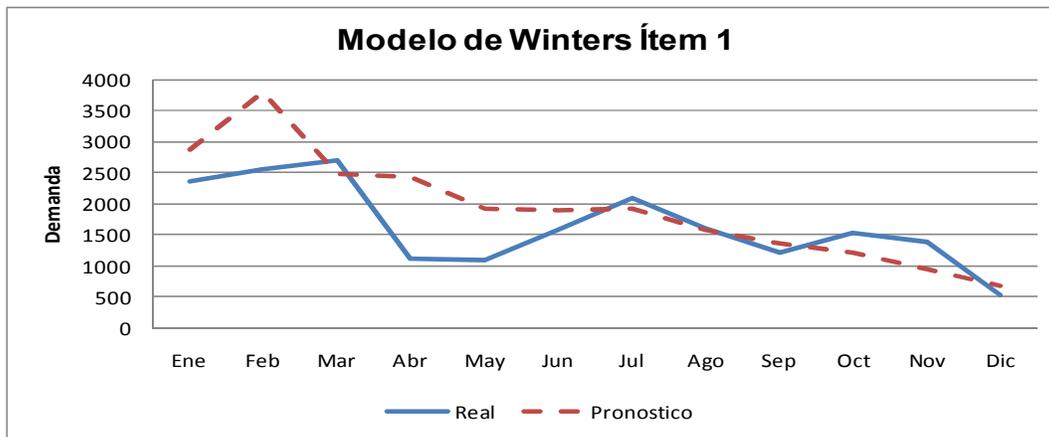


Figura 4.20 Método de Winters Ítem 1

Fuente: Elaboración propia

Error del pronóstico

MAD	MSE	MAPE	MPE
471.02	392534.10	33%	-21%

El método presenta un alto nivel de estacionalidad comparado con la tendencia. El error cuadrático es alto y tiende a sobreestimar el pronóstico, sobre todo en los 5 primeros meses como muestra la gráfica.

Ítem 2 Método de Winters

Constante de suavizamiento para el nivel $\alpha = 0.1$

Constante de suavizamiento para el estimado de tendencia $\beta = 0.1$

Constante de suavizamiento para el estimado de estacionalidad $\gamma = 0.8$

Año	Mes	Real	L	T	S	Pronostico
2009	Ene	3,456	2112.88	107.30	2.54	4546.34
	Feb	1,285	2280.09	113.29	2.43	4529.44
	Mar	1,917	2436.07	117.56	2.02	4302.33
	Abr	3,790	2546.53	116.85	1.77	4625.05
	May	2,582	2669.08	117.42	1.61	4221.95
	Jun	2,877	2748.32	113.60	0.94	2910.72
	Jul	4,813	2851.84	112.59	0.94	2747.97
	Ago	4,711	2945.34	110.68	0.99	3075.42
	Sep	8,832	2996.26	104.71	1.20	4286.7
	Oct	6,228	3072.14	101.83	1.53	5072.38
	Nov	5,198	3123.92	96.82	1.66	5944.34
	Dic	12,127	3099.99	84.75	1.95	8708.24

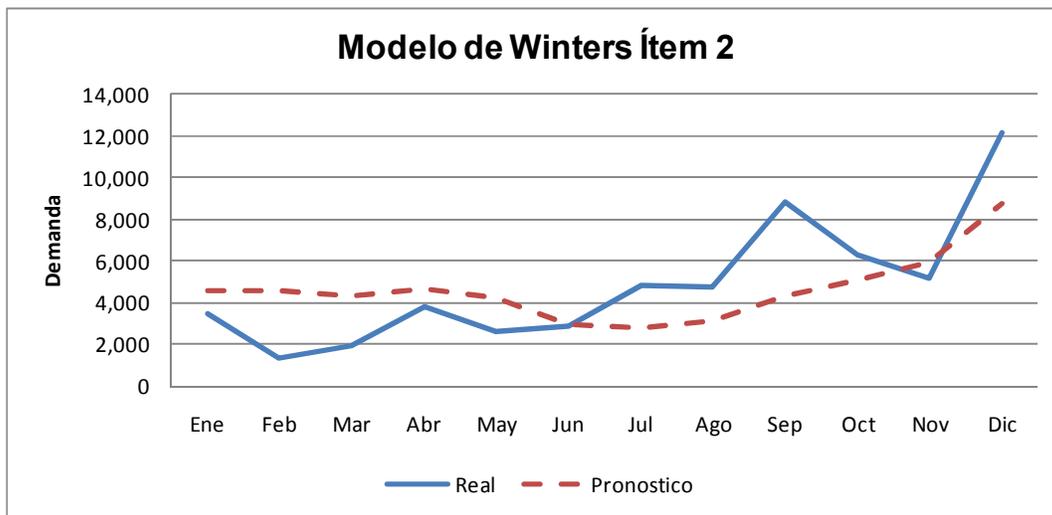


Figura 4.21 Método de Winters Ítem 2
Fuente: Elaboración propia

Error del pronóstico

MAD	MSE	MAPE	MPE
1899.62	5164378.07	57%	-28%

En el ítem 2 es mayor el nivel de estacionalidad, (0.8) pero se mantienen los errores altos y el sesgo de sobreestimación.

Curvas de tendencia no lineales

El ciclo de la vida de un producto tiene tres etapas: introducción, crecimiento y madurez y saturación. Una curva que representa las ventas sobre un nuevo ciclo de vida de un producto se muestra en la figura 4.22. el tiempo que se muestra en el eje horizontal, puede variar de días a años según la naturaleza del mercado. Una tendencia en línea recta no funcionaría para estos datos. Los modelos lineales consideran que una variable es creciente (o decreciente) por una cantidad constante en cada periodo. Los incrementos por cada periodo en la curva del ciclo de vida del producto son distintos, según sea la fase del ciclo. Una curva, y no una línea recta, es necesaria para modelar la tendencia a lo largo del ciclo de vida de un nuevo producto.

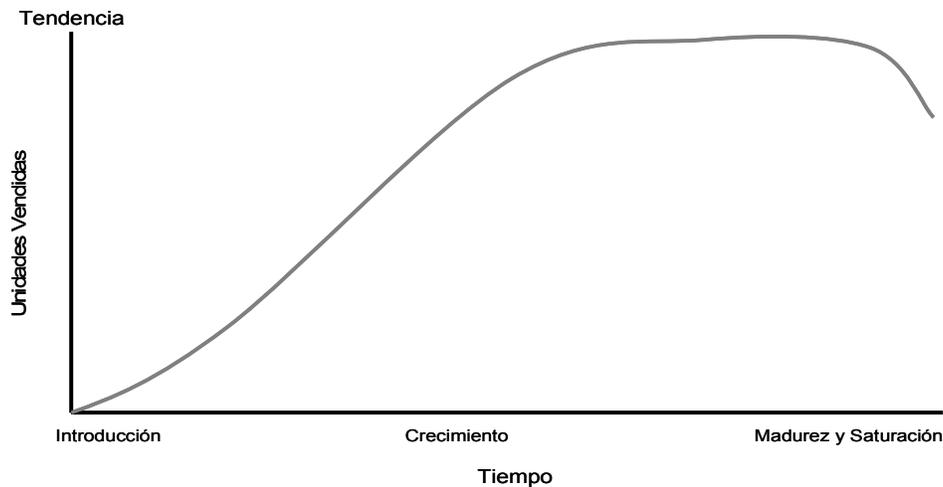


Figura 4.22 Ciclo de vida del producto
Fuente: Elaboración propia

Una función simple que permite la curvatura es la tendencia cuadrática

$$\hat{T}_t = b_0 + b_1t + b_2t^2$$

Cuando una serie de tiempo comienza con lentitud y después aparenta incrementarse a un ritmo creciente de manera que la diferencia porcentual que existe de una observación a otra es constante, puede ajustarse una tendencia exponencial. La tendencia exponencial está dada por:

$$\hat{T}_t = b_0b_1^t$$

El coeficiente b_1 se relaciona con la tasa de crecimiento. Si la tendencia exponencial se ajusta a los datos anuales, se estima que la tasa de crecimiento anual será $100(b_1 - 1)\%$.

La metodología Box-Jenkins

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.

La selección inicial de un modelo ARIMA se basa en el examen de una grafica 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, calculado a partir de la serie de tiempo, coincide con el patrón de autocorrelación ya conocido que se asocia a una modelo ARIMA específico. Este acoplamiento se realiza para las autocorrelaciones y las autocorrelaciones parciales.

Al seleccionar un modelo, 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, se debe ser capaz de igualar apropiadamente la mayoría de las series de datos con un modelo ARIMA. Si la selección inicial no es la adecuada, se presentarán insuficiencias en el análisis de los residuales y el modelo original puede verse modificado.

Modelos autorregresivos

Un modelo autorregresivo de cualquier orden p adopta la siguiente forma:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

Donde

Y_t = variable de la respuesta (dependiente) en el tiempo t

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ = variable de respuesta en los retrasos $t-1, t-2, \dots, t-p$, respectivamente, estas Y desempeñan la función de variables independientes

$\phi_0, \phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ = Coeficientes que serán estimados

ε_t = término de error en el tiempo t que representa los efectos de las variables que no explica el modelo; los supuestos acerca del termino de error son las mismas que las del modelo de regresión estándar.

En un modelo AR (1) los coeficientes de autocorrelación se aproximan gradualmente a cero a la vez que los coeficientes de autocorrelación parcial caen a cero después del primer retraso de tiempo.

En un modelo AR (2) los coeficientes de autocorrelación se aproximan a cero y los coeficientes de autocorrelación parcial caen a cero después del segundo tiempo de retraso.

Modelos de promedio móvil

Un modelo de promedio móvil de orden q adopta la forma

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q}$$

Donde

Y_t = variable de la respuesta (dependiente) en el tiempo t

μ = valor promedio que permanece constante en el proceso

$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_q$ = coeficientes que será estimados

ε_t = termino de error que representa los efectos de las variables no explicadas por el modelo; los supuestos acerca del termino de error son las mismas que los del modelo de regresión estándar.

$\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-q}$ = errores en periodos anteriores al tiempo t , incorporados en la respuesta Y_t .

Los modelos de promedio móvil (MA) proporcionan pronósticos de Y , con base en una combinación lineal de un número finito de errores pasados, mientras que los modelos autorregresivos (AR) pronostican a Y como una función lineal de un número finito de valores anteriores de Y .

El termino de promedio móvil para el modelo se refiere al hecho de que la desviación de respuesta de su medio $Y_t - \mu$ es una combinación lineal de errores actuales y pasados, y conforme avanza el tiempo los errores en esta combinación lineal también avanzan.

Modelos de promedio móviles autorregresivos

Un modelo con términos autorregresivos también puede combinarse con un modelo que tenga términos de promedio móvil para obtener un modelo autorregresivo que promedio móvil "mezclado". Para representar estos modelos es conveniente usar la notación ARMA (p, q) donde p equivale al orden de la parte autorregresiva y q es el orden de la parte del promedio móvil. Un modelo ARMA (p, q) tiene la forma general

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

Los modelos ARMA (p,q) pueden describir una amplia variedad de comportamientos para las series de tiempo estacionarias. Los pronósticos generados por un modelo ARMA (p,q) dependerán de los valores actuales y anteriores de la respuesta Y , así como de los valores pasados y actuales de los errores (residuales) ε .

Los patrones de autocorrelación y correlación para los procesos de promedio móvil autorregresivos pueden resumirse como se muestra a continuación.

	Autocorrelaciones	Autocorrelaciones parciales
MA(q)	Corte después del orden q del proceso	Desvanecimiento
AR(p)	Desvanecimiento	Corte después el orden p del proceso
ARMA (p,q)	Desvanecimiento	Desvanecimiento

Los números de los términos autorregresivos y de promedio móvil (ordenes p y q) en un modelo ARMA e determinan a partir de los patrones de las autocorrelaciones de la muestra y de las autocorrelaciones parciales. En la práctica, los valores de p y q rara vez exceden a 2.

Aplicación de una estrategia para la construcción de un modelo

El método Box-Jenkins utiliza una estrategia iterativa para la construcción de modelos que consiste en seleccionar un modelo inicial (identificación del modelo), mediante la estimación de los coeficientes del modelo (estimación de los parámetros) y el análisis de los residuales (evaluación del modelo). De ser necesario, el modelo inicial se modifica y el proceso se repite hasta que los residuales indican que ya no se requiere modificación alguna. En este punto, el modelo ajustado puede utilizarse para realizar los pronósticos.

A continuación se examinan con cierto detalle los pasos en la estrategia de construcción de modelos.

Paso 1: Identificación del modelo

1. El primer paso en la identificación del modelo es determinar si la serie es estacionaria; es decir, si la serie de tiempo aparenta variar alrededor de un nivel fijo. Es útil observar una gráfica de la series junto con una muestra de la función de autocorrelación. Una serie de tiempo no estacionaria se indica si la serie parece crecer o decrecer con relación al tiempo y las autocorrelaciones no pueden desvanecerse con rapidez.

Si la serie no es estacionaria, con frecuencia puede convertirse en una serie estacionaria al tomar sus diferencias. Es decir, la serie es reemplazada por una serie de diferencias. Entonces, se especifica un modelo ARMA para la serie de las diferencias.

2. Una vez que se ha obtenido una serie estacionaria, el analista debe identificar la forma del modelo que habrá de utilizar.

La segunda parte del paso 1 se consigue al comparar la autocorrelación y la autocorrelación parcial que se calcularon a partir de los datos para las autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales teóricas de los diversos modelos ARIMA.

Si las autocorrelaciones de muestra se desvanecen exponencialmente a cero y las autocorrelaciones parciales de muestra se cortan, el modelo requerirá términos autorregresivos. Si las autocorrelaciones de muestra se cortan y las autocorrelaciones parciales de muestra se desvanecen, el modelo requerirá términos de promedio móvil. Si las autocorrelaciones de muestra y las autocorrelaciones parciales se desvanecen, se indica en términos tanto autorregresivos como de promedio móvil. Al contar pueden determinarse los órdenes de MA y AR. Para juzgar su significancia, tanto las autocorrelaciones como las autocorrelaciones parciales de muestra usualmente se comparan con $\pm 2/\sqrt{n}$ donde n es el número de observaciones en la serie de tiempo.

Paso 2: Estimación de modelos

1. Una vez que se ha seleccionado un modelo tentativo, deben estimarse los parámetros para dicho modelo.

Los parámetros para los modelos ARIMA se estiman al minimizar la suma de los cuadrados en los errores de ajuste. En general, estos estimados de los mínimos cuadrados deben obtenerse mediante un procedimiento no lineal de mínimos cuadrados

2. Además se calcula el error cuadrado medio de los residuales, un estimado de la varianza del error ε_t .

El error cuadrado medio de los residuales se define como

$$s^2 = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n-r} = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n-r}$$

Donde

$e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ = el residual en el tiempo t

n = el número de residuales

r = el número total de los parámetros estimados

El error cuadrado medio residual es útil para evaluar el ajuste y comparar distintos modelos. También se utiliza para calcular los límites del error en el pronóstico.

Paso 3: Evaluación del modelo

Antes de usar el modelo para realizar pronósticos, debe asegurarse que es un modelo adecuado. Básicamente, un modelo es adecuado si sus residuales no pueden utilizarse para mejorar los pronósticos. Es decir, los residuales deben ser aleatorios.

Una prueba Chi cuadrada (X^2) que se basa en la estadística de Ljung-Box Q proporciona una revisión global de la pertinencia del modelo. Esta prueba considera las dimensiones de las autocorrelaciones residuales como un grupo. La estadística de prueba Q la cual se distribuye aproximadamente como una variable aleatoria de Chi cuadrada con grados de libertad $m - r$ en donde r es el número total de parámetros estimados en el modelo ARIMA. La ecuación que la representa es:

$$Q_m = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2(e)}{n-k}$$

Donde

$r_k(e)$ = la autocorrelación residual en el retraso k

n = el número de residuales

k = el retraso de tiempo

m = el número de retrasos de tiempo que habrán de ser evaluados

Si el valor p asociado con la estadística Q es pequeño, se considera que el modelo es inadecuado.

Paso 4: Evaluación del modelo

1. Después de que se ha encontrado un modelo adecuado, se pueden llevar a cabo los pronósticos para un periodo, o varios, en el futuro.

2. A medida que se tienen más datos disponibles, se puede usar el mismo modelo ARIMA para generar pronósticos revisados que procedan de otro origen de tiempo.
3. Si el patrón de la serie parece cambiar con el tiempo, los nuevos datos podrían usarse para volver a estimar los parámetros del modelo o, de ser necesario, desarrollar un modelo completamente nuevo.

Aplicación del modelo Box-Jenkins al Ítem 1

Para identificar el grado de significancia de los coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial se estimara un rango distinto de cero a un nivel de 5%.

$$0 \pm 2 \frac{1}{\sqrt{n}} = 0 \pm 2 \frac{1}{\sqrt{36}} = 0 \pm 2(0.167) = 0 \pm 0.33$$

El análisis de los coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial son los siguientes:

Desfase	ACF	T	LBQ	PACF	T
1	0.626102	3.76	15.32	0.626102	3.76
2	0.545735	2.45	27.3	0.252848	1.52
3	0.571768	2.22	40.86	0.277915	1.67
4	0.474992	1.64	50.5	0.01268	0.08
5	0.387187	1.24	57.12	-0.049824	-0.3
6	0.293987	0.91	61.06	-0.131334	-0.79
7	0.314508	0.95	65.73	0.095578	0.57
8	0.212056	0.62	67.92	-0.090231	-0.54
9	0.042643	0.12	68.01	-0.230729	-1.38
10	0.074694	0.22	68.31	0.029324	0.18
11	0.005286	0.02	68.31	-0.059042	-0.35
12	-0.06049	-0.18	68.52	0.00369	0.02
13	-0.116706	-0.34	69.33	-0.065624	-0.39
14	-0.148597	-0.43	70.7	-0.048402	-0.29
15	-0.189119	-0.54	73.03	-0.082892	-0.5
16	-0.225381	-0.64	76.51	0.034445	0.21
17	-0.171887	-0.49	78.63	0.112729	0.68
18	-0.170962	-0.48	80.85	0.013302	0.08
19	-0.285987	-0.8	87.44	-0.207079	-1.24
20	-0.275867	-0.76	93.94	-0.095929	-0.58
21	-0.280275	-0.76	101.11	-0.066375	-0.4
22	-0.36521	-0.97	114.14	-0.159242	-0.96
23	-0.310742	-0.8	124.3	0.088654	0.53
24	-0.295435	-0.75	134.25	-0.027081	-0.16
25	-0.22287	-0.56	140.43	0.143656	0.86
26	-0.243937	-0.61	148.57	0.021694	0.13
27	-0.221826	-0.55	156.05	0.041855	0.25
28	-0.107497	-0.26	158.02	0.051319	0.31
29	-0.102187	-0.25	160.06	0.037605	0.23
30	-0.131179	-0.32	163.99	-0.151944	-0.91
31	-0.074692	-0.18	165.51	-0.070287	-0.42
32	-0.037376	-0.09	165.99	-0.008579	-0.05
33	-0.025067	-0.06	166.28	-0.025715	-0.15
34	-0.027169	-0.07	166.78	-0.012615	-0.08
35	0.041501	0.1	169.14	-0.02603	-0.16

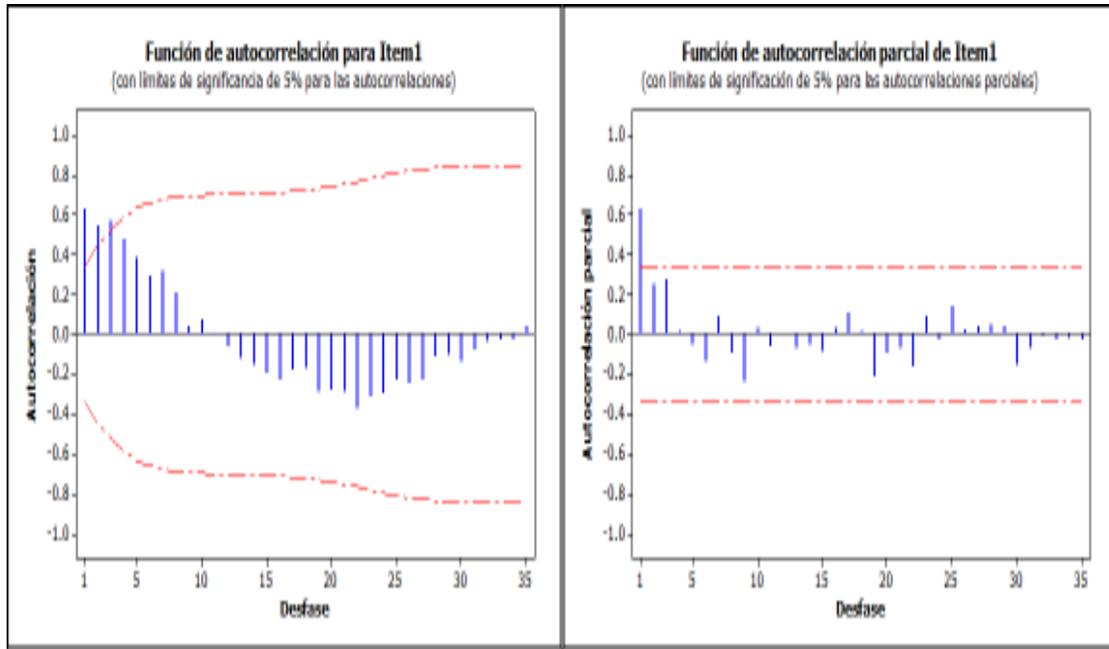


Figura 4.23 Grafica de autocorrelaciones parciales Ítem 1
Fuente: Elaboración propia con software Minitab

Después del retraso 1 la función de autocorrelación parcial se vuelve cero, este comportamiento se representa por un modelo AR(1) o un modelo ARMA(1,1). El modelo equivalente para Minitab sería un modelo ARIMA(1,0,0)

Para identificar si existe algún tipo de estacionaridad, se revisarán los residuales de la serie.

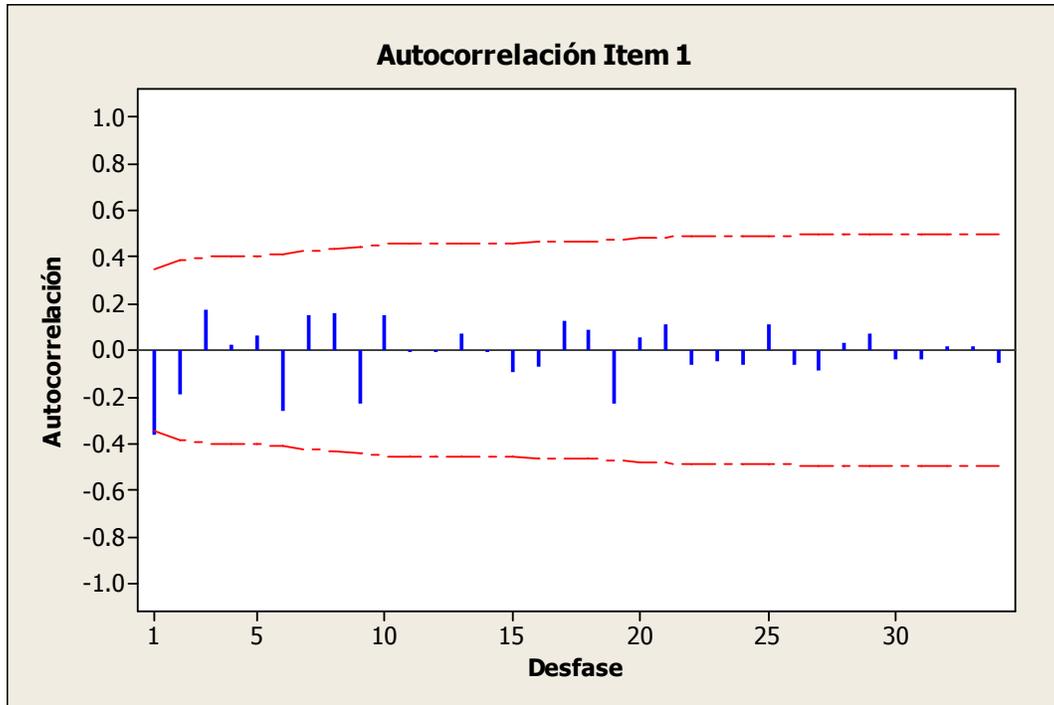


Figura 4.24 Grafica de Autocorrelaciones de los residuales del Ítem 1
Fuente: Elaboración propia con software Minitab

Como muestra la gráfica, existe la posibilidad de una estacionaridad (± 0.34) al no tener coeficientes significativamente diferentes de cero excepto el primero, el cual tiene un valor de 0.36.

Los resultados son los siguientes:

Modelo ARIMA(1,0,0): Ítem1

Estimados en cada iteración

Iteración	SSE	Parámetros	
0	38385988	0.100	2588.490
1	32174816	0.250	2147.532
2	27634786	0.400	1706.712
3	24766716	0.550	1266.044
4	23572131	0.700	825.045
5	23526086	0.727	732.583
6	23525000	0.731	719.732
7	23524982	0.731	717.923

El cambio relativo en cada estimado es menor que 0.0010

Estimados finales de los parámetros

Estudio del cálculo de pronósticos de la demanda en una empresa automotriz

Tipo	Coef	Coef. de EE	T	P
AR 1	0.7313	0.1342	5.45	0.000
Constante	717.9	142.5	5.04	0.000
Media	2671.8	530.2		

Número de observaciones: 36

Residuos: SC = 23445335 (se excluyeron pronósticos retrospectivos)

MC = 689569 GL = 34

Estadística chi-cuadrada modificada de Box-Pierce (Ljung-Box)

Desfase	12	24	36	48
Chi-cuadrada	12.7	22.9	*	*
GL	10	22	*	*
Valor P	0.240	0.408	*	*

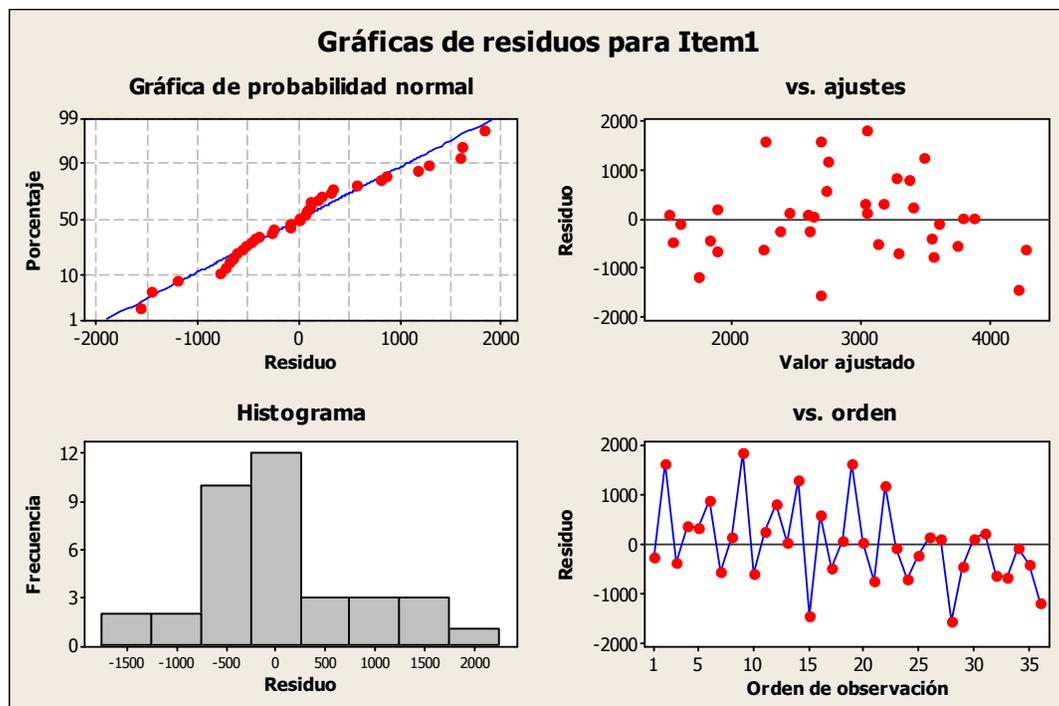


Figura 4.25 Grafica de residuos del Ítem 1
Fuente: Elaboración propia con software Minitab

El modelo presenta un buen comportamiento de normalidad en sus residuales. Los mínimos cuadrados residuales (MS) son:

ARIMA (1,0,0) $s^2 = 689569$

La estadística Ljung-Box calculada para los retrasos 12 y 24 no son significativos por los valores de p . Por lo que podemos decir que el modelo es correcto. Se usará el modelo:

$$AR(1): Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Entonces:

$\phi_0 = 717.7$ y $\phi_1 = 0.7313$. Para el valor ε_t se considera 0 ya que el mejor valor para el periodo t es 0

La ecuación se transforma en:

$$Y_t = 717.7 + 0.7313 Y_{t-1}$$

Los resultados son los siguientes:

Año	Mes	Real	Pronostico
2009	Ene	2354	2599
	Feb	2556	2439
	Mar	2692	2587
	Abr	1120	2686
	May	1080	1537
	Jun	1590	1508
	Jul	2080	1880
	Ago	1596	2239
	Sep	1206	1885
	Oct	1518	1600
	Nov	1392	1828
	Dic	534	1736

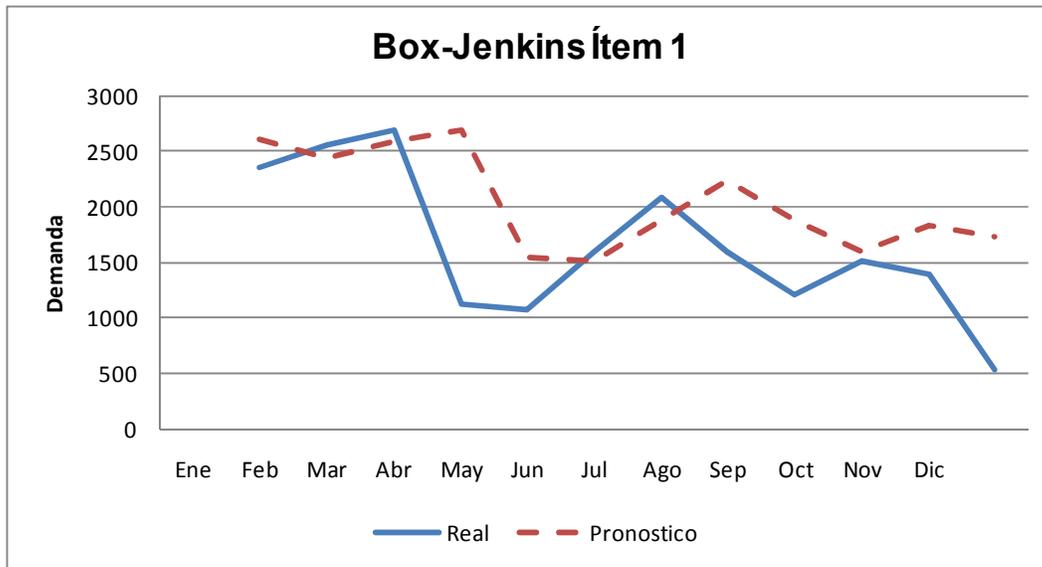


Figura 4.26 Modelo Box-Jenkins Ítem 1
Fuente: Elaboración propia con software Minitab

Error del pronóstico

MAD	MSE	MAPE	MPE
484.37	442325.08	48%	-44%

La metodología box Jenkins presenta un nivel muy alto de error cuadrático y tiende a sobreestimar los resultados.

Aplicación del modelo Box-Jenkins al Ítem 2

Para identificar el grado de significancia de los coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial se estimara un rango distinto de cero a un nivel de 5%.

$$0 \pm 2 \frac{1}{\sqrt{n}} = 0 \pm 2 \frac{1}{\sqrt{36}} = 0 \pm 2(0.167) = 0 \pm 0.33$$

El análisis de los coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial son los siguientes:

Desfase	ACF	T	LBQ	PACF	T
1	0.459028	2.75	8.24	0.459028	2.75
2	0.463206	2.33	16.87	0.319905	1.92
3	0.38389	1.69	22.98	0.130469	0.78
4	0.153435	0.63	23.98	-0.200429	-1.2
5	0.175107	0.71	25.34	0.011079	0.07
6	0.035745	0.14	25.4	-0.071632	-0.43
7	0.029551	0.12	25.44	0.030372	0.18
8	0.100716	0.4	25.93	0.133561	0.8
9	0.034452	0.14	25.99	0.010848	0.07
10	0.154349	0.61	27.25	0.107892	0.65
11	0.169524	0.67	28.82	0.070677	0.42
12	0.13591	0.53	29.87	-0.022093	-0.13
13	0.327705	1.26	36.26	0.225019	1.35
14	0.014786	0.05	36.27	-0.318604	-1.91
15	-0.019795	-0.07	36.3	-0.236082	-1.42
16	-0.082342	-0.3	36.76	-0.112281	-0.67
17	-0.171877	-0.63	38.89	0.100337	0.6
18	-0.208594	-0.76	42.2	-0.101354	-0.61
19	-0.249319	-0.89	47.2	-0.034292	-0.21
20	-0.213381	-0.75	51.09	-0.011801	-0.07
21	-0.216616	-0.75	55.37	-0.112432	-0.67
22	-0.202405	-0.69	59.37	-0.031306	-0.19
23	-0.122815	-0.41	60.96	0.019442	0.12
24	-0.130998	-0.44	62.92	-0.050005	-0.3
25	-0.10495	-0.35	64.29	-0.013979	-0.08
26	-0.12938	-0.43	66.58	-0.181306	-1.09
27	-0.166783	-0.55	70.8	0.111424	0.67
28	-0.157704	-0.52	75.06	0.102726	0.62
29	-0.177542	-0.58	81.22	0.046527	0.28
30	-0.18109	-0.58	88.69	-0.139851	-0.84
31	-0.169405	-0.54	96.55	0.033315	0.2
32	-0.160063	-0.51	105.31	-0.003623	-0.02
33	-0.111875	-0.35	111.02	-0.004415	-0.03
34	-0.088927	-0.28	116.42	0.057679	0.35
35	-0.071542	-0.22	123.43	-0.025614	-0.15

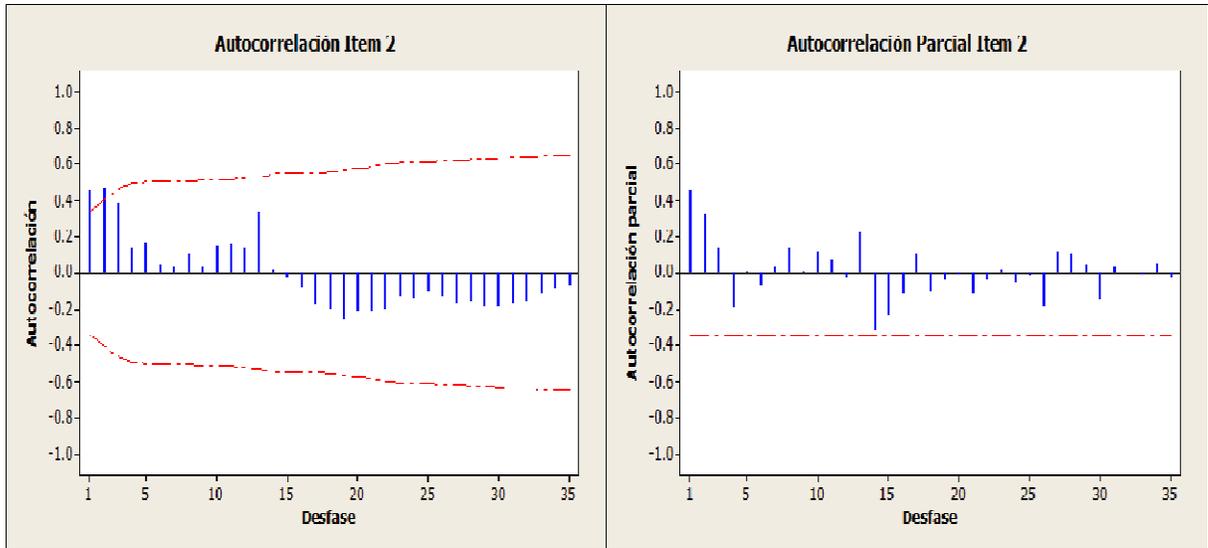


Figura 4.27 Grafica de autocorrelaciones parciales Ítem 2
Fuente: Elaboración propia con software Minitab

Después del retraso 1 la función de autocorrelación parcial se vuelve cero, este comportamiento se representa por un modelo AR(1) o un modelo ARMA(1,1). El modelo equivalente para Minitab sería un modelo ARIMA(1,0,0)

Para identificar si existe algún tipo de estacionaridad, se revisarán los residuales de la serie.

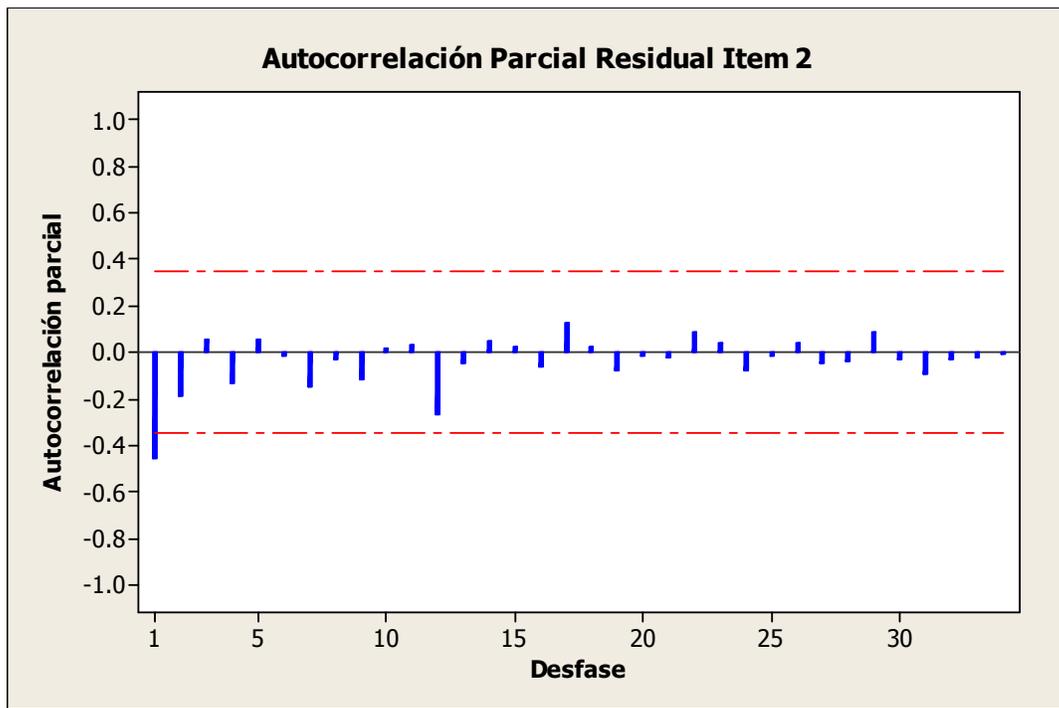


Figura 4.28 Grafica de Autocorrelaciones de los residuales del Ítem 2
Fuente: Elaboración propia con software Minitab

Como muestra la gráfica, no existe estacionaridad, debido a que el primer retraso es diferente de cero.

Por lo anterior, también se sugiere un modelo ARIMA(1,1,0) debido a la estacionalidad que muestran las autocorrelaciones de los residuales.

Los resultados son los siguientes:

Modelo ARIMA(1,0,0): Item2

Estimados en cada iteración

Iteración	SSE	Parámetros	
0	336769744	0.100	2607.065
1	300463404	0.250	2209.942
2	276469803	0.400	1809.128
3	264788897	0.550	1401.594
4	263569678	0.609	1239.173
5	263550247	0.616	1214.336
6	263549747	0.617	1210.054
7	263549734	0.617	1209.351

El cambio relativo en cada estimado es menor que 0.0010

Estimados finales de los parámetros

Tipo	Coef	Coef. de EE	T	P
AR 1	0.6172	0.1651	3.74	0.001
Constante	1209.4	471.3	2.57	0.015
Media	3159	1231		

Número de observaciones: 36

Residuos: SC = 261264545 (se excluyeron pronósticos retrospectivos)

MC = 7684251 GL = 34

Estadística chi-cuadrada modificada de Box-Pierce (Ljung-Box)

Desfase	12	24	36	48
Chi-cuadrada	10.3	19.9	*	*
GL	10	22	*	*
Valor P	0.414	0.592	*	*

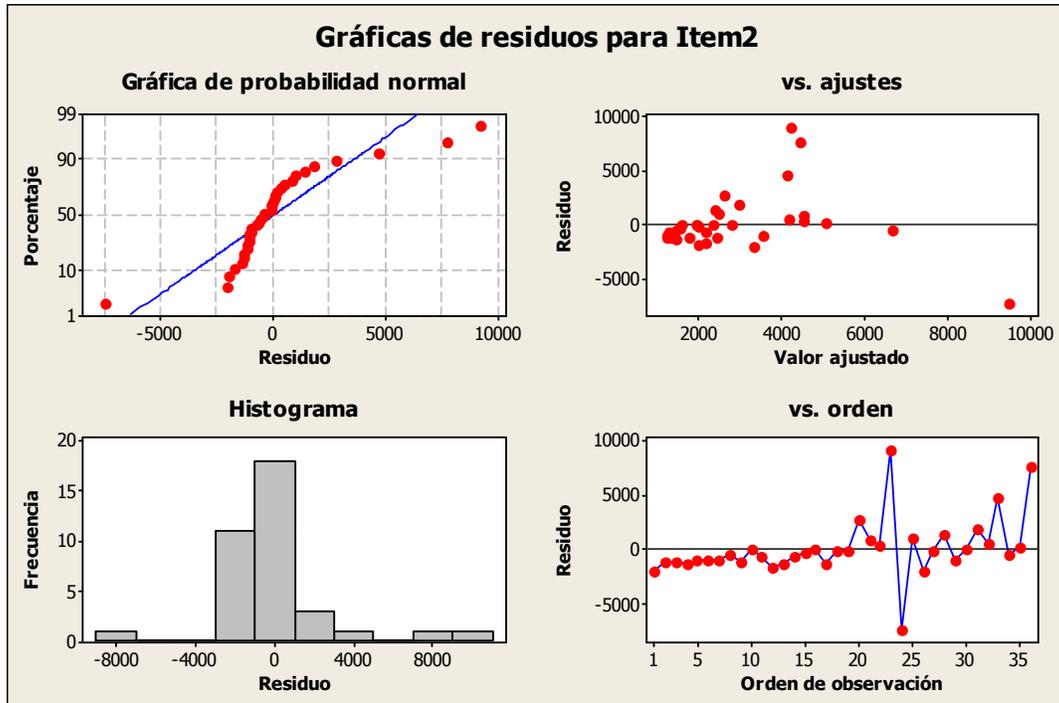


Figura 4.29 Grafica de residuos del Ítem 2 Modelo ARIMA (1,0,0)

Fuente: Elaboración propia con software Minitab

Modelo ARIMA (1,1,0): Ítem2

Estimados en cada iteración

Iteración	SSE	Parámetros	
0	330679477	0.100	310.744
1	287246885	-0.050	334.487
2	255323583	-0.200	361.083
3	234910514	-0.350	390.158
4	226009764	-0.500	422.013
5	225581782	-0.539	432.432
6	225580681	-0.541	433.158
7	225580678	-0.541	433.204

El cambio relativo en cada estimado es menor que 0.0010

Estimados finales de los parámetros

Tipo	Coef	Coef. de EE	T	P
AR 1	-0.5409	0.1634	-3.31	0.002
Constante	433.2	442.4	0.98	0.335

Diferenciación: 1 Diferencia regular

Número de observaciones: Serie original 36, después de diferenciar 35

Estudio del cálculo de pronósticos de la demanda en una empresa automotriz

Residuos: SC = 225566347 (se excluyeron pronósticos retrospectivos)
 MC = 6835344 GL = 33

Estadística chi-cuadrada modificada de Box-Pierce (Ljung-Box)

Desfase	12	24	36	48
Chi-cuadrada	8.4	15.6	*	*
GL	10	22	*	*
Valor P	0.592	0.837	*	*

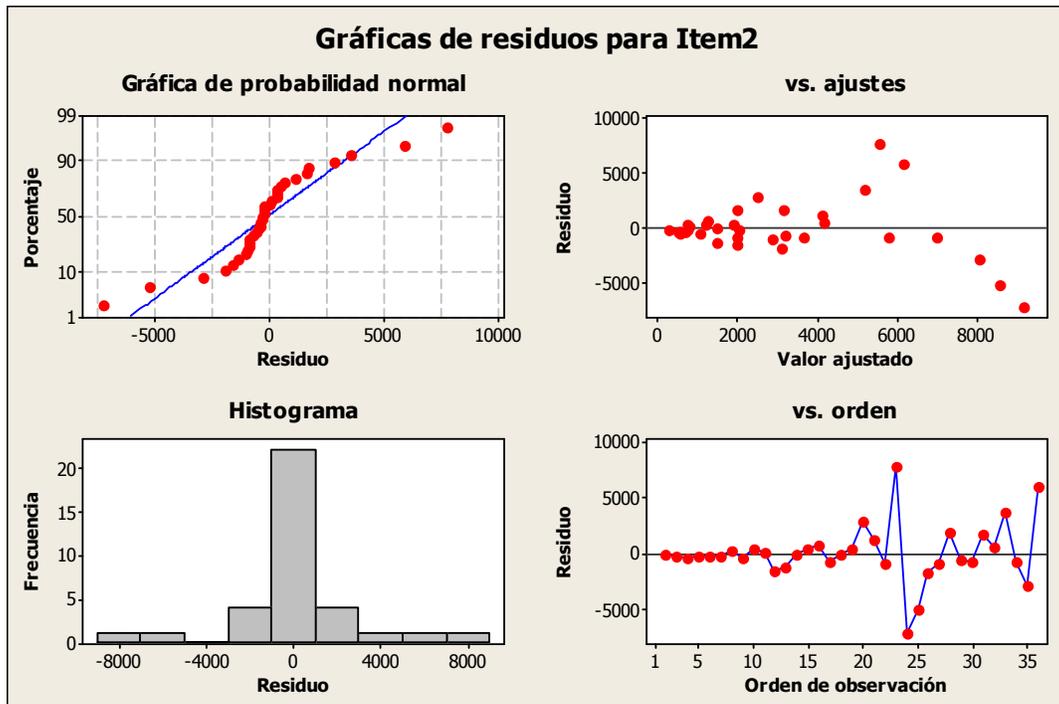


Figura 4.30 Grafica de residuos del Ítem 2 Modelo ARIMA (1,1,0)

Fuente: Elaboración propia con software Minitab

Los modelos presentan un buen comportamiento de normalidad en sus residuales. Los mínimos cuadrados residuales (MS) son:

ARIMA (1,0,0) $s^2 = 7684251$

ARIMA (1,1,0) $s^2 = 6835344$

La estadística Ljung-Box calculada para los retrasos 12 y 24 no son significativos por los valores de p . Por lo que podemos decir que ambos modelos son correctos. Se usará el modelo:

$$AR(1): Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

La ecuación se transforma en:

$$ARIMA (1,0,0) \quad Y_t = 1209.4 + 0.6172Y_{t-1}$$

$$ARIMA (1,1,0) \quad Y_t = 433.2 - 0.5409Y_{t-1}$$

Al correr las ecuaciones de ambos modelos, el modelo ARIMA (1,1,0) da resultados negativos, por lo que se selecciona el modelo ARIMA (1,0,0).

Los resultados son los siguientes:

Año	Mes	Real	Pronostico
2009	Ene	3,456	2,469
	Feb	1,285	3,342
	Mar	1,917	2,003
	Abr	3,790	2,393
	May	2,582	3,549
	Jun	2,877	2,803
	Jul	4,813	2,985
	Ago	4,711	4,180
	Sep	8,832	4,117
	Oct	6,228	6,661
	Nov	5,198	5,053
	Dic	12,127	4,418

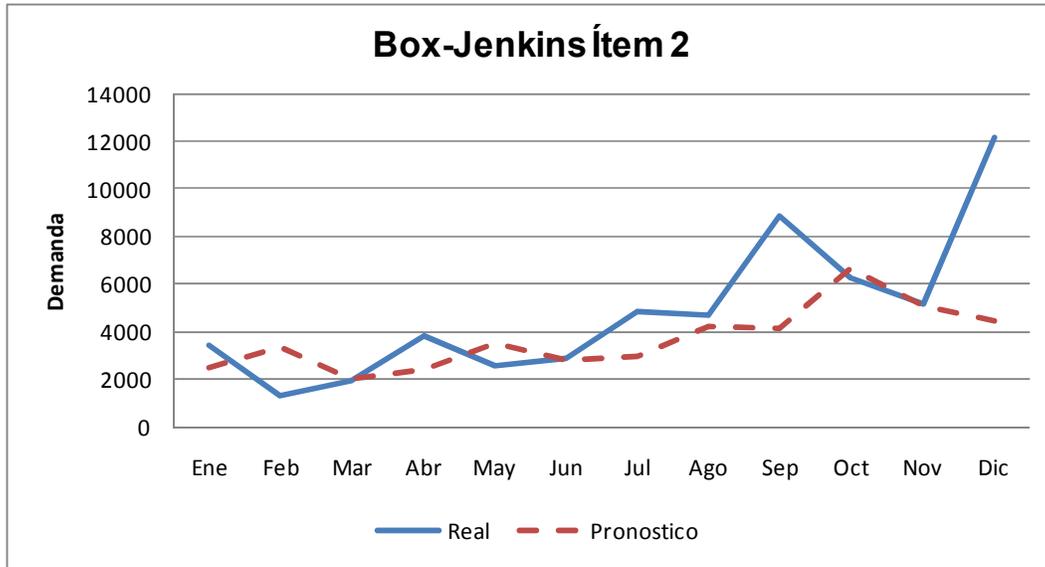


Figura 4.31 Modelo Box-Jenkins Ítem 2
Fuente: Elaboración propia con software Minitab

Error del pronóstico

MAD	MSE	MAPE	MPE
1744.03	7800323.15	37%	2%

La metodología box Jenkins en el ítem 2 presenta un nivel muy alto de error cuadrático muy alto y un error relativo de 37%.

Comparación de los modelos

Las siguientes tablas muestran un resumen de los resultados de los errores de cada modelo y ayudaran a compararlos.

Resumen Ítem 1

Comparativo	Ítem 1			
	MAD	MSE	MAPE	MPE
Actual (Promedio Móvil)	654	719264	56%	-54%
Modelo Informal	445	359629	40%	-25%
Suavizamiento Exponencial	433	352003	41%	-29%
Modelo de Holt	718	872789	52%	-33%
Modelo de Winters	471	392534	33%	-21%
Modelo Box-Jenkins	484	442325	48%	-44%

En el caso del Ítem 1, a excepción del modelo de Holt, se obtuvieron resultados de error menores al método actual, con lo que podemos decir que el uso de los coeficientes de correlación ayudó en la identificación de modelos acordes al comportamiento de la demanda en el tiempo.

El de menor error desviación absoluta media (MAD) fue el modelo de Suavizamiento Exponencial, el cual genera una desviación de 433 unidades.

El de menor error cuadrático medio (MSE) es también el de Suavizamiento exponencial, esto significa que este modelo genera menos errores grandes en su pronóstico.

En el análisis del error porcentual absoluto medio (MAPE), encontramos que el Modelo de Winters genera un 33% de errores grandes en comparación con los valores reales de la serie. Este modelo es también el que genera un menor sesgo de acuerdo con el error porcentual medio (MPE). En todos los casos los modelos tienden a sobreestimar los resultados de los pronósticos, lo que significa que siempre se estará pronosticando por encima de lo real. Este factor es de utilidad, ya que con base en la información del marco referencial, la venta tanto de vehículos como de refacciones se incrementará en un futuro, por lo que los pronósticos generados serán más cercanos a la realidad

En conclusión, los modelos que pueden generar mejores pronósticos para este ítem son:

- Modelo Informal
- Suavizamiento Exponencial
- Modelo de Winters

La principal característica de este ítem fue la presencia de estacionalidad, lo cual explica que se pueda usar el Modelo de Winters.

Resumen Ítem 2

Comparativo	Ítem 2			
	MAD	MSE	MAPE	MPE
Actual (Promedio Móvil)	2533	10191800	75%	-35%
Modelo Informal	2026	7396934	46%	0%
Suavizamiento Exponencial	1706	6184455	36%	3%
Modelo de Holt	1715	4733288	40%	-9%
Modelo de Winters	1900	5164378	57%	-28%
Modelo Box-Jenkins	1744	7800323	37%	2%

En el caso del Ítem 2, todos los modelos arrojan resultados de errores por debajo del método actual, es decir que el análisis de los coeficientes de correlación fue positivo en la elección de modelos de pronósticos.

El de menor error desviación absoluta media (MAD) fue el modelo de Suavizamiento Exponencial, el cual genera una desviación de 1706 unidades.

El de menor error cuadrático medio (MSE) es el Modelo de Holt, esto significa que este modelo genera menos errores grandes en su pronóstico.

En el análisis del error porcentual absoluto medio (MAPE), encontramos que el Modelo de suavizamiento exponencial genera un 36% de errores grandes en comparación con los valores reales de la serie, también es representativo el resultado de Box-Jenkins el cual genera un 37%.

Los modelos que generan un menor sesgo de acuerdo con el error porcentual medio (MPE) son el Modelo Informal con 0%, el Modelo Box-Jenkins con 2% y el Suavizamiento exponencial con 3%. En los 3 casos los modelos tienden a subestimar consistentemente los resultados de los pronósticos, lo que significa que siempre se estará pronosticando por debajo de lo real. Como se mencionó anteriormente se espera que la demanda de vehículos y refacciones se incremente, por lo que el hecho de subestimar no será de ayuda, la ventaja que muestran estos modelos es que el porcentaje de error MPE no es alto y con base en la experiencia y el comportamiento del mercado se podrán hacer ajustes cualitativos.

Los modelos que pueden generar mejores pronósticos para este Ítem son:

- Suavizamiento Exponencial
- Modelo de Holt
- Modelo Box-Jenkins

La principal característica de este ítem fue la tendencia, lo cual explica el ajuste del Modelo de Holt y Box-Jenkins.

Evaluación económica

Para realizar la evaluación económica, se realizará un análisis de los inventarios con la información disponible de 2010.

Como se menciona en el marco conceptual los pronósticos tienen injerencia directa en los inventarios, ya que una predicción sumamente alejada de la realidad puede provocar ya sea una escasez o un sobre-inventario de material.

La demanda real durante el periodo 2010 de los meses de Enero a Mayo es la siguiente:

Mes	Ítem 1	Ítem 2
ENERO	984	7599
FEBRERO	946	6826
MARZO	1170	4246
ABRIL	850	6217
MAYO	870	4782

El pedido hacia el proveedor se hace en base a múltiplos de lotes, ajustados y negociados con base en la cantidad de lote económico y el empaque utilizado. A continuación se mencionan los tamaños de lote y el costo aproximado de cada ítem, los meses venta que se necesita tener en inventario y el inventario con el que se arranca el ejercicio 2010:

	Ítem 1	Ítem 2
Lote (unidades)	126	275
Meses Venta	1	1
Costo (\$)	322	91
Inventario inicial (Enero 2010)	1,439	0

Con estos datos, se podrá realizar una comparación entre el costo esperado de los inventarios y el costo real. La diferencia nos dará un criterio para evaluar la aplicación de los métodos propuestos

Evaluación económica del ítem 1

Método actual (Promedios Móviles)

La aplicación del modelo de promedios móviles generó los siguientes pronósticos:

Mes	Pronostico de la demanda (unidades)	Inventario Final Requerido (unidades)	Pedido (unidades)	Requerimiento a Proveedor		Costo del Inventario Esperado (\$)
				No de Lotes	Total Requerido (unidades)	
Enero	1,388	1,205	1,154	10	1,260	388,010
Febrero	1,205	1,097	1,097	9	1,134	353,127
Marzo	1,097	1,091	1,091	9	1,134	351,195
Abril	1,091	979	979	8	1,008	315,345
Mayo	979	892	892	8	1,008	287,331
Costo Promedio						339,002

Al final de cada periodo, la diferencia entre el costo real y el costo esperado es el mostrado en la tabla

Mes	Demanda Real (unidades)	Inventario Final Real (unidades)	Costo Real (\$)	Diferencia Real vs Pronosticado (\$)	Meses venta
Enero	984	1,715	552,230	164,220	1.8
Febrero	946	1,903	612,766	259,639	1.6
Marzo	1,170	1,867	601,174	249,979	2.2
Abril	850	2,025	652,050	336,705	2.3
Mayo	870	2,163	696,486	409,155	2.4
Costo Promedio			622,941	283,940	2

Como promedio se tiene una diferencia de \$283,940 cada mes, por lo que la empresa tiene un sobre costo en los inventarios por esa cantidad con base en lo pronosticado.

A continuación se evaluarán los modelos propuestos

Los puntos a evaluar son:

- Inventario final pronosticado
- Costo del Inventario Pronosticado
- Inventario simulado. Cálculo del Inventario si se hubiera utilizado el modelo
- Valor del inventario simulado
- Diferencia del costo real del inventario contra el simulado

Estudio del cálculo de pronósticos de la demanda en una empresa automotriz

- Meses venta. Para evaluar en qué grado se cumple con la política de inventarios

Modelo Informal

Usando el modelo informal tenemos:

Mes	Pronostico de la demanda (unidades)	Pedido (unidades)	Requerimiento a Proveedor		Inventario final Pronosticado	Costo del Inventario Pronosticado (\$)
			No de Lotes	Total Requerido (unidades)		
Enero	534	79	1	126	1,031	342,292
Febrero	984	899	8	1,008	1,055	350,260
Marzo	946	1,061	9	1,134	1,243	412,676
Abril	1,170	777	7	882	955	317,060
Mayo	850	765	7	882	987	327,684
Promedio						349,994

Utilizando la simulación con los pronósticos de este modelo tenemos:

Mes	Inventario Simulado (unidades)	Valor del Inventario Simulado (\$)	Diferencia Costo Real vs Simulado (\$)	Meses venta
Enero	581	187,082	365,148	0.6
Febrero	643	207,046	405,720	0.5
Marzo	607	195,454	405,720	0.7
Abril	639	205,758	446,292	0.7
Mayo	651	209,622	486,864	0.7
Promedio	624	200,992	421,949	0.7

Si se hubiera utilizado el Modelo Informal para el cálculo de los pronósticos, se tendría un ahorro de 421,949 pesos manteniendo un promedio de 0.7 meses venta.

Suavizamiento Exponencial

Usando el modelo de Suavizamiento Exponencial tenemos:

Mes	Pronostico de la demanda (unidades)	Pedido (unidades)	Requerimiento a Proveedor		Inventario final Pronosticado	Costo del Inventario Pronosticado (\$)
			No de Lotes	Total Requerido (unidades)		
Enero	234	79	1	126	1,331	441,762
Febrero	1,284	764	7	882	929	308,350
Marzo	811	1,196	10	1,260	1,378	457,463
Abril	1,314	600	5	630	694	230,490
Mayo	665	922	8	1,008	1,038	344,519
					Promedio	356,517

Utilizando la simulación con los pronósticos de este modelo tenemos:

Mes	Inventario Simulado (unidades)	Valor del Inventario Simulado (\$)	Diferencia Costo Real vs Simulado (\$)	Meses venta
Enero	581	187,082	365,148	0.6
Febrero	517	166,474	446,292	0.4
Marzo	607	195,454	405,720	0.7
Abril	387	124,614	527,436	0.4
Mayo	525	169,050	527,436	0.6
Promedio	523	168,535	454,406	0.6

Si se hubiera utilizado el Modelo Informal para el cálculo de los pronósticos, se tendría un ahorro de 454,406 pesos manteniendo un promedio de 0.6 meses venta.

Modelo de Winters

Usando el modelo de Winters tenemos:

Mes	Pronostico de la demanda (unidades)	Pedido (unidades)	Requerimiento a Proveedor		Inventario final Pronosticado	Costo del Inventario Pronosticado (\$)
			No de Lotes	Total Requerido (unidades)		
Enero	464	0	0	0	975	323,700
Febrero	471	0	0	0	504	167,328
Marzo	283	0	0	0	221	73,372
Abril	189	134	2	252	284	94,288
Mayo	166	125	1	126	244	81,008
					Promedio	147,939

Utilizando la simulación con los pronósticos de este modelo tenemos:

Mes	Inventario Simulado (unidades)	Valor del Inventario Simulado (\$)	Diferencia Costo Real vs Simulado (\$)	Meses venta
Enero	455	146,510	405,720	0.5
Febrero	-491	-158,102	770,868	-0.4
Marzo	-1,661	-534,842	1,136,016	-2.0
Abril	-2,259	-727,398	1,379,448	-2.6
Mayo	-3,003	-966,966	1,663,452	-12.4
Promedio	-1,392	-448,160	1,071,101	-3.4

Este Modelo genera escasez a partir del segundo periodo, por lo que a partir del 2010, el modelo subestima los pronósticos.

Elección de la técnica de pronósticos para el Ítem 1

A continuación se muestra una tabla con el resumen de los modelos evaluados:

Modelo	Diferencia Costo Real vs Pronosticado (\$)	Meses venta
Modelo Actual (Promedio móvil)	283,940	2.1
Modelo Informal	421,949	0.7
Suavizamiento Exponencial	454,406	0.6
Modelo de Winters	1,071,101	-3.4

El modelo que se propone utilizar es el de Suavizamiento Exponencial, ya que en promedio genera una reducción al costo del inventario de \$454,406. El único punto que se debe cuidar es la reducción en los meses venta de inventario, ya que en no cumpliría la política de inventario.

Evaluación económica del ítem 2

Método actual (Promedios Móviles)

La aplicación del modelo de promedios móviles generó los siguientes pronósticos:

Mes	Pronostico de la demanda (unidades)	Inventario Final Requerido (unidades)	Pedido (unidades)	Requerimiento a Proveedor		Costo del Inventario Esperado (\$)
				No de Lotes	Total Requerido (unidades)	
Enero	6,985	7,449	14,434	115.67	14,575	677,874
Febrero	7,449	7,802	8,275	67.66	8,525	709,952
Marzo	7,802	7,037	6,164	50.20	6,325	640,397
Abril	7,037	7,036	3,319	28.37	3,575	640,231
Mayo	7,036	6,966	5,890	48.02	6,050	633,921
Costo Promedio						660,475

Al final de cada periodo, la diferencia entre el costo real y el costo esperado es el mostrado en la tabla.

Mes	Demanda Real (unidades)	Inventario Final Real (unidades)	Costo Real (\$)	Diferencia vs Costo Pronosticado (\$)	Meses venta
Enero	7,599	6,976	634,816	-43,058	1.0
Febrero	6,826	8,675	789,425	79,473	2.0
Marzo	4,246	10,754	978,614	338,217	1.7
Abril	6,217	8,112	738,192	97,962	1.7
Mayo	4,782	9,380	853,580	219,659	1.3
Promedio			798,925	138,450	2

Como promedio se tiene una diferencia de \$138,450 cada mes, por lo que la empresa tiene un sobre costo en los inventarios por esa cantidad con base en lo pronosticado.

A continuación se evaluarán los modelos propuestos

Suavizamiento Exponencial

Usando el modelo de Suavizamiento Exponencial tenemos:

Mes	Pronostico de la demanda (unidades)	Pedido (unidades)	Requerimiento a Proveedor		Inventario final Pronosticado	Costo del Inventario Pronosticado (\$)
			No de Lotes	Total Requerido (unidades)		
Enero	10,177	18,549	68	18,700	8,523	775,616
Febrero	8,372	7,139	26	7,150	7,301	664,385
Marzo	7,290	5,148	19	5,225	5,236	476,479
Abril	5,159	5,823	22	6,050	6,127	557,545
Mayo	5,900	4,890	18	4,950	5,177	471,127
					Promedio	589,031

Utilizando la simulación con los pronósticos de este modelo tenemos:

Mes	Inventario Simulado (unidades)	Valor del Inventario Simulado (\$)	Diferencia Costo Real vs Simulado (\$)	Meses venta
Enero	11,101	1,010,191	-375,375	1.6
Febrero	11,425	1,039,675	-300,300	2.7
Marzo	12,404	1,128,764	-125,125	2.0
Abril	12,237	1,113,567	-25,025	2.6
Mayo	12,405	1,128,855	175,175	2.4
Promedio	11,914	1,084,210	-130,130	2.3

Si se hubiera utilizado el Modelo de Suavizamiento Exponencial para el cálculo de los pronósticos, se tendría un sobrecosto de \$130,130 comparado con el costo real, con un incremento de 2.3 meses venta de inventario.

Modelo de Holt

Usando el modelo de Holt tenemos:

Mes	Pronostico de la demanda (unidades)	Pedido (unidades)	Requerimiento a Proveedor		Inventario final Pronosticado	Costo del Inventario Pronosticado (\$)
			No de Lotes	Total Requerido (unidades)		
Enero	6,915	14,153	52	14,300	7,385	672,035
Febrero	7,238	7,298	27	7,425	7,572	689,052
Marzo	7,445	7,218	27	7,425	7,552	687,232
Abril	7,345	7,232	27	7,425	7,632	694,512
Mayo	7,439	7,161	27	7,425	7,618	693,238
					Promedio	687,214

Estudio del cálculo de pronósticos de la demanda en una empresa automotriz

Utilizando la simulación con los pronósticos de este modelo tenemos:

Mes	Inventario Simulado (unidades)	Valor del Inventario Simulado (\$)	Diferencia Costo Real vs Simulado (\$)	Meses venta
Enero	6,701	609,791	25,025	1.0
Febrero	7,300	664,300	75,075	1.7
Marzo	10,479	953,589	50,050	1.7
Abril	11,687	1,063,517	25,025	2.4
Mayo	14,330	1,304,030	0	1.9
Promedio	10,099	919,045	35,035	1.8

Si se hubiera utilizado el Modelo Informal para el cálculo de los pronósticos, se tendría un ahorro de 35,035 pesos manteniendo un promedio de 1.8 meses venta.

Método de Box-Jenkins

Usando el método de Box-Jenkins

Mes	Pronostico de la demanda (unidades)	Pedido (unidades)	Requerimiento a Proveedor		Inventario final Pronosticado	Costo del Inventario Pronosticado (\$)
			No de Lotes	Total Requerido (unidades)		
Enero	8,694	14,594	54	14,850	6,156	560,179
Febrero	5,900	5,166	19	5,225	5,481	498,799
Marzo	5,422	3,771	14	3,850	3,909	355,710
Abril	3,830	4,968	19	5,225	5,304	482,653
Mayo	5,047	3,904	15	4,125	4,382	398,793
Promedio						459,227

Utilizando la simulación con los pronósticos de este modelo tenemos:

Mes	Inventario Simulado (unidades)	Valor del Inventario Simulado (\$)	Diferencia Costo Real vs Simulado (\$)	Meses venta
Enero	7,251	659,841	-25,025	1.1
Febrero	5,650	514,150	225,225	1.3
Marzo	5,254	478,114	525,525	0.8
Abril	4,262	387,842	700,700	0.9
Mayo	3,605	328,055	975,975	0.9
Promedio	5,204	473,600	480,480	1.0

Con este modelo se obtiene un ahorro de \$480,480 y se mantiene un promedio de 1.0 meses venta de inventario.

Elección de la técnica de pronósticos para el Ítem 2

A continuación se muestra una tabla con el resumen de los modelos evaluados:

Modelo	Diferencia Costo Real vs Pronosticado (\$)	Meses venta
Modelo Actual (Promedio móvil)	138,450	2.0
Suavizamiento Exponencial	-130,130	2.3
Modelo de Holt	35,035	1.8
Box Jenkins	480,480	1.0

El modelo que se propone utilizar es el de Box-Jenkins, ya que en promedio genera una reducción al costo del inventario de \$480,480 y mantiene un promedio de 1.0 meses venta.

Sumando el ahorro de cada ítem, en total se tendrían \$1,551,581 pesos mensuales los cuáles se verían reflejados en el flujo de efectivo de la empresa y mejorarían sus razones financieras de liquidez.

Evaluación de la rotación del inventario

La rotación del inventario mide el número de veces por año que una empresa vende sus inventarios²³.

La forma de medir ésta razón es mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Rotación del inventario} = \frac{\text{Ventas}}{\text{Inventarios}}$$

Mediante una simulación usando los mejores métodos establecidos para cada ítem (suavizamiento exponencial para el ítem 1 y Box-Jenkins para el ítem 2), se establecerá el volumen de ventas anual y se calculará el inventario final pronosticado.

²³ BLOCK, Stanley, HIRT, Geoffrey; Fundamentos de Administración Financiera; 2008

Para conocer el valor de la venta se considerará un 25% de utilidad.

- A continuación se muestran los cálculos de para el ítem 1:

Mes	Ventas (unidades)	Ventas (\$)	Método Actual		Método Propuesto	
			Inventario (unidades)	Valor del Inventario (\$)	Inventario Simulado (unidades)	Valor del Inventario (\$)
Enero	984	396,060	1,715	552,230	581	187,082
Febrero	946	380,765	1,903	612,766	517	166,474
Marzo	1,170	470,925	1,867	601,174	607	195,454
Abril	850	342,125	2,025	652,050	387	124,614
Mayo	870	350,175	2,163	696,486	525	169,050
Junio	952	383,180	2,219	714,518	537	172,914
Julio	952	383,180	2,275	732,550	675	217,350
Agosto	952	383,180	2,331	750,582	687	221,214
Septiembre	952	383,180	2,387	768,614	825	265,650
Octubre	952	383,180	2,443	786,646	963	310,086
Noviembre	952	383,180	2,499	804,678	975	313,950
Diciembre	952	383,180	2,555	822,710	1,113	358,386
Total	11,484	4,622,310				

$$\text{Rotación del inventario}_{\text{Método actual}} = \frac{4,622,310}{822,710} = 5.6$$

$$\text{Rotación del inventario}_{\text{Método propuesto}} = \frac{4,622,310}{358,386} = 12.9$$

La utilización del suavizamiento exponencial en el ítem 1 mejoraría el índice de rotación de inventarios de 5.6 a 12.9 veces al año.

- A continuación se muestran los cálculos de para el ítem 2:

Mes	Ventas (unidades)	Ventas (\$)	Método Actual		Método Propuesto	
			Inventario (unidades)	Valor del Inventario (\$)	Inventario Simulado (unidades)	Valor del Inventario (\$)
Enero	7,599	864,386	6,976	634,816	7,251	659,841
Febrero	6,826	776,458	8,675	789,425	5,650	514,150
Marzo	4,246	482,983	10,754	978,614	5,254	478,114
Abril	6,217	707,184	8,112	738,192	4,262	387,842
Mayo	4,782	543,953	9,380	853,580	3,605	328,055
Junio	4,161	473,297	8,519	775,243	3,019	274,743
Julio	3,777	429,688	6,942	631,692	2,817	256,317
Agosto	3,541	402,773	6,151	559,724	2,851	259,424
Septiembre	3,395	386,161	5,506	501,046	2,756	250,796
Octubre	3,305	375,908	4,951	450,570	2,476	225,345
Noviembre	3,249	369,579	4,177	380,131	2,527	229,981
Diciembre	3,215	365,674	3,988	362,867	2,613	237,742
Total	54,312	6,178,041				

$$\text{Rotación del inventario}_{\text{Método actual}} = \frac{6,178,041}{362,867} = 17.0$$

$$\text{Rotación del inventario}_{\text{Método propuesto}} = \frac{6,178,041}{237,742} = 26$$

La utilización del suavizamiento exponencial en el ítem 2 mejoraría el índice de rotación de inventarios de 17 a 26 veces al año.

Como demuestran los resultados, el uso de las metodologías propuestas para ambos ítems generará una mejora sustancial en la rotación de los inventarios, y por tanto se incrementará el flujo de efectivo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

*Some people want it to happen, some wish it would happen, others make it happen.
Michael Jordan, The greatest basketball player of all time*

La aplicación de una nueva metodología que involucre el análisis del comportamiento de la demanda para identificar el mejor modelo y la medición del error del pronóstico para seleccionar el método a utilizar arrojó resultados positivos en la investigación. Se demostró que mediante un análisis sistemático de los datos, los pronósticos generados se acercan más a la realidad.

El uso de los coeficientes de correlación y de correlación parcial ayudan al analista a identificar patrones en los datos como tendencias, estacionalidades etc., este análisis se apoya en la literatura para seleccionar el mejor modelo de pronósticos. También mediante el uso frecuente de este tipo de análisis se puede identificar cuando una serie está cambiando sus patrones, lo cuál es una señal para seleccionar un nuevo modelo que ajuste las predicciones de forma más precisa y certera.

Se recomienda a la empresa comenzar a aplicar el análisis de coeficientes de correlación para la demanda de refacciones. Esta actividad seguramente será compleja debido a la gran cantidad de ítems con los que se cuenta en la base de datos, por lo que deberá aplicarse un análisis Pareto (80-20) con base en los volúmenes manejados y el beneficio de la parte. Una vez obtenidos los coeficientes de correlación se debe identificar el comportamiento de las series y definir los mejores modelos para ser aplicados en cada número de parte.

Para la evaluación de los pronósticos se usaron los 4 tipos de errores (MAD, MSE, MAPE y MPE) los cuales ayudan a describir cómo se comporta y que se puede esperar del modelo de pronósticos de acuerdo a sus variaciones. Es importante evaluar la precisión del pronóstico a través de los errores a lo largo del tiempo, ya que ésta también es una forma de identificar cuando un modelo ya no está siendo efectivo.

La empresa deberá comenzar a evaluar los modelos actuales por medio de los estimadores MAD, MSE, MAPE y MPE que se presentaron en este trabajo con la finalidad de definir que números de parte requieren mejorar en el cálculo de pronósticos. Esta actividad también será un criterio para definir en qué ítems se aplicará la metodología.

El uso del software estadístico es importante en el análisis de pronósticos. Los software como Excel, SPSS y Minitab, son de gran ayuda al momento de aplicar formulas y evaluar los pronósticos; además, las graficas que se obtienen permiten analizar los resultados y validar que los números sean congruentes. Actualmente el acceso a estas herramientas es mayor lo que le

permite a un analista de pronósticos evaluar continuamente sus modelos y generar mejores pronósticos.

En la empresa donde se realizó el estudio, está disponible tanto Excel como Minitab, por lo que se tendrán resultados más rápidos y precisos en el análisis de modelos y el cálculo de los pronósticos.

Como se demostró en la comparación de los errores de los diferentes modelos, la aplicación de los modelos sugeridos en el estudio de caso traerá a la empresa mejoras en el cálculo de los pronósticos de la demanda de refacciones automotrices, con lo que se espera una mejora significativa en los niveles de inventario, el flujo de efectivo, la reducción de la escasez de partes y el incremento de la satisfacción del cliente.

Durante el análisis de los dos Ítems se identificaron variaciones importantes a partir del mes de Octubre de 2008 que coincide con la crisis global. Este hecho no fue posible correlacionarlo debido a que no es un evento cíclico y no incide de forma particular en la demanda de refacciones automotrices, sino de forma general en el consumo de bienes. Es por ello que no se puede aplicar un análisis de regresión a la serie de tiempo de cada refacción, en todo caso, se debe aplicar este tipo de análisis a la Industria en general ya que de acuerdo a lo comentado en el marco referencial la crisis afectó de forma importante a la Industria Automotriz.

La metodología Box-Jenkins y los modelos de Holt y de Winters presentaron buenos resultados y en una serie no afectada por fenómenos externos a la industria deberán arrojar resultados más precisos.

Finalmente se debe recordar que el mejor método de pronósticos no será aquel que reporte menores resultados en los errores, sino aquel que genere mayores beneficios económicos, por lo que la mejor evaluación del modelo se obtendrá a través del análisis del costo-beneficio de la aplicación del modelo.

La evaluación del valor del inventario y la rotación de inventarios realizada en el capítulo 4, demuestra que el uso de las técnicas propuestas generará beneficios económicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros:

HEIZER, Jay, RENDER, Barry; *Operations Management*; Novena edición; Prentice Hall; New Jersey, 2008

HANKE, John, WICHERN, Dean; *Pronósticos de los negocios*; Octava edición; Pearson; Naucalpan de Juárez, 2006

KEAT, Paul, YOUNG, Philip; *Economía de empresa*; Cuarta edición; Naucalpan de Juárez, 2004

BLOCK, Stanley, HIRT, Geoffrey; *Fundamentos de Administración Financiera*; Duodécima edición; D.F., 2008

FISCHER, Laura, ESPEJO, Jorge; *Mercadotecnia*; Tercera edición; D.F., 2004

Tesis:

LÓPEZ, Raúl; *Metodología para el cálculo de un pronóstico de ocupación de un hotel de playa: Un estudio de caso*; IPN; D.F., 2005

Referencias Hemerográficas:

MAKIDRAKIS, S.; *The Art and Science of Forecasting*; *International journal of forecasting*; 1986

ZHENG LI, John M., ROSE, David A.; *Forecasting automobile petrol demand in Australia*: An evaluation of empirical models; *Transportation Research*; 2009

CHIUNG, Song, et al; *Measuring consensus in binary forecasts: NFL game predictions*; *International Journal of Forecasting*; 2009

DANIEL, G. Goldstein, GERD, Gigerenzer; *Fast and frugal forecasting*; *International Journal of Forecasting*; 2009

MARK, J. Tedone; *Repairable Part Management*; *Interfaces* 19, num 4; Julio 1989, 61-68.

Accelerating toward 2020-an automotive Industry transformed. *Deloitte*; s.p.i.

The future of automotive industry. *Pricewaterhousecoopers*; s.p.i.

Damas y caballeros, enciendan sus motores de servicio: Compitiendo por la excelencia en el servicio de la industria automotriz. *Deloitte*; s.p.i.

MAKIDRAKIS S., HIBON, M.; The M-3 competition Results, Conclusions and Implications; *International Journal of Forecasting*; No. 16; 2000

FILDES, Robert, etal; Effective forecasting and judgmental adjustments: an empirical evaluation and strategies for improvement in supply-chain planning; *International Journal of Forecasting*; No. 25; 2009

Documentos Electrónicos de Internet:

Top autosales; Disponible en Internet: www.automobilemakers.com .
Consultado Abril 2010

Producción mundial de vehículos; Disponible en Internet: www.amia.com.mx.
Consultado Abril 2010

La industria automotriz mexicana frente a la situación económica actual;
Disponible en Internet: www.amia.com Consultado Abril 2010

Presentación CONAGO; Disponible en Internet: www.amia.com.mx. Consultado
Abril 2010

El nuevo orden mundial automotriz; Disponible en Internet:
<http://www.cnnexpansion.com/economia/2010/04/13/daimler-renault-nissan-acuerdo-expansion>; Consultado Mayo 2010

El futuro de las automotrices hacia 2020; Disponible en Internet:
<http://www.cnnexpansion.com/negocios/2009/10/06/el-futuro-de-las-automotrices-hacia-2020> ; Consultado Mayo 2010

México, futuro automotriz limitado; Disponible en Internet:
<http://www.cnnexpansion.com/manufactura/2010/02/16/decisiones-externas>;
Consultado Mayo 2010