

**PERFIL GLOBAL
DE UNA COMPAÑÍA**
Walt Disney Parks & Resorts

Los pronósticos proporcionan una ventaja competitiva para Disney

Cuando se trata de las marcas globales más respetadas en el mundo, Walt Disney Parks & Resorts es un líder evidente. Aunque el monarca de este reino mágico no es un hombre sino un ratón (Mickey Mouse) su director general, Robert Iger, es quien administra a diario al gigante del entretenimiento.

El portafolio global de Disney incluye Disneylandia Hong Kong (abierto en 2005), Disneylandia París (1992), y Disneylandia Tokio (1983). Pero son Walt Disney World Resort (en Florida) y Disneylandia (en California) las que impulsan las ganancias en esta corporación de 40 mil millones de dólares, la cual se encuentra entre los 100 primeros lugares de la lista *Fortune 500* y de la lista Global 500 del *Financial Times*.

En Disney las utilidades se relacionan directamente con la gente (cuántas personas visitan los parques y cómo gastan su dinero mientras están ahí). Cuando Iger recibe un informe diario de sus cuatro parques temáticos y dos parques acuáticos localizados cerca de Orlando, éste contiene sólo dos números: el *pronóstico* de asistencia a los parques (Reino Mágico, Epcot, Reino Animal de Disney, Estudios MGM, Laguna de Tifón y Playa Brisa) del día anterior y la asistencia *real*. Se espera un error cercano a cero. Iger toma muy en serio sus pronósticos.

No obstante, el equipo de pronósticos de Disney World no hace sólo una predicción diaria, e Iger no es su único cliente. Dicho equipo también proporciona pronósticos diarios, semanales, mensuales, anuales y quinquenales a los departamentos de administración de la mano de obra, mantenimiento, operaciones, finanzas y programación del parque. Los miembros del equipo de pronósticos usan modelos críticos, econométricos, de promedios móviles y de análisis de regresión.



© Lana Sundman/Alamy

Goofy o Tribilín, el pato Donald, Mickey Mouse y Minnie Mouse proporcionan la imagen pública de Disney para el mundo. Los pronósticos guían los programas de trabajo de 58 000 actores que laboran en los parques de Walt Disney World cerca de Orlando.

La esfera gigante es el símbolo de Epcot, uno de los cuatro parques de Disney localizados en Orlando, para el cual deben elaborarse pronósticos de comidas, hospedaje, entretenimiento y transporte. Este monorriel de Disney transporta a los invitados entre los parques y los 20 hoteles en la gran propiedad de 47 millas cuadradas (casi el tamaño de San Francisco y dos veces el tamaño de Manhattan).



© Stock Connection Blue/Alamy



En Disney se realiza un pronóstico diario de la asistencia ajustando el plan de operación anual de acuerdo con los pronósticos del clima, la asistencia del día anterior, las convenciones y las variaciones estacionales. Aquí se muestra uno de los dos parques acuáticos que hay en Walt Disney World Resort, Laguna de Tifón.

Puesto que un 20% de los clientes de Walt Disney World Resort viene fuera de Estados Unidos, su modelo económico incluye variables como producto interno bruto (PIB), tasas de cambio y llegadas a Estados Unidos. Asimismo, Disney emplea 35 analistas y 70 trabajadores de campo para encuestar a 1 millón de personas al año. Las encuestas, administradas a los clientes en los parques y en sus 20 hoteles, a los empleados y a los profesionales de la industria de los viajes, examinan los planes futuros de viaje y las experiencias vividas en los parques. Lo anterior ayuda a pronosticar no sólo la asistencia sino el comportamiento en cada atracción (por ejemplo, cuántas personas estarán esperando, cuántas veces se subirán a un juego). Las entradas al modelo de pronóstico mensual incluyen ofertas de las aerolíneas, discursos de la dirección de la Reserva Federal estadounidense, y las tendencias en Wall Street. Disney revisa incluso 3000 distritos escolares dentro y fuera de Estados Unidos en relación con sus programas de vacaciones y días festivos. Con este método, el pronóstico quinquenal de asistencia de Disney produce un error de sólo el 5% en promedio. Sus pronósticos anuales tienen un error que va del 0 al 3 por ciento.

Los pronósticos de asistencia elaborados para los parques conducen a una serie de decisiones administrativas. Por ejemplo, en un día la capacidad puede incrementarse al abrir a las 8 a.m. en vez de hacerlo a la hora usual de las 9 a.m., al




Los pronósticos son críticos para asegurar que los paseos no estén sobresaturados. Disney es bueno en la “administración de la demanda” empleando técnicas como agregar más actividades en las calles con el fin de reducir las largas filas para entrar a los paseos.



Disney usa personajes como Pluto para entretener a los clientes cuando se pronostican filas demasiado largas. En días tranquilos, asiste a trabajar una menor cantidad de actores.

abrir más espectáculos o juegos, al agregar más carritos de comida y bebidas (¡cada año se venden 9 millones de hamburguesas y 50 millones de refrescos!), y al llamar a más empleados para trabajar (llamados “miembros del reparto”). Para lograr una flexibilidad, los miembros del reparto se programan en intervalos de 15 minutos a través de los parques. La demanda puede administrarse al limitar el número de clientes admitidos en los parques, con el sistema de reservación “PASE RÁPIDO”, y al trasladar las aglomeraciones detectadas en los juegos hacia desfiles en las calles.

En Disney, los pronósticos son una guía clave para el éxito y la ventaja competitiva de la compañía. 

OA1	Entender los tres horizontes de tiempo y qué modelos se aplican a cada uno 104
OA2	Explicar cuándo debe usarse cada uno de los cuatro modelos cualitativos 107
OA3	Aplicar los métodos intuitivo, de promedios móviles, de suavización exponencial y de análisis de tendencia 109
OA4	Calcular tres medidas de la exactitud del pronóstico 114
OA5	Desarrollar índices estacionales 122
OA6	Realizar un análisis de regresión y correlación 126
OA7	Usar una señal de control 133

Qué es pronosticar

Todos los días, los administradores como los de Disney toman decisiones sin saber lo que ocurrirá en el futuro. Ordenan inventarios sin saber cuánto se venderá, compran equipos nuevos a pesar de la incertidumbre de la demanda de los productos, y realizan inversiones sin saber las ganancias que tendrán. Los administradores tratan de hacer siempre mejores estimaciones sobre lo que ocurrirá en el futuro, a pesar de la incertidumbre. El propósito principal de los pronósticos es hacer buenas estimaciones.

TIP PARA EL ESTUDIANTE ★

Una economía mundial cada vez más compleja hace que los pronósticos sean más desafiantes.

Pronosticar

El arte y la ciencia de predecir eventos futuros.

En este capítulo se examinan diferentes tipos de pronósticos y se presenta una variedad de modelos de pronóstico. Nuestro propósito es demostrar que los administradores disponen de muchas formas para pronosticar. Asimismo, se ofrece un panorama sobre el pronóstico de las ventas de un negocio y se describe la forma de preparar, supervisar y juzgar la exactitud del pronóstico. Los buenos pronósticos representan una parte *esencial* de las operaciones de servicios y manufactura eficientes.

Pronosticar es el arte y la ciencia de predecir los eventos futuros. Puede implicar el empleo de datos históricos (como las ventas en el pasado) y su proyección hacia el futuro mediante algún tipo de modelo matemático. Puede ser una predicción subjetiva o intuitiva (por ejemplo, “éste es un nuevo producto grandioso y venderemos 20% más que con el antiguo producto). Puede basarse en información de la demanda, como los planes de compra de un cliente y su proyección hacia el futuro. O bien, el pronóstico puede involucrar una combinación de estas opciones, es decir, un modelo matemático ajustado mediante el buen juicio del administrador.

Conforme se introduzcan las distintas técnicas de pronóstico en este capítulo, el lector se dará cuenta de que no existe algo llamado “método superior”. Los pronósticos pueden recibir la influencia de la posición del producto en su ciclo de vida (las ventas pueden encontrarse en cualquiera de las etapas de introducción, crecimiento, madurez o declinación). Otros productos pueden estar influenciados por la demanda de un producto relacionado (por ejemplo, los sistemas de navegación pueden estar ligados con las ventas de automóviles nuevos). Debido a que hay límites en cuanto a lo que se espera de los pronósticos, se desarrollan medidas del error. La preparación y el monitoreo de los pronósticos también pueden ser costosos y consumidores de tiempo.

Sin embargo, pocos negocios se dan el lujo de evadir el proceso de pronosticar y sólo esperar a ver qué sucede para después correr sus riesgos. La planeación efectiva a corto y a largo plazos depende del pronóstico de la demanda para los productos de la compañía.

Horizontes de tiempo del pronóstico

Por lo general, un pronóstico se clasifica por el *horizonte de tiempo futuro* que cubre. Los horizontes de tiempo se clasifican en tres categorías:

1. **Pronóstico a corto plazo:** este pronóstico tiene una extensión de tiempo de hasta 1 año, pero casi siempre es menor a 3 meses. Se usa para planear las compras, programar el trabajo, determinar niveles de mano de obra, asignar el trabajo y decidir los niveles de producción.
2. **Pronóstico a mediano plazo:** por lo general, un pronóstico a mediano plazo, o a plazo intermedio, tiene una extensión de entre 3 meses y 3 años. Se utiliza para planear las ventas, la producción, el presupuesto y el flujo de efectivo, así como para analizar diferentes planes operativos.
3. **Pronóstico a largo plazo:** casi siempre, su extensión es de 3 años o más. Los pronósticos a largo plazo se emplean para planear la fabricación de nuevos productos, gastos de capital, ubicación o expansión de las instalaciones, y para la investigación y el desarrollo.

Los pronósticos a mediano y a largo plazos se distinguen de los pronósticos a corto plazo por tres características:

1. Primero, los pronósticos a mediano y a largo plazos *manejan aspectos más generales* y apoyan decisiones administrativas relativas a la planeación y los productos, plantas y procesos. La

OA1 Entender los tres horizontes de tiempo y qué modelos se aplican a cada uno

implementación de algunas decisiones sobre instalaciones, como la decisión que tomó GM de abrir una nueva planta de manufactura en Brasil, puede tomar de 5 a 8 años desde su concepción hasta su terminación.

2. Segundo, el pronóstico a corto plazo por lo general *emplea metodologías diferentes* que el pronóstico a más largo plazo. Las técnicas matemáticas, como promedios móviles, suavización exponencial y extrapolación de tendencias (que se examinarán en breve), son comunes en las proyecciones a corto plazo. Los métodos más amplios y menos cuantitativos resultan útiles para predecir asuntos tales como si un nuevo producto, por ejemplo una grabadora de discos ópticos, debe introducirse en la línea de productos de una compañía.
3. Por último, como podría esperarse, los pronósticos a corto plazo *tienden a ser más precisos* que los de largo plazo. Los factores que influyen en la demanda cambian todos los días. Por lo tanto, a medida que el horizonte de tiempo se alarga, es más probable que la exactitud del pronóstico disminuya. Entonces, es necesario afirmar que los pronósticos de ventas deben actualizarse con frecuencia para mantener su valor e integridad. Después de cada periodo de ventas, los pronósticos deben revisarse y corregirse.

Tipos de pronósticos

Las organizaciones utilizan tres tipos principales de pronósticos en la planeación de operaciones futuras:

1. Los pronósticos económicos abordan el ciclo del negocio al predecir las tasas de inflación, los suministros de dinero, la construcción de viviendas y otros indicadores de planeación.
2. Los pronósticos tecnológicos se refieren a las tasas de progreso tecnológico, las cuales pueden resultar en el nacimiento de nuevos e interesantes productos, que requerirán nuevas plantas y equipo.
3. Los pronósticos de la demanda son proyecciones de la demanda de los productos o servicios de una compañía. Los pronósticos guían las decisiones, de modo que los administradores necesitan información inmediata y precisa acerca de la demanda real. Requieren *pronósticos orientados a la demanda*, donde lo importante es identificar y dar un seguimiento rápido a los deseos de los clientes. Estos pronósticos pueden usar datos recientes de los puntos de venta (PDV), informes generados por los minoristas acerca de las preferencias de los clientes y cualquier otra información que pueda ayudar a pronosticar con los datos más actuales posibles. Los pronósticos orientados a la demanda guían la producción, la capacidad y los sistemas de programación de una compañía y sirven como entradas en la planeación financiera, de marketing y de personal. Además, los beneficios por la reducción de los inventarios y la obsolescencia pueden ser enormes.

Los pronósticos tecnológicos y económicos son técnicas especializadas que tal vez no formen parte de la función del administrador de operaciones. Por tal razón, en este libro se destacan los pronósticos de la demanda.

Pronósticos económicos

Indicadores de planeación que son valiosos por ayudar a las organizaciones en la preparación de los pronósticos de mediano y largo plazos.

Pronósticos tecnológicos

Pronósticos a largo plazo relacionados con las tasas de progreso tecnológico.

Pronósticos de la demanda

Proyecciones de las ventas de una compañía para cada periodo situado en el horizonte de planeación.

La importancia estratégica del pronóstico

Los buenos pronósticos son muy importantes para todos los aspectos del negocio: *el pronóstico es la única estimación de la demanda hasta que se conoce la demanda real*. Por lo tanto, los pronósticos de la demanda conducen a las decisiones en muchas áreas. A continuación se verá el efecto del pronóstico del producto en tres actividades: (1) administración de la cadena de suministro, (2) recursos humanos y (3) capacidad.

Administración de la cadena de suministro

Las buenas relaciones con el proveedor y las consiguientes ventajas en la innovación del producto, el costo y el rápido acceso al mercado dependen de los pronósticos precisos. A continuación se dan tres ejemplos:

- Apple ha construido un eficaz sistema global con el que controla casi todas las piezas de la cadena de suministro, desde el diseño del producto hasta la tienda minorista. Con una comunicación rápida y la precisión de los datos compartidos por toda la cadena de suministro, la innovación es mayor, los costos de inventario se reducen y se mejora la velocidad de acceso al mercado. Una vez que un producto sale a la venta, Apple da seguimiento a la demanda hora por hora en cada tienda y ajusta los pronósticos de producción a diario. En Apple, los pronósticos para su cadena de suministro son un arma estratégica.

- ▶ Toyota desarrolla sofisticados pronósticos de sus automóviles con el aporte de una variedad de fuentes, incluyendo a los distribuidores. Pero pronosticar la demanda de accesorios tales como los sistemas de navegación, las ruedas personalizadas, los alerones, etcétera, es muy difícil. Además, existen más de 1000 artículos, que varían según el modelo y el color. Como resultado, Toyota no sólo revisa una gran cantidad de datos en relación con los vehículos que ha construido y vendido al por mayor, sino también examina en detalle los pronósticos de los vehículos antes de hacer juicios sobre la futura demanda de accesorios. Cuando esto se hace de la manera correcta, el resultado es una cadena de suministro eficiente y unos clientes satisfechos.
- ▶ Walmart colabora con sus proveedores, como Sara Lee y Procter & Gamble, para asegurarse de que el artículo correcto esté disponible en el momento, en el lugar y al precio adecuados. Por ejemplo, en la temporada de huracanes, la capacidad de Walmart para analizar 700 millones de combinaciones tienda-artículo significa que puede pronosticar que no sólo las linternas, sino también los pastelillos para tostar Pop-Tarts y la cerveza, se venden a siete veces la tasa de la demanda normal. Estos sistemas de pronóstico, conocidos como *planeación, pronósticos y reabastecimiento colaborativos* (CPFR, por sus siglas en inglés collaborative planning, forecasting, and replenishment), combinan la inteligencia de varios socios de la cadena de suministro. El objetivo de los CPFR es crear información mucho más precisa que puede impulsar a la cadena de suministro hacia mayores ventas y ganancias.

Recursos humanos

La contratación, la capacitación y el despido de los trabajadores dependen de la demanda anticipada. Si el departamento de recursos humanos debe contratar trabajadores adicionales sin previo aviso, la cantidad de capacitación disminuye y se afecta la calidad de la fuerza de trabajo. Una gran fábrica de productos químicos de Louisiana casi perdió a su principal cliente cuando una expansión súbita a 24 horas de operación condujo a un desplome del control de la calidad en el segundo y tercer turnos.

Capacidad

Cuando la capacidad es inadecuada, los faltantes que resultan pueden significar entregas poco confiables, pérdida de clientes y pérdida de participación en el mercado. Esto es justo lo que le pasó a Nabisco cuando subestimó la enorme demanda de sus nuevas galletas bajas en grasa, Snackwell Devil's Food Cookies. Incluso con las líneas de producción trabajando tiempo extra, Nabisco no pudo cubrir la demanda y perdió clientes. Nintendo enfrentó este problema cuando lanzó su Wii en 2007 y todos sus pronósticos fueron superados por la demanda. Asimismo, como lo muestra la siguiente fotografía, Amazon cometió el mismo error con su Kindle. Por otro lado, si existe capacidad en exceso, los costos pueden dispararse.

Siete pasos en el sistema de pronóstico

El pronóstico sigue siete pasos básicos. Usaremos a Disney World, el objeto de estudio del *Perfil global de una compañía* en este capítulo, como ejemplo de cada paso.

1. *Determinar el uso del pronóstico*: Disney usa los pronósticos de la asistencia al parque para dirigir el personal, las horas de entrada, la disponibilidad de los juegos y los suministros de comida.
2. *Seleccionar los aspectos que se deben pronosticar*: para Disney World hay seis parques principales. La cifra primordial que determina la mano de obra, el mantenimiento y la programación es la asistencia diaria.

Incluso la muy alabada Amazon puede cometer un gran error de pronóstico, como lo hizo en el caso de su publicitado lector de libros electrónicos Kindle. Con la temporada de compras navideñas en curso, la página web de Amazon anunció "Debido a la gran demanda de nuestros clientes, Kindle está agotado... próximas entregas dentro de 11 a 13 semanas". El culpable fue un pronóstico insuficiente de la demanda del producto, de acuerdo con el fabricante taiwanés Prime View, quien desde entonces incrementó la producción.



3. *Determinar el horizonte de tiempo del pronóstico:* ¿es a corto, mediano o largo plazos? Disney desarrolla pronósticos diarios, semanales, mensuales, anuales y para cinco años.
4. *Seleccionar los modelos de pronóstico:* Disney usa una variedad de modelos estadísticos que se analizarán, incluyendo promedios móviles, suavización exponencial y análisis de regresión. También emplea modelos de juicio, o no cuantitativos.
5. *Recopilar los datos necesarios para elaborar el pronóstico:* el equipo de pronósticos de Disney emplea a 35 analistas y 70 trabajadores de campo para encuestar a 1 millón de personas y negocios cada año. También utiliza una compañía llamada Global Insights para elaborar los pronósticos de la industria de los viajes y recopilar datos sobre las tasas de cambio, llegadas a Estados Unidos, ofertas de aerolíneas, tendencias en Wall Street y programas vacacionales en las escuelas.
6. *Realizar el pronóstico.*
7. *Validar e implementar los resultados:* en Disney, los pronósticos se revisan diariamente a los niveles más altos para asegurar la validez del modelo, de los supuestos y de los datos. Se aplican las medidas de error, y después se usan los pronósticos en la programación del personal a intervalos de 15 minutos.

Estos siete pasos presentan una forma sistemática de iniciar, diseñar e implementar un sistema de pronósticos. Cuando el sistema se va a usar para generar pronósticos de manera regular a lo largo del tiempo, la recopilación de datos debe ser rutinaria. Por tal motivo, los cálculos reales casi siempre se realizan por computadora.

Sin importar qué sistema usen las empresas como Disney, cada compañía enfrenta varias realidades:

- ▶ Existen factores externos no predecibles o controlables que suelen afectar el pronóstico.
- ▶ La mayoría de las técnicas de pronóstico suponen la existencia de cierta estabilidad subyacente en el sistema. En consecuencia, algunas empresas automatizan sus predicciones a través de software para pronósticos computarizados y después sólo vigilan de cerca aquellos productos cuya demanda es errática.
- ▶ Tanto los pronósticos de familias de productos como los de productos agregados son más precisos que los pronósticos para los productos individuales. Por ejemplo, Disney agrega los pronósticos de asistencia diaria por parque. Este enfoque ayuda a contrarrestar la sobre o subestimación de cada una de las seis atracciones.

Enfoques de pronósticos

Hay dos enfoques generales para pronosticar, de la misma forma que existen dos maneras de abordar todos los modelos de decisión. Uno es el análisis cuantitativo; el otro es el enfoque cualitativo. Los pronósticos cuantitativos utilizan una variedad de modelos matemáticos que se apoyan en datos históricos y en variables asociativas para pronosticar la demanda. Los pronósticos cualitativos o subjetivos incorporan factores como la intuición, las emociones, las experiencias personales y el sistema de valores de quien toma las decisiones para llegar a un pronóstico. Algunas empresas emplean el primer enfoque y otras el segundo. En la práctica, la combinación de ambos suele resultar más efectiva.

Panorama de los métodos cualitativos

En esta sección se consideran cuatro técnicas de pronósticos cualitativos:

1. **Jurado de opinión ejecutiva:** bajo este método, las opiniones de un grupo de expertos o administradores de alto nivel, a menudo en combinación con modelos estadísticos, se combinan para llegar a una estimación grupal de la demanda. Por ejemplo, Bristol-Myers Squibb Company emplea 220 científicos investigadores destacados, como jurado de opinión ejecutiva, con el fin de tener una idea de las tendencias futuras en el mundo de la investigación médica.
2. **Método Delphi:** Hay tres tipos de participantes en el método Delphi: los que toman las decisiones, el personal, y los entrevistados. Los que toman las decisiones suelen formar un grupo de 5 a 10 expertos que estarán elaborando el pronóstico real. El personal ayuda a éstos a preparar, distribuir, recopilar y resumir la serie de cuestionarios y los resultados de las encuestas. Los entrevistados forman un grupo de personas, a menudo localizadas en distintos sitios, cuyos juicios se valoran. Este grupo proporciona entradas a los que toman las decisiones antes de hacer el pronóstico.

Por ejemplo, el estado de Alaska ha usado el método Delphi para desarrollar su pronóstico económico a largo plazo. Una gran parte del presupuesto estatal deriva de los más de un millón de barriles de petróleo bombeados diariamente a través de un oleoducto localizado en Prudhoe Bay. El enorme panel de expertos de Delphi debe representar a todos los grupos de opinión del estado y a todas las áreas geográficas.

Pronósticos cuantitativos

Pronósticos que emplean modelos matemáticos para pronosticar la demanda.

Pronósticos cualitativos

Pronósticos que incorporan factores como la intuición, las emociones, las experiencias personales y el sistema de valores de quien toma las decisiones.

Jurado de opinión ejecutiva

Técnica de pronósticos que toma en cuenta la opinión de un pequeño grupo de administradores de alto nivel para obtener una estimación grupal de la demanda.

Método Delphi

Técnica de pronósticos que emplea un proceso grupal con el fin de que los expertos puedan hacer pronósticos.

OA2 *Explicar* cuándo debe usarse cada uno de los cuatro modelos cualitativos

Composición de la fuerza de ventas

Una técnica de pronóstico que se basa en las estimaciones de las ventas esperadas por parte de los vendedores.

Encuesta en el mercado

Un método de pronóstico que solicita información a los clientes o posibles consumidores en relación con sus planes de compra futuros.

3. **Composición de la fuerza de ventas:** en este enfoque, cada vendedor estima cuáles serán las ventas en su región. Después, estos pronósticos se revisan para asegurar que sean realistas. Luego se combinan en los niveles distrital y nacional para llegar a un pronóstico global. Una variación de este enfoque ocurre en Lexus, donde los distribuidores de la compañía tienen una reunión trimestral en la que hablan de lo que se está vendiendo, en qué colores y con qué alternativas, a fin de que la fábrica sepa qué construir.
4. **Encuesta en el mercado:** este método solicita información a los clientes o posibles consumidores acerca de sus planes de compra futuros. Puede ayudar no sólo a preparar el pronóstico, sino también a mejorar el diseño del producto y a la planeación de nuevos productos. Sin embargo, los métodos de encuesta en el mercado de consumo y composición de la fuerza de ventas adolecen de un optimismo exagerado que surge de la información de los clientes.

Panorama de los métodos cuantitativos

En este capítulo se describen cinco métodos de pronósticos cuantitativos que emplean datos históricos. Los métodos caen en dos categorías:

- | | | |
|---|---|------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Enfoque intuitivo 2. Promedios móviles 3. Suavización exponencial 4. Proyección de tendencias | } | Modelos de series de tiempo |
| <ol style="list-style-type: none"> 5. Regresión lineal | } | Modelo asociativo |

Series de tiempo

Una técnica de pronóstico que usa una serie de datos puntuales del pasado para realizar un pronóstico.

Modelos de series de tiempo Los modelos de series de tiempo predicen bajo el supuesto de que el futuro es una función del pasado. En otras palabras, observan lo que ha ocurrido durante un periodo y usan una serie de datos históricos para hacer un pronóstico. Si se pronostican las ventas semanales de cortadoras de césped, se utilizan datos de sus ventas pasadas para hacer el pronóstico.

Modelos asociativos Los modelos asociativos, como la regresión lineal, incorporan las variables o los factores que pueden influir en la cantidad que se va a pronosticar. Por ejemplo, un modelo asociativo sobre las ventas de cortadoras de césped incluye factores como la construcción de nuevas viviendas, el presupuesto de publicidad y los precios de los competidores.

TIP PARA EL ESTUDIANTE ★

Aquí está la sustancia de este capítulo. A continuación se muestra una amplia variedad de modelos que usan datos de series de tiempo.

Pronósticos de series de tiempo

Una serie de tiempo se basa en una secuencia de datos puntuales igualmente espaciados (semanales, mensuales, trimestrales, etcétera). Como ejemplos pueden mencionarse las ventas semanales de Nike Air Jordans, los informes de ganancias trimestrales en las acciones de Microsoft, los embarques diarios de cerveza Coors, y los índices anuales de precios al consumidor. Los datos para los pronósticos de series de tiempo implican que los valores futuros se predicen *sólo* a partir de los valores pasados y que se pueden ignorar otras variables, sin importar qué tan valiosas sean.

Descomposición de una serie de tiempo

Analizar una serie de tiempo significa desglosar los datos históricos en componentes y después proyectarlos al futuro. Una serie de tiempo tiene cuatro componentes:

1. La *tendencia* es el movimiento gradual, hacia arriba o hacia abajo, de los datos en el tiempo. Los cambios en el ingreso, la población, la distribución de edades o los puntos de vista culturales pueden ser causantes del movimiento en una tendencia.
2. La *estacionalidad* es un patrón de datos que se repite después de un periodo de días, semanas, meses o trimestres. Existen seis patrones comunes de estacionalidad:

LONGITUD DEL PERIODO	LONGITUD DE LA "ESTACIÓN"	NÚMERO DE "ESTACIONES" EN EL PATRÓN
Semana	Día	7
Mes	Semana	4-4
Mes	Día	28-31
Año	Trimestre	4
Año	Mes	12
Año	Semana	52

TIP PARA EL ESTUDIANTE ★

Las "temporadas" pico para la venta de botanas Frito-Lay en Estados Unidos son el día del Súper Tazón, el Día de los Veteranos, el Día del Trabajo y el Día de la Independencia.

AO en acción Pronósticos en Olive Garden y Red Lobster

Es viernes por la noche en el pueblo universitario de Gainesville, Florida, y el restaurante local Olive Garden está a su máxima capacidad. Los clientes deben esperar un promedio de 30 minutos por una mesa, entre tanto pueden probar vinos y quesos nuevos, y admirar pinturas con escenas de pueblos al estilo de la Toscana en las paredes del restaurante. Después sigue la cena con porciones tan grandes que muchas personas piden una parte para llevar a casa. La cuenta típica: menos de 15 dólares por persona.

Grandes cantidades de personas acuden a la cadena de restaurantes de Darden: Olive Garden, Red Lobster, Season 52 y Bahama Breeze en busca de valor y consistencia (y las encuentran).

Cada noche, las computadoras de Darden realizan pronósticos que les dicen a los administradores del almacén qué demanda anticipar para el día siguiente. El software genera un pronóstico completo de comidas y entradas que se convierten en elementos específicos del menú. Por ejemplo, el sistema le dice a un administrador que si se servirán 625 comidas el día siguiente, “servirás estos platillos en estas cantidades. Entonces, antes de irte a casa, saca 25 libras de camarones y 30 libras de cangrejo, y dile a los empleados encargados de las operaciones que preparen 42 paquetes de porciones de pollo, 75 platos de camarones, 8 pescados rellenos, etcétera”. Con frecuencia, los administradores pueden conocer con certeza las cantidades según las condiciones locales, como el clima o una convención, pero además saben lo que sus clientes van a ordenar.



Con base en la historia de la demanda, el sistema de pronósticos ha ayudado a ahorrar millones de dólares en desperdicios. El pronóstico también reduce los costos de mano de obra al proporcionar la información necesaria para mejorar la programación. Los costos de mano de obra disminuyeron casi en un porcentaje total el primer año, traduciéndose en millones adicionales de ahorro para la cadena Darden. En el negocio de los restaurantes con bajo margen de utilidad, cada dólar cuenta.

Fuente: Entrevistas con ejecutivos de Darden.

Por ejemplo, restaurantes y las peluquerías experimentan estaciones semanales, donde los sábados son el día pico del negocio. Vea el recuadro *AO en acción* “Pronósticos en Olive Garden y Red Lobster”. Los distribuidores de cerveza pronostican patrones anuales, con estaciones mensuales. Cada una de las tres “estaciones” (mayo, julio y septiembre) contiene un día festivo en el que se ingiere mucha cerveza.

- Los *ciclos* son patrones, detectados en los datos, que ocurren cada cierta cantidad de años. Por lo general, están sujetos al ciclo comercial y son de gran importancia para el análisis y la planeación del negocio a corto plazo. La predicción de los ciclos de negocio es difícil porque éstos pueden verse afectados por los acontecimientos políticos o la turbulencia internacional.
- Las *variaciones aleatorias* son “señales” generadas en los datos por casualidad o por situaciones inusuales. No siguen ningún patrón discernible y, por lo tanto, no se pueden predecir.

En la figura 4.1 se ilustra una demanda en un periodo de 4 años. Se muestra el promedio, la tendencia, las componentes estacionales y las variaciones aleatorias alrededor de la curva de la demanda. La demanda promedio es la suma de la demanda medida en cada periodo dividida entre el número de periodos con datos.

Enfoque intuitivo

La forma más sencilla de pronosticar es suponer que la demanda del siguiente periodo será igual a la demanda del periodo más reciente. En otras palabras, si las ventas de un producto (digamos, teléfonos celulares Nokia) fueron de 68 unidades en enero, podemos pronosticar que en febrero las ventas también serán de 68 teléfonos.

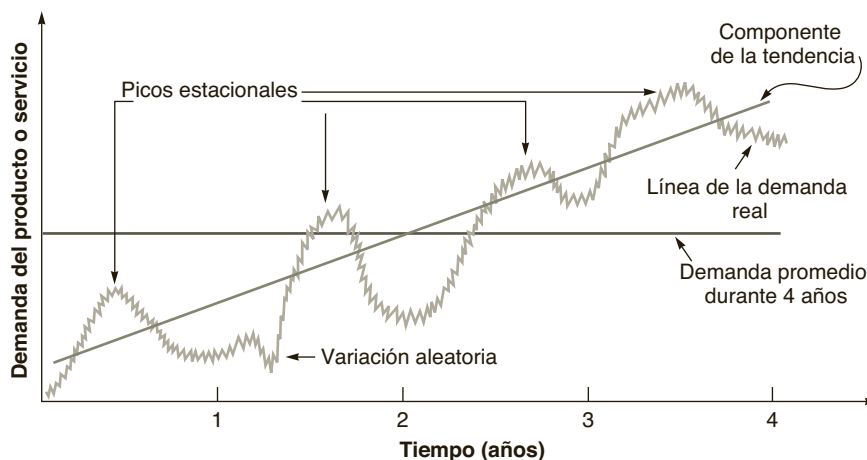


Figura 4.1

Gráfica de la demanda de un producto durante cuatro años, que muestra una tendencia creciente y una estacionalidad

★ TIP PARA EL ESTUDIANTE

Pronosticar es fácil cuando la demanda es estable. Pero cuando se consideran las tendencias, las estacionalidades y los ciclos, el trabajo se vuelve mucho más interesante.

Enfoque intuitivo

Una técnica de pronósticos que supone que en el siguiente periodo la demanda será igual a la del periodo más reciente.

Promedios móviles

Método de pronósticos que utiliza un promedio de los datos de los *n* periodos más recientes para pronosticar el siguiente periodo.

¿Tiene esto algún sentido? Resulta que para algunas líneas de productos, este enfoque intuitivo es el modelo de pronóstico más efectivo en costos y más eficiente con respecto al objetivo. Al menos ofrece un punto de partida contra el cual comparar otros modelos más sofisticados que se utilizan después.

Promedios móviles

El pronóstico de promedios móviles usa un número de valores de datos históricos reales para generar un pronóstico. Los promedios móviles son útiles *si podemos suponer que la demanda del mercado permanecerá relativamente estable en el tiempo*. Un promedio móvil de 4 meses se encuentra tan sólo al sumar la demanda medida durante los últimos 4 meses y dividiéndola entre cuatro. Al concluir cada mes, los datos del mes más reciente se agregan a la suma de los 3 meses previos y se elimina el dato del mes más antiguo. Esta práctica tiende a suavizar las irregularidades del corto plazo en las series de datos.

Matemáticamente, el promedio móvil sencillo (que sirve como estimación de la demanda del siguiente periodo) se expresa como

$$\text{Promedio móvil} = \frac{\sum \text{demanda en los } n \text{ periodos previos}}{n} \tag{4-1}$$

donde *n* es el número de periodos incluidos en el promedio móvil (por ejemplo, 4, 5 o 6 meses, respectivamente, para un promedio móvil de 4, 5 o 6 periodos).

En el ejemplo 1 se muestra cómo calcular los promedios móviles.

Ejemplo 1

DETERMINACIÓN DEL PROMEDIO MÓVIL

La tienda de productos para jardín de Donna quiere hacer un pronóstico con el promedio móvil de 3 meses, incluyendo un pronóstico para las ventas de cobertizos el próximo enero.

MÉTODO ► Las ventas de cobertizos para almacenamiento se muestran en la columna media de la siguiente tabla. A la derecha se presenta un promedio móvil de 3 meses.

MES	VENTAS REALES DE COBERTIZOS	PROMEDIO MÓVIL DE TRES MESES
Enero	10	
Febrero	12	
Marzo	13	
Abril	16	$(10 + 12 + 13)/3 = 11\frac{2}{3}$
Mayo	19	$(12 + 13 + 16)/3 = 13\frac{2}{3}$
Junio	23	$(13 + 16 + 19)/3 = 16$
Julio	26	$(16 + 19 + 23)/3 = 19\frac{1}{3}$
Agosto	30	$(19 + 23 + 26)/3 = 22\frac{2}{3}$
Septiembre	28	$(23 + 26 + 30)/3 = 26\frac{1}{3}$
Octubre	18	$(26 + 30 + 28)/3 = 28$
Noviembre	16	$(30 + 28 + 18)/3 = 25\frac{1}{3}$
Diciembre	14	$(28 + 18 + 16)/3 = 20\frac{2}{3}$

SOLUCIÓN ► El pronóstico para diciembre es de $20\frac{2}{3}$. Para proyectar la demanda de cobertizos en enero próximo, se suman las ventas de octubre, noviembre y diciembre y se dividen entre 3: pronóstico de enero = $(18 + 16 + 14)/3 = 16$.

RAZONAMIENTO ► Ahora la administración tiene un pronóstico que promedia las ventas para los últimos 3 meses. Es fácil de usar y entender.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si las ventas reales en diciembre fueran de 18 (en vez de 14), ¿cuál es el nuevo pronóstico para enero? (Respuesta: $17\frac{1}{3}$).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 4.1a, 4.2b, 4.5a, 4.6, 4.8a, b, 4.10a, 4.13b, 4.15, 4.47

Cuando se presenta una tendencia o un patrón localizable, pueden utilizarse *ponderaciones* para dar más énfasis a los valores recientes. Esta práctica permite que las técnicas de pronóstico respondan más rápido a los cambios, puesto que puede darse mayor peso a los periodos más recientes. La elección de las ponderaciones es un tanto arbitraria porque no existe una fórmula establecida para determinarlas. Por lo tanto, la decisión de qué ponderaciones emplear requiere cierta experiencia. Por ejemplo, si el último mes o periodo se pondera demasiado alto, el pronóstico puede reflejar un cambio grande inusual, demasiado rápido en el patrón de demanda o de ventas.

Un promedio móvil ponderado puede expresarse de manera matemática como:

$$\text{Promedio móvil ponderado} = \frac{\sum [(Ponderación \text{ para el periodo } n)(Demanda \text{ en el periodo } n)]}{\sum \text{Ponderaciones}} \quad (4-2)$$

El ejemplo 2 muestra cómo calcular un promedio móvil ponderado.

Ejemplo 2

DETERMINACIÓN DEL PROMEDIO MÓVIL PONDERADO

La tienda de productos para jardín de Donna (vea el ejemplo 1) quiere pronosticar las ventas de cobertizos ponderando los últimos 3 meses, dando más peso a los datos recientes para hacerlos más significativos.

MÉTODO ► Se asigna más ponderación a los datos recientes, de la siguiente manera:

PONDERACIÓN APLICADA	PERIODO
3	Último mes
2	Hace dos meses
1	Hace tres meses
$\frac{1}{6}$	Suma de ponderaciones

Pronóstico para este mes =

$$\frac{3 \times \text{Ventas del último mes} + 2 \times \text{Ventas de hace 2 meses} + 1 \times \text{Ventas de hace 3 meses}}{\text{Suma de las ponderaciones}}$$

SOLUCIÓN ► Los resultados de este pronóstico de promedio ponderado son los siguientes:

MES	VENTAS REALES DE COBERTIZOS	PROMEDIO MÓVIL PONDERADO DE TRES MESES
Enero	10	
Febrero	12	
Marzo	13	
Abril	16	$[(3 \times 13) + (2 \times 12) + (10)]/6 = 12\frac{1}{6}$
Mayo	19	$[(3 \times 16) + (2 \times 13) + (12)]/6 = 14\frac{1}{3}$
Junio	23	$[(3 \times 19) + (2 \times 16) + (13)]/6 = 17$
Julio	26	$[(3 \times 23) + (2 \times 19) + (16)]/6 = 20\frac{1}{2}$
Agosto	30	$[(3 \times 26) + (2 \times 23) + (19)]/6 = 23\frac{5}{6}$
Septiembre	28	$[(3 \times 30) + (2 \times 26) + (23)]/6 = 27\frac{1}{2}$
Octubre	18	$[(3 \times 28) + (2 \times 30) + (26)]/6 = 28\frac{1}{3}$
Noviembre	16	$[(3 \times 18) + (2 \times 28) + (30)]/6 = 23\frac{1}{3}$
Diciembre	14	$[(3 \times 16) + (2 \times 18) + (28)]/6 = 18\frac{2}{3}$

RAZONAMIENTO ► En esta situación particular de pronóstico, se observa que cuanto más se pondera el último mes, la proyección que se obtiene es mucho más precisa.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si las ponderaciones asignadas fueran 0.50, 0.33 y 0.17 (en lugar de 3, 2 y 1), ¿cuál es el pronóstico para enero con el promedio móvil ponderado?, ¿por qué? (Respuesta: no hay cambio. Éstas son las mismas ponderaciones *relativas*. Observe que ahora \sum ponderaciones = 1, de manera que no hay necesidad de un denominador. Cuando las ponderaciones suman 1, los cálculos tienden a simplificarse).

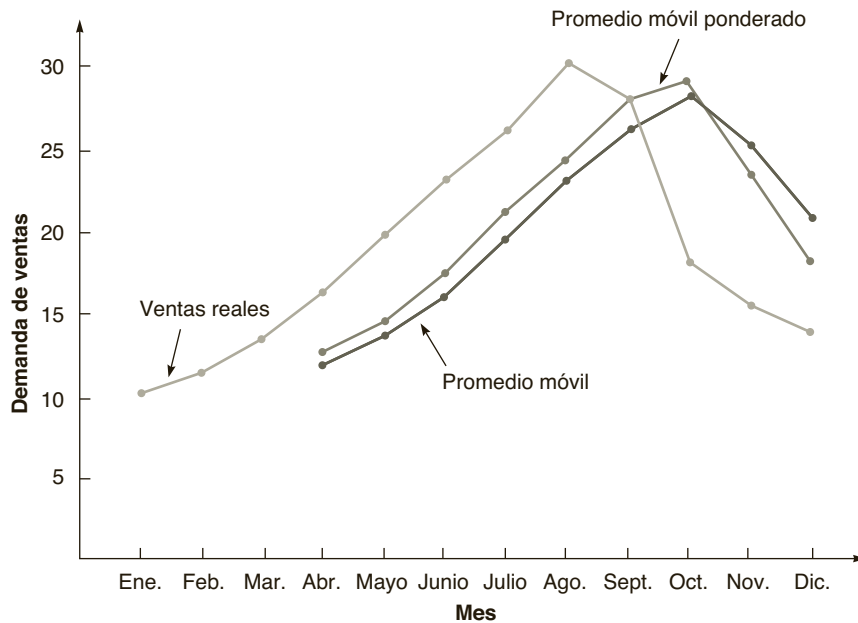
PROBLEMAS RELACIONADOS ► 4.1b, 4.2c, 4.5c, 4.6, 4.7, 4.10b.

Figura 4.2

Demanda real frente a los métodos de promedios móviles y promedios móviles ponderados para la tienda de productos para jardín de Donna

TIP PARA EL ESTUDIANTE ★

Los métodos de promedios móviles siempre se retrasan cuando hay una tendencia presente, como lo muestra la línea más clara (ventas reales) desde enero hasta agosto.



Tanto los promedios móviles simples como los ponderados son efectivos para suavizar las fluctuaciones repentinas en el patrón de la demanda con el fin de obtener estimaciones estables. Sin embargo, los promedios móviles presentan tres problemas:

1. Aumentar el tamaño de n (el número de periodos promediados) suaviza de mejor manera las fluctuaciones, pero resta sensibilidad al método ante cambios reales en los datos.
2. Los promedios móviles no reflejan muy bien las tendencias. Porque son promedios, siempre se quedarán en niveles pasados, no predicen los cambios hacia niveles más altos ni más bajos. Es decir, *retrasan* los valores reales.
3. Los promedios móviles requieren un amplio registro de datos históricos.

En la figura 4.2, una gráfica de los datos de los ejemplos 1 y 2, se ilustra el efecto de retraso de los modelos de promedios móviles. Observe que tanto las líneas de los promedios móviles simples como las de promedios móviles ponderados retrasan la demanda real. Sin embargo, estos últimos por lo regular reaccionan más rápido ante los cambios en la demanda. Incluso en los periodos a la baja (vea noviembre y diciembre), siguen la demanda de manera más cercana.

Suavización exponencial

Suavización exponencial

Una técnica de pronóstico por promedios móviles ponderados donde los datos se ponderan mediante una función exponencial.

La suavización exponencial es otro método de pronóstico de promedios móviles ponderados que sigue siendo bastante fácil de usar. Requiere mantener *muy pocos* registros de datos históricos. La fórmula básica para la suavización exponencial se expresa como sigue:

$$\text{Nuevo pronóstico} = \text{Pronóstico del periodo anterior} + \alpha (\text{Demanda real del mes anterior} - \text{Pronóstico del periodo anterior}) \quad (4.3)$$

donde α es una ponderación, o constante de suavización, elegida por quien pronostica, que tiene un valor entre 0 y 1. La ecuación (4-3) también puede escribirse de manera matemática como:

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

- donde
- F_t = nuevo pronóstico
 - F_{t-1} = pronóstico del periodo anterior
 - α = constante de suavización (o ponderación) ($0 \leq \alpha \leq 1$)
 - A_{t-1} = demanda real en el periodo anterior

El concepto no es complicado. La última estimación de la demanda es igual a la estimación anterior ajustada por una fracción de la diferencia entre la demanda real del último periodo y la estimación anterior. En el ejemplo 3 se muestra cómo usar la suavización exponencial para obtener un pronóstico.

Ejemplo 3

DETERMINACIÓN DE UN PRONÓSTICO MEDIANTE LA SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL

En enero, un vendedor de automóviles predijo que la demanda para febrero sería de 142 Ford Mustang. La demanda real en febrero fue de 153 automóviles. Usando una constante de suavización que eligió la administración de $\alpha = 0.20$, el vendedor quiere pronosticar la demanda para marzo usando el modelo de suavización exponencial.

MÉTODO ► Se puede aplicar el modelo de suavización exponencial de las ecuaciones (4-3) y (4-4).

SOLUCIÓN ► Al sustituir en la fórmula los datos de la muestra, se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{Nuevo pronóstico (para la demanda de marzo)} &= 142 + 0.2(153 - 142) = 142 + 2.2 \\ &= 144.2 \end{aligned}$$

Así, el pronóstico de la demanda de marzo para los Ford Mustang se redondea a 144.

RAZONAMIENTO ► Usando sólo dos elementos de datos, el pronóstico y la demanda real, más una constante de suavización, desarrollamos un pronóstico de 144 Ford Mustangs para marzo.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si la constante de suavización se cambia a 0.30, ¿cuál es el nuevo pronóstico? (Respuesta: 145.3).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 4.1c, 4.3, 4.4, 4.5d, 4.6, 4.9d, 4.11, 4.12, 4.13a, 4.17, 4.18, 4.37, 4.43, 4.47, 4.49.

La *constante de suavización*, α , se encuentra por lo regular en un rango de 0.05 a 0.50 para aplicaciones de negocios. Puede cambiarse para dar más peso a datos recientes (cuando α es alta) o más peso a datos anteriores (si α es baja). Cuando α llega al extremo de 1.0, entonces en la ecuación (4-4), $F_t = 1.0A_{t-1}$. Todos los valores anteriores se desechan y el pronóstico se vuelve idéntico al modelo intuitivo, el cual se mencionó con anterioridad en este capítulo. Es decir, el pronóstico para el siguiente periodo es considerar exactamente la misma demanda del periodo actual.

La tabla siguiente ayuda a ilustrar este concepto. Por ejemplo, cuando $\alpha = 0.5$, podemos ver que el nuevo pronóstico se basa casi por completo en la demanda de los últimos tres o cuatro periodos. Cuando $\alpha = 0.1$, el pronóstico pone poco peso en la demanda reciente y toma en cuenta los valores históricos de muchos periodos (casi 19).

PONDERACIÓN ASIGNADA A					
CONSTANTE DE SUAVIZACIÓN	PERIODO MÁS RECIENTE (α)	2DO. PERIODO MÁS RECIENTE $\alpha(1 - \alpha)$	3ER. PERIODO MÁS RECIENTE $\alpha(1 - \alpha)^2$	4TO. PERIODO MÁS RECIENTE $\alpha(1 - \alpha)^3$	5TO. PERIODO MÁS RECIENTE $\alpha(1 - \alpha)^4$
$\alpha = 0.1$	0.1	0.09	0.081	0.073	0.066
$\alpha = 0.5$	0.5	0.25	0.125	0.063	0.031

Selección de la constante de suavización El enfoque de suavización exponencial es fácil de usar y se ha aplicado con éxito en casi todo tipo de negocios. Sin embargo, el valor apropiado de la constante de suavización, α , puede hacer la diferencia entre un pronóstico preciso y uno impreciso. Se eligen valores altos de α cuando el promedio subyacente tiene probabilidades de cambiar. Se emplean valores bajos de α cuando el promedio en que se basa es bastante estable. Al elegir los valores de la constante de suavización, el objetivo es obtener el pronóstico más preciso.

Medición del error de pronóstico

La exactitud general de cualquier modelo de pronóstico (promedios móviles, suavización exponencial u otro) puede determinarse al comparar los valores pronosticados con los valores reales u observados. Si F_t indica el pronóstico en el periodo t , y A_t indica la demanda real del periodo t , el *error de pronóstico* (o desviación) se define como:

$$\begin{aligned} \text{Error de pronóstico} &= \text{Demanda real} - \text{Valor pronosticado} \\ &= A_t - F_t \end{aligned}$$

En la práctica se usan varias medidas para calcular el error global de pronóstico. Estas medidas pueden usarse para comparar distintos modelos de pronóstico, así como para vigilar los pronósticos y

★ TIP PARA EL ESTUDIANTE

Los pronósticos tienden a ser más precisos cuando son más cortos. Por lo tanto, el error de pronóstico también tiende a reducirse con pronósticos más cortos.

OA4 Calcular tres medidas de la exactitud del pronóstico

asegurar su buen desempeño. Las tres medidas más populares son la desviación absoluta media (MAD, por sus siglas en inglés), el error cuadrático medio (MSE, por sus siglas en inglés), y el error porcentual absoluto medio (MAPE, por sus siglas en inglés). A continuación se describen estas medidas y se da un ejemplo de cada una.

Desviación absoluta media (MAD)

Una medida del error global de pronóstico para un modelo.

Desviación absoluta media La primera medición del error global de pronóstico para un modelo es la desviación absoluta media (MAD). Su valor se calcula sumando los valores absolutos de los errores individuales del pronóstico y dividiendo el resultado entre el número de periodos con datos (n):

$$MAD = \frac{\sum |\text{Real} - \text{Pronóstico}|}{n} \quad (4-5)$$

En el ejemplo 4 se aplica la MAD, como una medida global del error de pronóstico, al probar dos valores de α .

Ejemplo 4

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN ABSOLUTA MEDIA (MAD)

Durante los últimos 8 trimestres, en el puerto de Baltimore se han descargado de los barcos grandes cantidades de grano. El administrador de operaciones del puerto quiere probar el uso de la suavización exponencial para ver qué tan bien funciona la técnica para predecir el tonelaje descargado. Supone que el pronóstico de grano descargado durante el primer trimestre fue de 175 toneladas. Se examinan dos valores de α : $\alpha = 0.10$ y $\alpha = 0.50$.

MÉTODO ► Compare los datos reales con los pronosticados (usando cada uno de los dos valores de α) y después encuentre la desviación absoluta y las MAD.

SOLUCIÓN ► La tabla siguiente muestra los cálculos detallados sólo para $\alpha = 0.10$:

TRIMESTRE	TONELAJE REAL DESCARGADO	PRONÓSTICO CON $\alpha = 0.10$	PRONÓSTICO CON $\alpha = 0.50$
1	180	175	175
2	168	175.50 = 175.00 + 0.10(180 - 175)	177.50
3	159	174.75 = 175.50 + 0.10(168 - 175.50)	172.75
4	175	173.18 = 174.75 + 0.10(159 - 174.75)	165.88
5	190	173.36 = 173.18 + 0.10(175 - 173.18)	170.44
6	205	175.02 = 173.36 + 0.10(190 - 173.36)	180.22
7	180	178.02 = 175.02 + 0.10(205 - 175.02)	192.61
8	182	178.22 = 178.02 + 0.10(180 - 178.02)	186.30
9	?	178.59 = 178.22 + 0.10(182 - 178.22)	184.15

Para evaluar la exactitud de cada constante de suavización, podemos calcular los errores de pronóstico en términos de desviaciones absolutas y MAD.

TRIMESTRE	TONELAJE REAL DESCARGADO	PRONÓSTICO CON $\alpha = 0.10$	DESVIACIÓN ABSOLUTA PARA $\alpha = 0.10$	PRONÓSTICO CON $\alpha = 0.50$	DESVIACIÓN ABSOLUTA PARA $\alpha = 0.50$
1	180	175	5.00	175	5.00
2	168	175.50	7.50	177.50	9.50
3	159	174.75	15.75	172.75	13.75
4	175	173.18	1.82	165.88	9.12
5	190	173.36	16.64	170.44	19.56
6	205	175.02	29.98	180.22	24.78
7	180	178.02	1.98	192.61	12.61
8	182	178.22	3.78	186.30	4.30
Suma de las desviaciones absolutas:			82.45		98.62
MAD = $\frac{\sum \text{Desviaciones} }{n}$			10.31		12.33

RAZONAMIENTO ► Con base en esta comparación de las dos MAD, se prefiere una constante de suavización de $\alpha = 0.10$ en lugar de una de $\alpha = 0.50$ porque su MAD es más pequeña.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si la constante de suavización se cambia de $\alpha = 0.10$ a $\alpha = 0.20$, ¿cuál es la nueva MAD? (Respuesta: 10.21).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 4.5b, 4.8c, 4.9c, 4.14, 4.23, 4.37a.

La mayor parte del software para pronósticos computarizados incluye una característica que encuentra de manera automática la constante de suavización con el menor error de pronóstico. Otros programas modifican el valor de α cuando los errores aumentan por encima del límite aceptable.

Error cuadrático medio El error cuadrático medio (MSE) es una segunda forma de medir el error global de pronóstico. El MSE es el promedio de los cuadrados de las diferencias encontradas entre los valores pronosticados y los observados. Su fórmula es:

Error cuadrático medio (MSE)
El promedio de los cuadrados de las diferencias encontradas entre los valores pronosticados y los observados.

$$MSE = \frac{\sum (\text{Errores de pronóstico})^2}{n} \quad (4-6)$$

En el ejemplo 5 se determina el MSE para el puerto de Baltimore presentado en el ejemplo 4.

Ejemplo 5

DETERMINACIÓN DEL ERROR CUADRÁTICO MEDIO (MSE)

El administrador de operaciones del puerto de Baltimore quiere calcular ahora el MSE para $\alpha = 0.10$.

MÉTODO ► Se usan los mismos datos pronosticados para $\alpha = 0.10$ en el ejemplo 4, después se calcula el MSE usando la ecuación (4-6).

SOLUCIÓN ►

TRIMESTRE	TONELAJE REAL DESCARGADO	PRONÓSTICO PARA $\alpha = 0.10$	(ERROR) ²
1	180	175	$5^2 = 25$
2	168	175.50	$(-7.5)^2 = 56.25$
3	159	174.75	$(-15.75)^2 = 248.06$
4	175	173.18	$(1.82)^2 = 3.31$
5	190	173.36	$(16.64)^2 = 276.89$
6	205	175.02	$(29.98)^2 = 898.80$
7	180	178.02	$(1.98)^2 = 3.92$
8	182	178.22	$(3.78)^2 = 14.29$
			Suma de errores al cuadrado = 1526.46

$$MSE = \frac{\sum (\text{Errores de pronóstico})^2}{n} = 1526.52/8 = 190.8$$

RAZONAMIENTO ► ¿Este MSE = 190.8 es bueno o malo? Todo depende de los MSE calculados para otros métodos de pronóstico. Un MSE más bajo es mejor porque es un valor que queremos disminuir al mínimo. El MSE exagera los errores porque los eleva al cuadrado.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Encuentre el MSE para $\alpha = 0.50$. (Respuesta: MSE = 195.24. El resultado indica que $\alpha = 0.10$ es una mejor elección porque se busca el MSE más bajo. Por coincidencia, esto confirma la conclusión a la que se llegó empleando la MAD en el ejemplo 4).

PROBLEMAS RELACIONADOS: 4.8d, 4.11c, 4.14, 4.15c, 4.16c, 4.20.

Una desventaja de emplear el MSE es que tiende a acentuar las desviaciones importantes debido al término al cuadrado. Por ejemplo, si el error de pronóstico para el periodo 1 es dos veces más grande que el error para el periodo 2, entonces el error al cuadrado en el periodo 1 es cuatro veces más grande que el del periodo 2. Por lo tanto, el uso del MSE como medición del error de pronóstico indica que se prefiere tener varias desviaciones pequeñas en lugar de una sola desviación grande.

Error porcentual absoluto medio Un problema tanto con la MAD como con el MSE es que sus valores dependen de la magnitud del elemento que se pronostica. Si el elemento pronosticado se mide en millares, los valores de la MAD y del MSE pueden ser muy grandes. Para evitar este problema, podemos usar el error porcentual absoluto medio (MAPE). Éste se calcula como el promedio de las diferencias absolutas encontradas entre los valores pronosticados y los reales, y se expresa como un porcentaje de los valores reales. Es decir, si hemos pronosticado n periodos y los valores reales corresponden a esa misma cantidad de periodos, el MAPE se calcula como:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n 100 | \text{Real}_i - \text{Pronóstico}_i | / \text{Real}_i}{n} \quad (4-7)$$

El ejemplo 6 ilustra los cálculos con los datos de los ejemplos 4 y 5.

Error porcentual absoluto medio (MAPE)

El promedio de las diferencias absolutas encontradas entre los valores pronosticados y los reales, expresado como un porcentaje de los valores reales.

Ejemplo 6

DETERMINACIÓN DEL ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO MEDIO (MAPE)

El puerto de Baltimore ahora quiere calcular el MAPE cuando $\alpha = 0.10$.

MÉTODO ► Se aplica la ecuación (4-7) a los datos pronosticados que se calcularon en el ejemplo 4.

SOLUCIÓN ►

TRIMESTRE	TONELAJE REAL DESCARGADO	PRONÓSTICO PARA $\alpha = 0.10$	ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO $100(\text{ERROR} /\text{REAL})$
1	180	175.00	$100(5/180) = 2.78\%$
2	168	175.50	$100(7.5/168) = 4.46\%$
3	159	174.75	$100(15.75/159) = 9.90\%$
4	175	173.18	$100(1.82/175) = 1.05\%$
5	190	173.36	$100(16.64/190) = 8.76\%$
6	205	175.02	$100(29.98/205) = 14.62\%$
7	180	178.02	$100(1.98/180) = 1.10\%$
8	182	178.22	$100(3.78/182) = 2.08\%$
			Suma de errores porcentuales = 44.75%

$$MAPE = \frac{\sum \text{Errores porcentuales absolutos}}{n} = \frac{44.75\%}{8} = 5.59\%$$

RAZONAMIENTO ► El MAPE expresa el error como un porcentaje de los errores reales, sin que esté distorsionado por un solo valor muy grande.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► ¿Cuál es el MAPE cuando α es igual a 0.50? (Respuesta: MAPE = 6.75%. De igual forma que con la MAD y el MSE, el $\alpha = 0.1$ es preferible para esta serie de datos).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 4.8e, 4.33c.

El MAPE es quizá la medida más fácil de interpretar. Por ejemplo, un resultado de un MAPE del 6% es un enunciado claro que no depende de aspectos como la magnitud de los datos de entrada.

Suavización exponencial con ajuste de tendencia

La suavización exponencial simple, la técnica ilustrada en los ejemplos 3 a 6, como cualquier técnica de promedios móviles, falla en su respuesta a las tendencias. También existen otras técnicas de pronóstico que permiten manejar mejor las tendencias. Sin embargo, como la suavización exponencial es un enfoque tan común en los negocios, se estudiará con mayor detalle.

A continuación se presenta la razón por la que la suavización exponencial debe modificarse cuando está presente una tendencia. Suponga que la demanda de un producto o servicio ha venido aumentando en 100 unidades cada mes y que se han obtenido pronósticos con $\alpha = 0.4$ en el modelo de suavización exponencial. La tabla siguiente muestra un retraso considerable en los meses 2, 3, 4 y 5, aun cuando nuestra estimación inicial para el mes 1 es perfecta.

MES	DEMANDA REAL	PRONÓSTICO (F_t) PARA LOS MESES 1-5
1	100	$F_1 = 100$ (dada)
2	200	$F_2 = F_1 + \alpha(A_1 - F_1) = 100 + 0.4(100 - 100) = 100$
3	300	$F_3 = F_2 + \alpha(A_2 - F_2) = 100 + 0.4(200 - 100) = 140$
4	400	$F_4 = F_3 + \alpha(A_3 - F_3) = 140 + 0.4(300 - 140) = 204$
5	500	$F_5 = F_4 + \alpha(A_4 - F_4) = 204 + 0.4(400 - 204) = 282$

Para mejorar el pronóstico, se ilustrará un modelo de suavización exponencial más complejo, uno que hace ajustes de tendencia. La idea es calcular un promedio suavizado de manera exponencial de los datos y después ajustar el retraso positivo o negativo encontrado en la tendencia. La nueva fórmula es:

$$\text{Pronóstico incluyendo la tendencia } (FIT_t) = \text{Pronóstico suavizado exponencialmente } (F_t) + \text{Tendencia suavizada exponencialmente } (T_t) \quad (4-8)$$

Con la suavización exponencial ajustada por la tendencia, las estimaciones del promedio y de la tendencia se suavizan. Este procedimiento requiere dos constantes de suavización: α para el promedio y β para la tendencia. Después calculamos el promedio y la tendencia para cada periodo:

$$F_t = \alpha(\text{Demanda real del último periodo}) + (1 - \alpha)(\text{Pronóstico del último periodo} + \text{Tendencia estimada para el último periodo})$$

o bien:

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

$$T_t = \beta(\text{Pronóstico de este periodo} - \text{Pronóstico del último periodo}) + (1 - \beta)(\text{Tendencia estimada para el último periodo})$$

o bien:

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (4-10)$$

donde F_t = pronóstico suavizado exponencialmente de la serie de datos incluidos en el periodo t
 T_t = tendencia suavizada exponencialmente en el periodo t
 A_t = demanda real en el periodo t
 α = constante de suavización para el promedio ($0 \leq \alpha \leq 1$)
 β = constante de suavización para la tendencia ($0 \leq \beta \leq 1$)

Así, los tres pasos para calcular el pronóstico con ajuste de tendencia son:

- PASO 1:** Calcule F_t , el pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t , usando la ecuación (4-9).
- PASO 2:** Calcule la tendencia suavizada, T_t , usando la ecuación (4-10).
- PASO 3:** Calcule el pronóstico incluyendo la tendencia, FIT_t , mediante la fórmula $FIT_t = F_t + T_t$ [a partir de la ecuación (4-8)].

En el ejemplo 7 se muestra cómo aplicar la suavización exponencial con ajuste de la tendencia.

Ejemplo 7

CÁLCULO DE UN PRONÓSTICO DE SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON AJUSTE DE LA TENDENCIA

Un gran fabricante de Portland quiere pronosticar la demanda de un equipo para el control de la contaminación. Una revisión de las ventas históricas, como se muestra a continuación, indica que existe una tendencia creciente.

MES (t)	DEMANDA REAL (A_t)	MES (t)	DEMANDA REAL (A_t)
1	12	6	21
2	17	7	31
3	20	8	28
4	19	9	36
5	24	10	?

A las constantes de suavización se les asignan los valores $\alpha = 0.2$ y $\beta = 0.4$. La compañía supone que el pronóstico inicial para el mes 1 (F_1) fue de 11 unidades y que la tendencia durante el mismo periodo (T_1) fue de 2 unidades.

MÉTODO ► Se emplea un modelo de suavización exponencial con ajuste de la tendencia aplicando las ecuaciones (4-8), (4-9) y (4-10) y los tres pasos descritos anteriormente.

SOLUCIÓN ►

Paso 1: Pronostique el promedio para el mes 2:

$$F_2 = \alpha A_1 + (1 - \alpha)(F_1 + T_1)$$

$$F_2 = (0.2)(12) + (1 - 0.2)(11 + 2)$$

$$= 2.4 + (0.8)(13) = 2.4 + 10.4 = 12.8 \text{ unidades}$$

Paso 2: Calcule la tendencia en el periodo 2:

$$T_2 = \beta(F_2 - F_1) + (1 - \beta)T_1$$

$$= 0.4(12.8 - 11) + (1 - 0.4)(2)$$

$$= (0.4)(1.8) + (0.6)(2) = 0.72 + 1.2 = 1.92$$

Paso 3: Calcule el pronóstico incluyendo la tendencia (FIT_t):

$$FIT_2 = F_2 + T_2$$

$$= 12.8 + 1.92$$

$$= 14.72 \text{ unidades}$$

También realizamos los mismos cálculos para el tercer mes:

Paso 1: $F_3 = \alpha A_2 + (1 - \alpha)(F_2 + T_2) = (0.2)(17) + (1 - 0.2)(12.8 + 1.92)$
 $= 3.4 + (0.8)(14.72) = 3.4 + 11.78 = 15.18$

Paso 2: $T_3 = \beta(F_3 - F_2) + (1 - \beta)T_2 = (0.4)(15.18 - 12.8) + (1 - 0.4)(1.92)$
 $= (0.4)(2.38) + (0.6)(1.92) = 0.952 + 1.152 = 2.10$

Paso 3: $FIT_3 = F_3 + T_3$
 $= 15.18 + 2.10 = 17.28.$

En la tabla 4.1 se completa el pronóstico para el periodo de 10 meses.

TABLA 4.1 Pronóstico con $\alpha = 0.2$ y $\beta = 0.4$

MES	DEMANDA REAL	PRONÓSTICO SUAVIZADO, F_t	TENDENCIA SUAVIZADA, T_t	PRONÓSTICO INCLUYENDO LA TENDENCIA, FIT_t
1	12	11	2	13.00
2	17	12.80	1.92	14.72
3	20	15.18	2.10	17.28
4	19	17.82	2.32	20.14
5	24	19.91	2.23	22.14
6	21	22.51	2.38	24.89
7	31	24.11	2.07	26.18
8	28	27.14	2.45	29.59
9	36	29.28	2.32	31.60
10	—	32.48	2.68	35.16

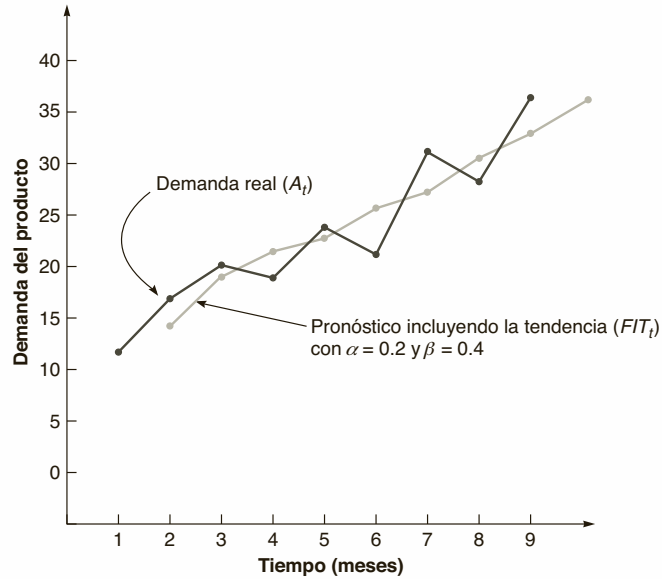
RAZONAMIENTO ► En la figura 4.3 se compara la demanda real (A_t) contra un pronóstico de suavización exponencial que incluye la tendencia (FIT_t). El FIT incorpora la tendencia en la demanda real. Un modelo de suavización exponencial simple (tal como lo vimos en los ejemplos 3 y 4) tiene un retraso importante.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Usando los datos de la demanda real para los 9 meses, calcule el pronóstico de suavización exponencial *sin* la tendencia [empleando la ecuación (4-4) como lo hicimos en los ejemplos 3 y 4]. Aplique $\alpha = 0.2$ y suponga un pronóstico inicial para el mes 1 de 11 unidades. Luego grafique los valores pronosticados para los meses 2 a 10 en la figura 4.3. ¿Qué se puede observar? (Respuesta: pronóstico del mes 10 = 24.65. Todos los puntos están por debajo y atrasados con respecto al pronóstico con ajuste de la tendencia).

PROBLEMAS RELACIONADOS: 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.44.

Figura 4.3

Comparación de los pronósticos de suavización exponencial con ajuste de la tendencia contra los datos de la demanda real



El valor de la constante de suavización de la tendencia, β , se parece a la constante α porque una β alta responde más rápido a los cambios recientes de una tendencia. Una β baja da menos peso a las tendencias más recientes y tiende a suavizar la tendencia actual. Los valores de β pueden encontrarse por prueba y error o utilizando algún software comercial sofisticado para calcular pronósticos, con la MAD como medida de comparación.

A menudo, la suavización exponencial simple se denomina *suavización de primer orden*, y a la suavización con ajuste de la tendencia se le llama *suavización de segundo orden* o *suavización doble*. También se utilizan otros modelos de suavización exponencial, como la suavización ajustada a la estación y la suavización triple.

Proyecciones de tendencia

El último método de pronósticos de series de tiempo que se analizará es la *proyección de la tendencia*. Esta técnica ajusta una recta de tendencia a una serie de datos puntuales históricos, y después proyecta dicha recta al futuro para obtener los pronósticos de mediano y largo plazos. Se pueden desarrollar varias ecuaciones matemáticas (por ejemplo, exponencial y cuadrática), pero en esta sección se verá sólo las tendencias *lineales* (en línea recta).

Si decidimos desarrollar una recta de tendencia lineal mediante un método estadístico preciso, podemos aplicar el *método de mínimos cuadrados*. Este enfoque resulta en una línea recta que disminuye al mínimo la suma de los cuadrados de las diferencias verticales o desviaciones de la recta hacia cada una de las observaciones reales. En la figura 4.4 se ilustra el método de mínimos cuadrados.

Una recta de mínimos cuadrados se describe en términos de su intersección con el eje y (la altura a la cual cruza al eje y) y su cambio esperado (pendiente). Si se calcula la intersección con el eje y y la pendiente, se puede expresar la recta con la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = a + bx \tag{4.11}$$

donde \hat{y} (llamada “y gorro”) = valor calculado de la variable que debe predecirse (llamada *variable dependiente*)

a = intersección con el eje y

b = pendiente de la recta de regresión (o la tasa de cambio en y para los cambios dados en x)

x = variable independiente (que en este caso es el *tiempo*).

Los estadísticos han desarrollado ecuaciones que se utilizan para encontrar los valores de a y b para cualquier recta de regresión. La pendiente b se encuentra mediante:

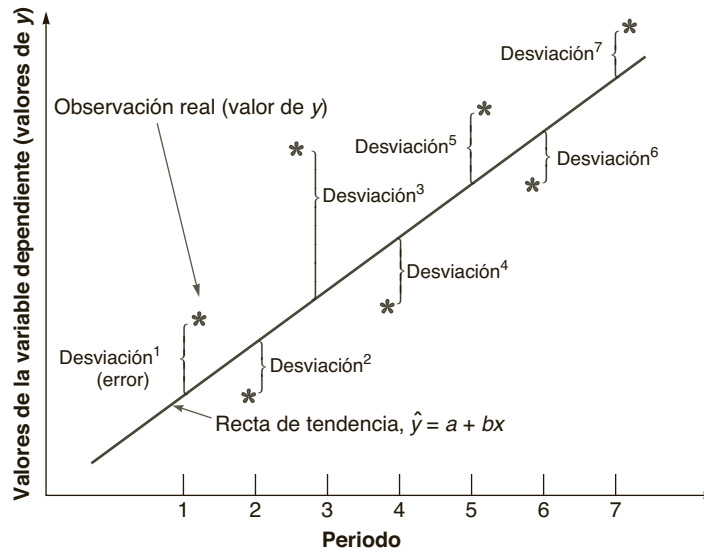
$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \tag{4-12}$$

Proyección de la tendencia

Un método de pronóstico de series de tiempo que ajusta una recta de tendencia a una serie de datos históricos, y después proyecta la recta al futuro para obtener pronósticos.

Figura 4.4

Método de mínimos cuadrados para encontrar la recta que mejor se ajuste, donde los asteriscos son las ubicaciones de las siete observaciones reales o puntos de datos



- donde b = pendiente de la recta de regresión
- Σ = signo de sumatoria
- x = valores conocidos de la variable independiente
- y = valores conocidos de la variable dependiente
- \bar{x} = promedio de los valores de x
- \bar{y} = promedio de los valores de y
- n = número de puntos de datos u observaciones.

La intersección con el eje y , a , puede calcularse como sigue:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \tag{4-13}$$

En el ejemplo 8 se muestra cómo aplicar estos conceptos.

Ejemplo 8

PRONÓSTICOS CON MÍNIMOS CUADRADOS

En la tabla siguiente se muestra la demanda de energía eléctrica en N. Y. Edison durante los últimos 7 años, en megawatts. La empresa quiere pronosticar la demanda para el año siguiente ajustando una recta de tendencia a estos datos.

AÑO	DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	AÑO	DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA
1	74	5	105
2	79	6	142
3	80	7	122
4	90		

MÉTODO ► Pueden usarse las ecuaciones (4-12) y (4-13) para crear el modelo de proyección de la tendencia.

SOLUCIÓN ►

AÑO (x)	DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA (y)	x^2	xy
1	74	1	74
2	79	4	158
3	80	9	240
4	90	16	360
5	105	25	525
6	142	36	852
7	122	49	854
$\Sigma x = 28$	$\Sigma y = 692$	$\Sigma x^2 = 140$	$\Sigma xy = 3063$

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{28}{7} = 4 \quad \bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{692}{7} = 98.86$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{3063 - (7)(4)(98.86)}{140 - (7)(4^2)} = \frac{295}{28} = 10.54$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 98.86 - 10.54(4) = 56.70$$

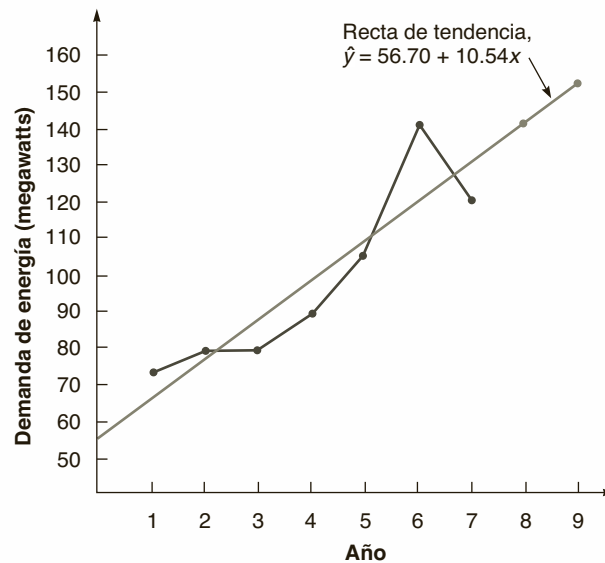
Así, la ecuación de mínimos cuadrados para la tendencia es $\hat{y} = 56.70 + 10.54x$. Para proyectar la demanda del próximo año, $x = 8$:

$$\begin{aligned} \text{Demanda en el año 8} &= 56.70 + 10.54(8) \\ &= 141.02 \text{ o } 141 \text{ megawatts} \end{aligned}$$

RAZONAMIENTO ► Para evaluar el modelo, se grafica la demanda histórica y la recta de tendencia en la figura 4.5. En este caso, debemos tener cuidado y tratar de comprender el cambio en la demanda del año 6 al año 7.

Figura 4.5

Energía eléctrica y la recta de tendencia calculada



EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Estime la demanda para el año 9. (Respuesta: 151.56 o 152 megawatts).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 4.6, 4.13c, 4.16, 4.25, 4.39, 4.49.

Notas sobre el uso del método de mínimos cuadrados El empleo del método de mínimos cuadrados implica que se han cumplido tres requisitos:

1. Siempre deben graficarse los datos porque los datos de mínimos cuadrados suponen una relación lineal. Si parece haber una curva presente, probablemente sea necesario el análisis curvilíneo.
2. No se predicen periodos lejanos a la base de datos dada. Por ejemplo, si tenemos los precios promedio de las existencias de Microsoft durante 20 meses, sólo podemos pronosticar 3 o 4 meses hacia el futuro. Los pronósticos de más tiempo tienen poca validez estadística. Por lo tanto, no pueden tomarse datos de 5 años de ventas y proyectar 10 años hacia el futuro. El mundo es demasiado incierto.
3. Se supone que las desviaciones calculadas alrededor de la recta de mínimos cuadrados son aleatorias (vea la figura 4.4). Por lo general, están distribuidas normalmente, con la mayoría de las observaciones cercanas a la recta y sólo unas cuantas alejadas de ésta.

Variaciones estacionales en los datos

Las variaciones estacionales en los datos son movimientos regulares ascendentes o descendentes localizados en una serie de tiempo y que se relacionan con acontecimientos recurrentes como el clima o las vacaciones. La demanda de carbón o petróleo aumenta durante los meses de invierno. La demanda de clubes de golf o bronceadores puede ser mayor durante el verano.

Variaciones estacionales

Movimientos regulares ascendentes o descendentes en una serie de tiempo que están asociados con eventos recurrentes.

© Mike Kipling Photography/Alamy



© Buzz Pictures/Alamy



La demanda de muchos productos es estacional. Yamaha, el fabricante de este jet esquí y esta moto para nieve, fabrica más productos según la demanda complementaria para satisfacer las fluctuaciones estacionales.

La estacionalidad puede aplicarse por horas, diaria, semanal, mensual o en otros patrones recurrentes. Los restaurantes de comida rápida registran *diariamente* repuntes al medio día y nuevamente después de las 5 p.m. Los cines aumentan su demanda los viernes y sábados por la noche. La oficina de correos, Toys “Я” Us, The Christmas Store y las tiendas de tarjetas Hallmark también registran variaciones estacionales tanto en el tráfico de clientes como en las ventas.

De manera similar, comprender las variaciones estacionales es importante para planear la capacidad en las organizaciones que manejan picos en la carga de trabajo. Esto incluye a las compañías de energía eléctrica durante los periodos de frío o calor intensos, a los bancos los viernes por la tarde, y a trenes subterráneos y autobuses durante las horas pico matutinas o vespertinas.

TIP PARA EL ESTUDIANTE ☆

John Deere entiende las variaciones estacionales: ha sido capaz de obtener el 70% de sus pedidos antes de las temporadas de mayor uso, con lo que ha podido suavizar su producción.

El pronóstico de series de tiempo como el efectuado en el ejemplo 8 implica la revisión de la tendencia de los datos a lo largo de una serie de tiempo. La presencia de estacionalidad hace necesario ajustar los pronósticos con una recta de tendencia. Las estaciones se expresan en términos de la cantidad en la que difieren los valores reales de los valores promedio en la serie de tiempo. Analizar los datos en términos de meses o trimestres suele facilitar la detección de los patrones estacionales. Los índices estacionales pueden desarrollarse mediante varios métodos comunes.

En lo que se denomina *modelo estacional multiplicativo*, los factores estacionales se multiplican por una estimación de la demanda promedio para producir un pronóstico estacional. Nuestro supuesto en esta sección es que la tendencia se ha eliminado de los datos. De otra forma, la magnitud de los datos estacionales estaría distorsionada por la tendencia.

A continuación se presentan los pasos que seguiría una compañía que tiene “estacionalidad” de un mes:

1. Encontrar la *demanda histórica promedio de cada estación* (o mes en este caso) sumando la demanda medida en ese mes de cada año y dividiéndola entre el número de años con datos disponibles. Por ejemplo, si en enero hubo ventas de 8, 6 y 10 durante los últimos tres años, la demanda promedio de enero es igual a $(8 + 6 + 10)/3 = 8$ unidades.
2. Calcular la *demanda promedio de todos los meses* dividiendo el promedio total de la demanda anual entre el número de estaciones. Por ejemplo, si el promedio total de la demanda de un año es de 120 unidades y hay 12 estaciones (una por mes), la demanda mensual promedio es de $120/12 = 10$ unidades.
3. Calcular un *índice estacional* para cada estación dividiendo la demanda histórica real *de ese mes* (del paso 1) entre la demanda promedio de todos los meses (del paso 2). Por ejemplo, si la demanda promedio histórica en enero durante los últimos 3 años es de 8 unidades y la demanda promedio de todos los meses es de 10 unidades, el índice estacional para enero es de $8/10 = 0.80$. De igual forma, un índice estacional de 1.20 para febrero significaría que la demanda de febrero es 20% mayor que la demanda promedio de todos los meses.
4. Estimar la demanda total anual para el siguiente año.
5. Dividir esta estimación de la demanda total anual entre el número de estaciones, después multiplicarla por el índice estacional para ese mes. Esto proporciona el *pronóstico estacional*.

El ejemplo 9 ilustra este procedimiento y calcula los factores estacionales a partir de los datos históricos.

OA5 Desarrollar índices estacionales

Ejemplo 9

DETERMINACIÓN DE ÍNDICES ESTACIONALES

Un distribuidor Des Moines de computadoras portátiles Sony quiere desarrollar índices mensuales para las ventas. Se dispone de los datos mensuales de los tres últimos años.

MÉTODO ► Siga los cinco pasos mencionados con anterioridad.

SOLUCIÓN ►

DEMANDA				DEMANDA PROMEDIO ANUAL	DEMANDA PROMEDIO MENSUAL ^a	ÍNDICE ESTACIONAL ^b
MES	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3			
Ene.	80	85	105	90	94	0.957 (= 90/94)
Feb.	70	85	85	80	94	0.851 (= 80/94)
Mar.	80	93	82	85	94	0.904 (= 85/94)
Abr.	90	95	115	100	94	1.064 (= 100/94)
May	113	125	131	123	94	1.309 (= 123/94)
Junio	110	115	120	115	94	1.223 (= 115/94)
Julio	100	102	113	105	94	1.117 (= 105/94)
Ago.	88	102	110	100	94	1.064 (= 100/94)
Sept.	85	90	95	90	94	0.957 (= 90/94)
Oct.	77	78	85	80	94	0.851 (= 80/94)
Nov.	75	82	83	80	94	0.851 (= 80/94)
Dic.	82	78	80	80	94	0.851 (= 80/94)

Demanda anual promedio total = 1128

^aDemanda promedio mensual = $\frac{1128}{12 \text{ meses}} = 94$. ^bÍndice estacional = $\frac{\text{Demanda mensual promedio en los últimos 3 años}}{\text{Demanda mensual promedio}}$.

Si se espera que la demanda de computadoras para el próximo año sea de 1200 unidades, se usarían estos índices estacionales para pronosticar la demanda mensual como sigue:

MES	DEMANDA	MES	DEMANDA
Enero	$\frac{1200}{12} \times 0.957 = 96$	Julio	$\frac{1200}{12} \times 1.117 = 112$
Febrero	$\frac{1200}{12} \times 0.851 = 85$	Agosto	$\frac{1200}{12} \times 1.064 = 106$
Marzo	$\frac{1200}{12} \times 0.904 = 90$	Septiembre	$\frac{1200}{12} \times 0.957 = 96$
Abril	$\frac{1200}{12} \times 1.064 = 106$	Octubre	$\frac{1200}{12} \times 0.851 = 85$
Mayo	$\frac{1200}{12} \times 1.309 = 131$	Noviembre	$\frac{1200}{12} \times 0.851 = 85$
Junio	$\frac{1200}{12} \times 1.223 = 122$	Diciembre	$\frac{1200}{12} \times 0.851 = 85$

RAZONAMIENTO ► Piense en estos índices como porcentajes de las ventas promedio. Las ventas promedio (sin estacionalidad) serían de 94, pero con estacionalidad, las ventas fluctúan entre 85% y 131% del promedio.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si la demanda anual para el próximo año es de 1150 computadoras portátiles (en vez de 1200), ¿cuáles serán los pronósticos para enero, febrero y marzo? (Respuesta: 91.7, 81.5 y 86.6, que pueden redondearse a 92, 82 y 87).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 4.27, 4.28.

Por simplicidad, en el ejemplo anterior sólo se usaron 3 periodos (años) para cada índice mensual. En el ejemplo 10 se ilustra la forma en la que los índices ya preparados pueden aplicarse para ajustar los pronósticos de la recta de tendencia a la estacionalidad.

Ejemplo 10

APLICACIÓN DE LA TENDENCIA Y LOS ÍNDICES ESTACIONALES

El hospital San Diego quiere mejorar sus pronósticos aplicando tanto tendencia como índices estacionales a los datos recopilados durante 66 meses. Se pronosticarán los “días-paciente” para el año próximo.

MÉTODO ► Se crea una recta de tendencia; después se calculan los índices estacionales mensuales. Por último, se usa un modelo estacional multiplicativo para pronosticar los meses del 67 al 78.

SOLUCIÓN ► Usando los datos recopilados en 66 meses de los días que pasa cada paciente adulto en el hospital, se calculó la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = 8090 + 21.5x$$

donde

$$\hat{y} = \text{días-paciente}$$

$$x = \text{tiempo, en meses}$$

Con base en este modelo, que refleja sólo los datos de tendencia, el hospital pronostica que para el siguiente mes (periodo 67) los días-paciente serán:

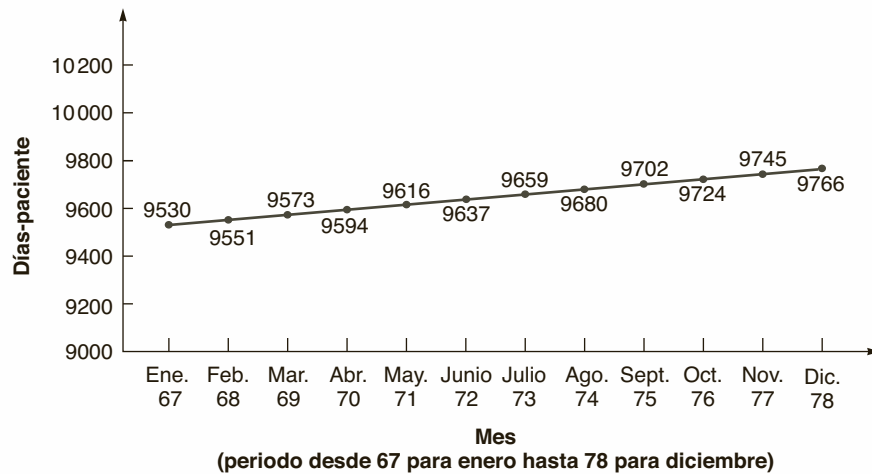
$$\text{Días-paciente} = 8090 + (21.5)(67) = 9530 \text{ (sólo tendencia)}$$

Aunque este modelo, como se observa en la figura 4.6, reconoce la recta de tendencia ascendente en la demanda de servicios a pacientes hospitalizados, ignora la estacionalidad que el administrador sabía que estaba presente.

Figura 4.6

Datos de tendencia para el hospital San Diego

Fuente: Tomado de “Modern Methods Improve Hospital Forecasting”, elaborado por W. E. Sterk y E. G. Shryock de *Healthcare Financial Management* 41, núm. 3, p. 97. Reimpreso con autorización de Healthcare Financial Management Association.



La tabla siguiente proporciona los índices estacionales basados en los mismos 66 meses. A propósito, esos datos estacionales resultaron típicos para los hospitales de todo Estados Unidos.

Índices estacionales para los días que un paciente adulto pasa en el hospital San Diego

MES	ÍNDICE DE ESTACIONALIDAD	MES	ÍNDICE DE ESTACIONALIDAD
Enero	1.04	Julio	1.03
Febrero	0.97	Agosto	1.04
Marzo	1.02	Septiembre	0.97
Abril	1.01	Octubre	1.00
Mayo	0.99	Noviembre	0.96
Junio	0.99	Diciembre	0.98

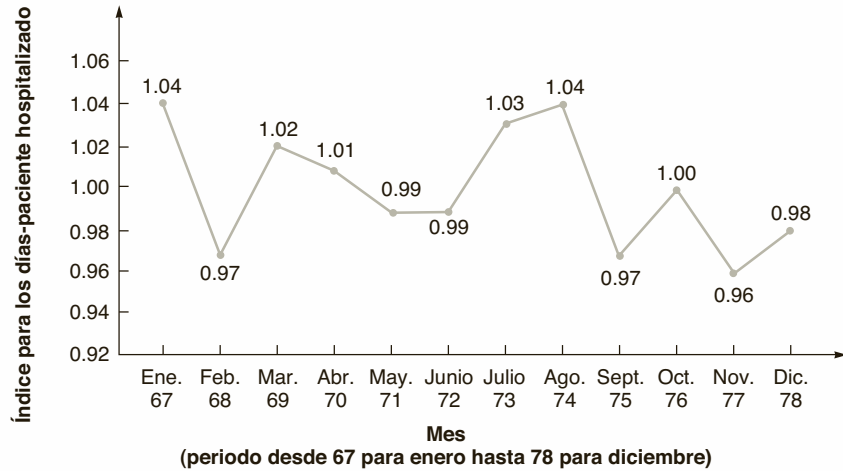
Estos índices estacionales se grafican en la figura 4.7. Observe que enero, marzo, julio y agosto parecen mostrar un promedio mucho más alto que el promedio de días paciente hospitalizado, mientras que febrero, septiembre, noviembre y diciembre presentan menos días-paciente.

Sin embargo, ni los datos de la tendencia ni los estacionales proporcionan por sí mismos un pronóstico razonable para el hospital. Sólo cuando se multiplicaron los datos ajustados a la tendencia por el índice estacional apropiado fue que el hospital pudo obtener buenos pronósticos. Por lo tanto, para el periodo 67 (enero):

$$\text{Días-paciente} = (\text{Pronóstico con ajuste de tendencia})(\text{Índice estacional mensual}) = (9530)(1.04) = 9911$$

Figura 4.7

Índice estacional para el hospital San Diego



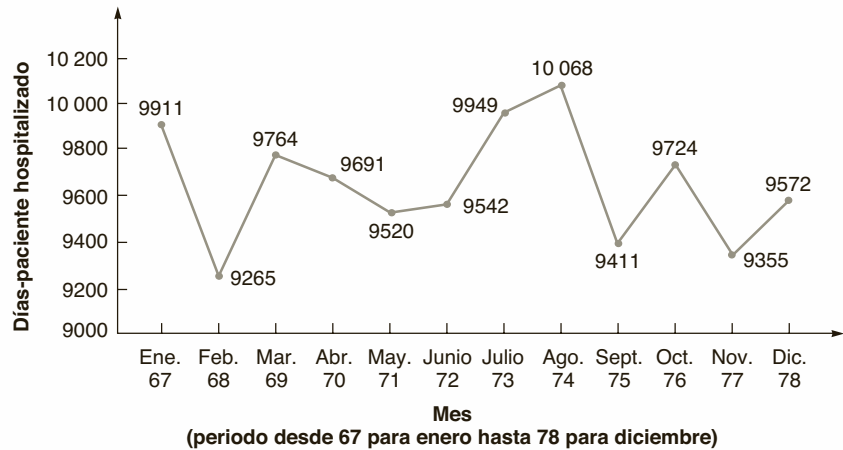
Los días-paciente para cada mes son:

Periodo	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Pronóstico con tendencia y estacionalidad	9911	9265	9764	9691	9520	9542	9949	10068	9411	9724	9355	9572

En la figura 4.8 se presenta una gráfica que muestra el pronóstico con tendencia y estacionalidad.

Figura 4.8

Pronóstico con tendencia y estacionalidad combinadas



RAZONAMIENTO ► Observe que usando sólo la tendencia, el pronóstico para septiembre es de 9702, pero con el ajuste de tendencia y estacionalidad el pronóstico es de 9411. Al combinar los datos de tendencia y estacionalidad el hospital pudo pronosticar mejor los días-paciente hospitalizado, el personal requerido, y el presupuesto vital para garantizar la efectividad de las operaciones.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si la pendiente de la recta de tendencia para los días-paciente es de 22.0 (en vez de 21.5) y el índice para diciembre es de 0.99 (en lugar de 0.98), ¿cuál es el nuevo pronóstico para los días-paciente hospitalizado en diciembre? (Respuesta: 9708).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 4.26, 4.29.

El ejemplo 11 ilustra con detalle la estacionalidad detectada en los datos trimestrales de una tienda departamental.

Ejemplo 11

AJUSTE DE DATOS DE TENDENCIA CON ÍNDICES ESTACIONALES

La administración de Jagoda Wholesalers en Calgary, Canadá, usó regresión de series de tiempo para pronosticar las ventas al menudeo de los siguientes cuatro trimestres. Las ventas estimadas son de 100 000, 120 000, 140 000 y 160 000 dólares para los trimestres respectivos. Se ha encontrado que los índices estacionales para los cuatro trimestres son de 1.30, 0.90, 0.70 y 1.10, respectivamente.

MÉTODO ► Para calcular un pronóstico de ventas con ajuste estacional, sólo multiplicamos cada índice estacional por el pronóstico de tendencia apropiado.

$$\hat{y}_{\text{estacional}} = \text{Índice} \times \hat{y}_{\text{pronóstico de tendencia}}$$

SOLUCIÓN ►

Trimestre I:	$\hat{y}_I = (1.30)(\$100\,000) = \$130\,000$
Trimestre II:	$\hat{y}_{II} = (0.90)(\$120\,000) = \$108\,000$
Trimestre III:	$\hat{y}_{III} = (0.70)(\$140\,000) = \$98\,000$
Trimestre IV:	$\hat{y}_{IV} = (1.10)(\$160\,000) = \$176\,000$

RAZONAMIENTO ► Ahora el pronóstico con tendencia en línea recta está ajustado para reflejar los cambios estacionales.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si el pronóstico de ventas para el trimestre IV fuera de \$180 000 (en vez de \$160 000), ¿cuál sería el pronóstico ajustado estacionalmente? (Respuesta: \$198 000).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 4.26, 4.29.

Variaciones cíclicas en los datos

Ciclos

Patrones detectados en los datos que ocurren cada varios años.

Los ciclos son como las variaciones estacionales de los datos, pero ocurren cada varios años, no semanas, meses o trimestres. El pronóstico de variaciones cíclicas en una serie de tiempo es difícil. Esto se debe a que los ciclos incluyen una variedad de factores que causan que la economía vaya de la recesión a la expansión y de regreso a la recesión luego de un periodo de años. Estos factores incluyen la sobreexpansión nacional o industrial en tiempos de euforia y la contracción en las épocas preocupantes. El pronóstico de los ciclos de demanda para productos individuales también puede estar guiado por los ciclos de vida del producto (desde la introducción hasta la declinación). Existen ciclos de vida para prácticamente todos los productos; algunos ejemplos son los discos flexibles y las videograbadoras. Dejamos el análisis cíclico a los textos especializados en pronósticos. El tema siguiente a estudiar es el desarrollo de técnicas asociativas para variables que tienen impacto entre sí.

Métodos asociativos de pronóstico: análisis de regresión y correlación

TIP PARA EL ESTUDIANTE

Ahora trataremos con el mismo modelo matemático visto con anterioridad, el método de mínimos cuadrados. Pero usaremos cualquier variable potencial “causa y efecto” como x .

A diferencia del pronóstico de series de tiempo, los modelos de *pronóstico asociativo* casi siempre consideran *varias* variables relacionadas con la cantidad que se desea predecir. Luego se construye un modelo estadístico que se usa para pronosticar el elemento de interés. Este enfoque es mejor que los métodos de series de tiempo que incluyen sólo valores históricos para la variable a pronosticar.

En un análisis asociativo pueden considerarse muchos factores. Por ejemplo, las ventas de PC Dell se relacionan con el presupuesto para publicidad de Dell, los precios de la compañía, los precios y estrategias promocionales de la competencia, e incluso con la economía nacional y los índices de desempleo. En este caso, las ventas de computadoras personales se denominan como la *variable dependiente* y las otras variables son las *variables independientes*. El trabajo del administrador es desarrollar *la mejor relación estadística entre las ventas de computadoras personales y las variables independientes*. El modelo de pronósticos asociativo cuantitativo más común es el análisis de regresión lineal.

Análisis de regresión lineal

Un modelo matemático de línea recta usado para describir las relaciones funcionales que hay entre las variables dependiente e independiente.

Uso del análisis de regresión en los pronósticos

Para un análisis de regresión lineal se puede usar el mismo modelo matemático empleado con el método de mínimos cuadrados para efectuar la proyección de tendencias. Las variables dependientes que deseamos pronosticar seguirán siendo \hat{y} . Pero la variable independiente, x , ya no necesita ser el tiempo. Usamos la ecuación

$$\hat{y} = a + bx$$

donde \hat{y} = valor de la variable dependiente (en nuestro ejemplo, ventas)
 a = intersección con el eje y
 b = pendiente de la recta de regresión
 x = variable independiente

OA6 Realizar un análisis de regresión y correlación

En el ejemplo 12 se muestra cómo usar la regresión lineal.

Ejemplo 12

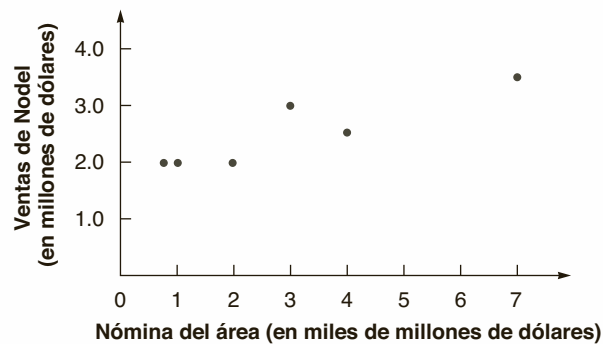
CÁLCULO DE UNA ECUACIÓN DE REGRESIÓN LINEAL

La compañía constructora Nodel restaura casas antiguas en West Bloomfield, Michigan. Con el tiempo, la compañía ha encontrado que su volumen de dólares por trabajos de restauración depende del nivel de ingresos del área de West Bloomfield. La administración quiere establecer una relación matemática para ayudarse a predecir las ventas.

MÉTODO ► El vicepresidente de operaciones de Nodel ha preparado la tabla siguiente, la cual muestra los ingresos de Nodel y la cantidad de dinero percibido por los trabajadores en West Bloomfield durante los últimos 6 años.

VENTAS DE NODEL (EN MILLONES DE DÓLARES), y	NÓMINA LOCAL (EN MILES DE MILLONES DE DÓLARES), x	VENTAS DE NODEL (EN MILLONES DE DÓLARES), y	NÓMINA LOCAL (EN MILES DE MILLONES DE DÓLARES), x
2.0	1	2.0	2
3.0	3	2.0	1
2.5	4	3.5	7

El vicepresidente necesita determinar si existe una relación lineal (en línea recta) entre la nómina del área y las ventas. Para ello, grafica los datos conocidos en un diagrama de dispersión:



TIP PARA EL ESTUDIANTE ★

Un diagrama de dispersión es una herramienta poderosa para el análisis de datos. Ayuda a dimensionar en forma rápida la relación entre dos variables.

A partir de los seis puntos de datos, parece haber una ligera relación positiva entre la variable independiente (nómina) y la variable dependiente (ventas): a medida que se incrementa la nómina, las ventas de Nodel tienden a ser más altas.

SOLUCIÓN ► Podemos encontrar una ecuación matemática si usamos el método de regresión por mínimos cuadrados.

VIDEO 4.1

Pronóstico de los ingresos por venta de boletos en los partidos de básquetbol del Orlando Magic

VENTAS, y	NÓMINA, x	x^2	xy
2.0	1	1	2.0
3.0	3	9	9.0
2.5	4	16	10.0
2.0	2	4	4.0
2.0	1	1	2.0
3.5	7	49	24.5
$\Sigma y = 15.0$	$\Sigma x = 18$	$\Sigma x^2 = 80$	$\Sigma xy = 51.5$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{18}{6} = 3$$

$$\bar{y} = \frac{\Sigma y}{n} = \frac{15}{6} = 2.5$$

$$b = \frac{\Sigma xy - n\bar{x}\bar{y}}{\Sigma x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{51.5 - (6)(3)(2.5)}{80 - (6)(3^2)} = 0.25$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 2.5 - (0.25)(3) = 1.75$$

Por lo tanto, la ecuación de regresión estimada es:

$$\hat{y} = 1.75 + 0.25x$$

o bien:

$$\text{Ventas} = 1.75 + 0.25 (\text{nómina})$$

Si la cámara de comercio local predice que la nómina para el área de West Bloomfield será de 6000 millones de dólares el próximo año, podemos estimar las ventas de Nodel con la ecuación de regresión:

$$\begin{aligned} \text{Ventas (en millones)} &= 1.75 + 0.25(6) \\ &= 1.75 + 1.50 = 3.25 \end{aligned}$$

o bien:

$$\text{Ventas} = \$3\,250\,000$$

RAZONAMIENTO ► Dado el supuesto de una relación rectilínea entre la nómina y las ventas, ahora tenemos una indicación de la pendiente de esa relación: en promedio las ventas se incrementan a una tasa de $\frac{1}{4}$ de millón de dólares por cada mil millones pagados en la nómina local. Esto es porque $b = 0.25$.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► ¿A cuánto ascienden las ventas de Nodel cuando la nómina local es de 8 mil millones de dólares? (Respuesta: a 3.75 millones de dólares).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 4.24, 4.30, 4.31, 4.32, 4.33, 4.35, 4.38, 4.40, 4.41, 4.46, 4.48, 4.49.

La parte final del ejemplo 12 muestra una debilidad central de los métodos de pronóstico asociativo como el de regresión. Aun cuando calculamos una ecuación de regresión, debemos dar un pronóstico para la variable independiente x (en este caso, la nómina) antes de estimar la variable dependiente y para el siguiente periodo. Aunque éste no es un problema para todos los pronósticos, es posible imaginar la dificultad que implica determinar los valores futuros de *algunas* variables independientes comunes (como índices de desempleo, producto nacional bruto, índices de precios, etcétera).

Error estándar de la estimación

El pronóstico de ventas para Nodel de 3 250 000 dólares determinado en el ejemplo 12 se conoce como *estimación puntual* de y . La estimación puntual es en realidad la *media*, o el *valor esperado*, de una distribución de valores posibles de ventas. En la figura 4.9 se ilustra este concepto.

Para medir la exactitud de las estimaciones de regresión, debemos calcular el error estándar de la estimación, $S_{y,x}$. Este cálculo se llama *desviación estándar de la regresión*, y mide el error desde la variable dependiente, y , hasta la recta de regresión, en lugar de hasta la media. La ecuación (4-14) es una expresión similar a la encontrada en la mayoría de los libros de estadística para calcular la desviación estándar de una media aritmética:

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum (y - y_c)^2}{n - 2}} \tag{4-14}$$

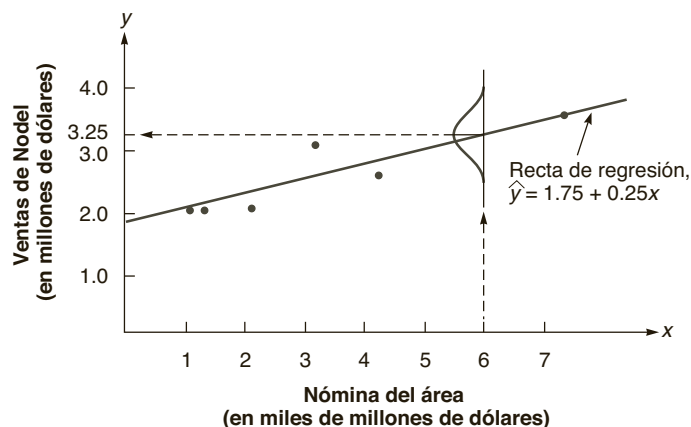
donde y = valor de y de cada dato puntual
 y_c = valor calculado de la variable dependiente, a partir de la ecuación de regresión
 n = número de puntos de datos

Error estándar de la estimación

Una medida de la variabilidad que se presenta alrededor de la recta de regresión (su desviación estándar).

Figura 4.9

Distribución alrededor de la estimación puntual de 3.25 millones de dólares en ventas





© RGB Ventures LLC dba SuperStock/Alamy

Las líneas de ensamblaje de Glidden Paints llenan miles de latas cada hora. Para predecir la demanda, la empresa usa métodos asociativos de pronóstico, como regresión lineal, con variables independientes como el ingreso del personal y el PNB. Aun cuando la construcción de vivienda sería una variable natural, Glidden encontró que había poca correlación con las ventas pasadas. Esto se debe a que gran parte de las pinturas Glidden se vende al menudeo a clientes que ya poseen casas o negocios.

La ecuación (4-15) puede parecer más complicada, pero de hecho es una versión fácil de usar de la ecuación (4-14). Ambas fórmulas proporcionan la misma respuesta y son útiles para establecer intervalos de predicción alrededor de la estimación puntual.¹

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum y^2 - a\sum y - b\sum xy}{n - 2}} \quad (4-15)$$

En el ejemplo 13 se muestra cómo podría calcularse el error estándar de la estimación del ejemplo 12.

Ejemplo 13

CÁLCULO DEL ERROR ESTÁNDAR DE LA ESTIMACIÓN

El vicepresidente de operaciones de Nodel quiere conocer el error asociado con la recta de regresión calculada en el ejemplo 12.

MÉTODO ► Calcule el error estándar de la estimación, $S_{y,x}$, usando la ecuación (4-15).

SOLUCIÓN ► La única cifra que necesitamos y que no es posible despejar para calcular $S_{y,x}$ es $\sum y^2$. Algunas sumas rápidas revelan que $\sum y^2 = 39.5$. Por lo tanto:

$$\begin{aligned} S_{y,x} &= \sqrt{\frac{\sum y^2 - a\sum y - b\sum xy}{n - 2}} \\ &= \sqrt{\frac{39.5 - 1.75(15.0) - 0.25(51.5)}{6 - 2}} \\ &= \sqrt{0.09375} = 0.306 \text{ (en millones de dólares)} \end{aligned}$$

Entonces el error estándar de la estimación es de 306 000 dólares en ventas.

RAZONAMIENTO ► La interpretación del error estándar de la estimación es similar a la desviación estándar; es decir, ± 1 desviación estándar = 0.6827. Entonces existe una posibilidad de ventas del 68.27% de estar a $\pm 306 000$ de la estimación puntual de \$3 250 000.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► ¿Cuál es la probabilidad de que las ventas se excedan de \$3 556 000? (Respuesta: aproximadamente un 16%).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 4.41e, 4.48b.

Coeficientes de correlación para las rectas de regresión

La ecuación de regresión es una forma de expresar la naturaleza de la relación que hay entre dos variables. Las rectas de regresión no son relaciones de “causa y efecto”. Sólo describen relaciones entre las variables. La ecuación de regresión muestra la forma en la que una variable se relaciona con el valor y los cambios de otra variable.

Otra forma de evaluar la relación entre dos variables consiste en calcular el coeficiente de correlación. Esta medida expresa el grado o la fuerza de la relación lineal (tome en cuenta que la correlación

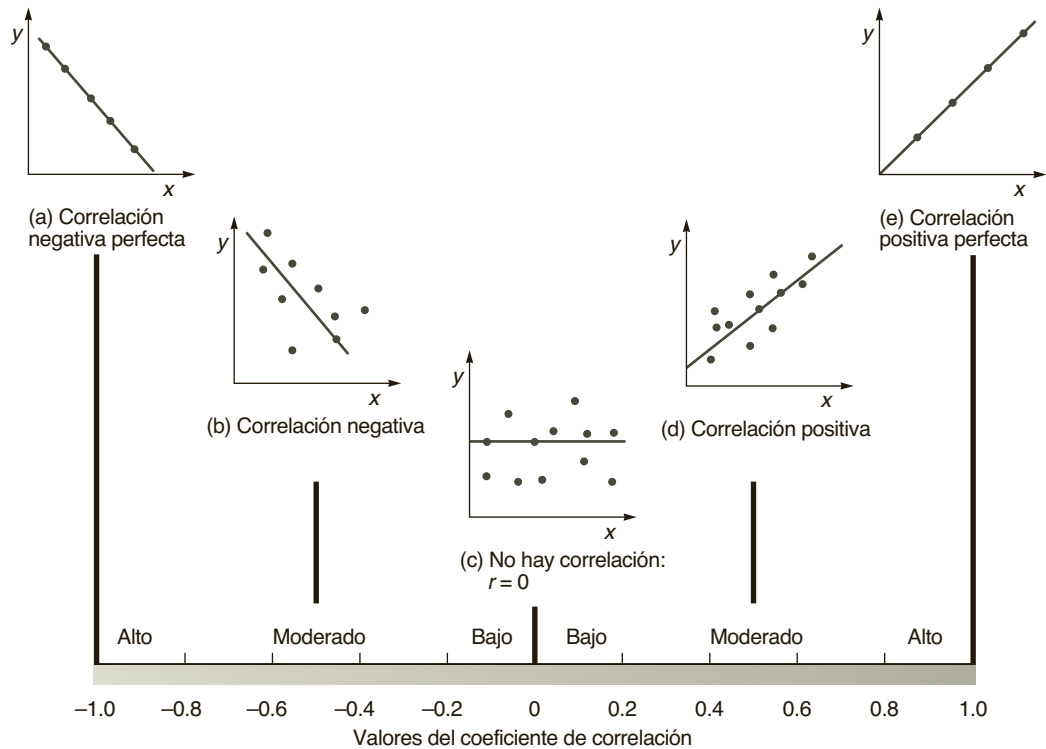
Coeficiente de correlación

Una medida de la fuerza de la relación que hay entre dos variables.

¹Cuando el tamaño de la muestra es grande ($n > 30$), el intervalo de predicción del valor de y puede calcularse usando las tablas de distribución normal. Cuando el número de observaciones es pequeño, la distribución t es la más apropiada. Vea D. Groebner *et al.*, *Business Statistics*, 9a. ed, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2014.

Figura 4.10

Cinco valores del coeficiente de correlación



no implica necesariamente causalidad). Por lo general identificado como r , el coeficiente de correlación puede ser cualquier número entre $+1$ y -1 . En la figura 4.10 se ilustra cómo se ven los distintos valores de r .

Para calcular r , usamos casi los mismos datos necesarios para calcular a y b en la recta de regresión. La ecuación para r es bastante más larga, y es:

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (4-16)$$

En el ejemplo 14 se muestra cómo calcular el coeficiente de correlación para los datos dados en los ejemplos 12 y 13.

Ejemplo 14

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN

En el ejemplo 12, observamos la relación que hay entre las ventas de renovación de casas de la compañía constructora Nodel y la nómina pagada en el área de West Bloomfield. El vicepresidente ahora quiere conocer la fuerza de la asociación entre la nómina local y las ventas.

MÉTODO ► Calculamos el valor de r usando la ecuación (4-16). Primero necesitamos agregar una columna de cálculos (para y^2).

SOLUCIÓN ► A continuación se presentan los datos, incluyendo la columna para y^2 y los cálculos:

y	x	x^2	xy	y^2
2.0	1	1	2.0	4.0
3.0	3	9	9.0	9.0
2.5	4	16	10.0	6.25
2.0	2	4	4.0	4.0
2.0	1	1	2.0	4.0
<u>3.5</u>	<u>7</u>	<u>49</u>	<u>24.5</u>	<u>12.25</u>
$\Sigma y = 15.0$	$\Sigma x = 18$	$\Sigma x^2 = 80$	$\Sigma y^2 = 51.5$	$\Sigma y^2 = 39.5$

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{(6)(51.5) - (18)(15.0)}{\sqrt{[(6)(80) - (18)^2][(6)(39.5) - (15.0)^2]}} \\
 &= \frac{309 - 270}{\sqrt{(156)(12)}} = \frac{39}{\sqrt{1872}} \\
 &= \frac{39}{43.3} = 0.901
 \end{aligned}$$

RAZONAMIENTO ► Este r de 0.901 parece indicar que hay una correlación significativa y ayuda a confirmar la relación estrecha que existe entre las dos variables.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si el coeficiente de correlación fuera de -0.901 en vez de $+0.901$, ¿qué significaría? (Respuesta: la correlación negativa indicaría que a medida que la nómina se eleva, las ventas disminuyen; una posibilidad bastante improbable que le sugeriría revisar sus cálculos).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 4.24d, 4.35d, 4.38c, 4.41f, 4.48b.

Aunque el coeficiente de correlación es la medida más comúnmente usada para describir las relaciones entre dos variables, existe otra medida. Se llama coeficiente de determinación y es simplemente el cuadrado del coeficiente de correlación (es decir, r^2). El valor de r^2 siempre será un número positivo en el intervalo de $0 \leq r^2 \leq 1$. El coeficiente de determinación es el porcentaje de variación presente en la variable dependiente (y) explicado por la ecuación de regresión. En el caso de Nodel, el valor de r^2 es 0.81, lo cual significa que un 81% de la variación total se explica mediante la ecuación de regresión.

Coefficiente de determinación

Una medida de la cantidad de variación presente en la variable dependiente con respecto a su media, la cual se explica mediante la ecuación de regresión.

Análisis de regresión múltiple

La regresión múltiple es una extensión práctica del modelo de regresión que acabamos de ver. Nos permite construir un modelo con varias variables independientes en vez de sólo una variable. Por ejemplo, si la constructora Nodel desea incluir el promedio de las tasas de interés anual en su modelo para el pronóstico de ventas de remodelación, la ecuación apropiada sería:

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 \tag{4-17}$$

- donde y = variable dependiente, ventas
- a = una constante, la intersección y
- x_1 y x_2 = valores de las dos variables independientes, nómina del área y tasas de interés, respectivamente
- b_1 y b_2 = coeficientes de las dos variables independientes

Regresión múltiple

Un método de pronóstico asociativo con más de una variable independiente.

Las matemáticas de la regresión múltiple se vuelven bastante complejas (y lo usual es que los cálculos se realicen en computadora), por lo cual se dejan las fórmulas para a , b_1 y b_2 a los libros de estadística. Sin embargo, el ejemplo 15 muestra cómo interpretar la ecuación (4-17) para el pronóstico de las ventas de Nodel.

Ejemplo 15

USO DE UNA ECUACIÓN DE REGRESIÓN MÚLTIPLE

La constructora Nodel quiere ver el impacto de una segunda variable independiente, las tasas de interés, sobre sus ventas.

MÉTODO ► La nueva recta de regresión múltiple para Nodel, calculada con un programa de computadora, es

$$\hat{y} = 1.80 + 0.30x_1 - 5.0x_2$$

El nuevo coeficiente de correlación es 0.96, lo cual implica que al agregar la variable x_2 , tasas de interés, da aún más fuerza a la relación lineal.

SOLUCIÓN ► Ahora podemos estimar las ventas de Nodel si sustituimos los valores de la nómina y de la tasa de interés para el próximo año. Si la nómina de West Bloomfield va a ser de 6 mil millones de dólares y la tasa de interés de 0.12 (12%), entonces las ventas se pronostican como:

$$\begin{aligned}\text{Ventas (\$ millones)} &= 1.80 + 0.30(6) - 5.0(0.12) \\ &= 1.8 + 0.8 - 0.6 \\ &= 3.00\end{aligned}$$

o bien:

$$\text{Ventas} = \$3\,000\,000$$

RAZONAMIENTO ► Al usar ambas variables, nómina y tasas de interés, Nodel tiene ahora un pronóstico de ventas de 3 millones de dólares y un coeficiente de correlación más alto. Esto sugiere una relación más fuerte entre las dos variables y una estimación más precisa de las ventas.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si las tasas de interés fueran sólo del 6%, ¿cuál sería el pronóstico de ventas? (Respuesta: $1.8 + 1.8 - 5.0(0.06) = 3.3$ o \$3 300 000).

PROBLEMAS RELACIONADOS: 4.34, 4.36.

Monitoreo y control de pronósticos

Una vez que se obtiene un pronóstico, no debe olvidarse. Ningún administrador desea que se le recuerde que su pronóstico fue terriblemente impreciso, pero la empresa debe saber por qué la demanda real (o cualquiera que sea la variable examinada) difiere de manera significativa de lo proyectado. Si quien pronostica es preciso, esa persona casi siempre se asegura de que todos conozcan su talento. Pocas veces se leen artículos en *Fortune*, *Forbes* o el *The Wall Street Journal* acerca de gerentes de finanzas que constantemente se alejen un 25% en sus pronósticos del mercado de valores.

Una manera de supervisar los pronósticos para asegurar que sean buenos es emplear una señal de control. Una señal de control es una medida de qué tan bien predicen los pronósticos los valores reales. Conforme los pronósticos se actualizan semanal, mensual o trimestralmente, los nuevos datos disponibles de la demanda se comparan con los valores pronosticados.

La señal de control se calcula como el error acumulado dividido entre la *desviación absoluta media* (*MAD*):

$$\begin{aligned}\text{Señal de control} &= \frac{\text{Error acumulado}}{\text{MAD}} && (4-18) \\ &= \frac{\sum (\text{Demanda real del periodo } i - \text{Demanda pronosticada en el periodo } i)}{\text{MAD}}\end{aligned}$$

$$\text{donde } \text{MAD} = \frac{\sum |\text{Real} - \text{Pronóstico}|}{n}$$

Señal de control

Una medida de qué tan bien predicen el pronóstico los valores reales.

TIP PARA EL ESTUDIANTE ☆

El uso de una señal de control es una buena manera de asegurarse de que el sistema de pronósticos continúa haciendo un buen trabajo.

Sesgo

Un pronóstico que está consistentemente arriba o consistentemente abajo de los valores reales de una serie de tiempo.

como se vio anteriormente en la ecuación (4-5).

Las señales de control *positivas* indican que la demanda es *mayor* que el pronóstico. Las señales de control *negativas* indican que la demanda es menor que el pronóstico. Una buena señal de control (es decir, una con error acumulado bajo) tiene casi tanto error positivo como error negativo. En otras palabras, una pequeña desviación está bien, pero los errores negativos y positivos deben equilibrarse entre sí para que la señal de control se centre muy cerca de cero. Una tendencia consistente de los pronósticos a ser mayores o menores que los valores reales (es decir, con error acumulado absoluto alto) se llama error de sesgo. El sesgo puede ocurrir cuando, por ejemplo, se usan las variables o la recta de tendencia incorrectas, o si se aplica mal un índice estacional.

Una vez calculadas las señales de control, se comparan para determinar los límites de control. Cuando una señal de control excede el límite inferior o superior, existe un problema con el método de pronósticos y la administración querrá reevaluar la forma en que pronostica la demanda. En la figura 4.11 se muestra la gráfica de una señal de control que excede el intervalo de variación aceptable. Si el modelo en uso es de suavización exponencial, quizá la constante de suavización necesite reajustarse.

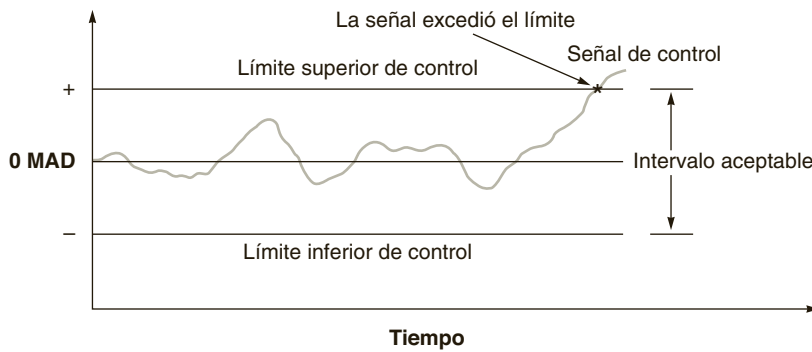


Figura 4.11
Gráfica de señales de control

¿Cómo deciden las empresas cuáles deben ser los límites de control superior e inferior? No existe una respuesta única, pero intentan encontrar valores razonables (en otras palabras, límites que no sean tan bajos como para enviar la señal con el mínimo error de pronóstico ni tan altos que dejen pasar pronósticos malos de manera regular). Una MAD equivale aproximadamente a 0.8 desviaciones estándar, $\pm 2 \text{ MAD} = \pm 1.6$ desviaciones estándar, $\pm 3 \text{ MAD} = \pm 2.4$ desviaciones estándar y $\pm 4 \text{ MAD} = \pm 3.2$ desviaciones estándar; lo cual sugiere que para que un pronóstico esté “bajo control”, se espera que el 89% de los errores caiga dentro de $\pm 2 \text{ MAD}$, el 98% dentro de $\pm 3 \text{ MAD}$, o el 99.9% dentro de $\pm 4 \text{ MAD}$.²

En el ejemplo 16 se muestra la forma de calcular la señal de control y el error acumulado.

OA7 Usar una señal de control

Ejemplo 16

CÁLCULO DE LA SEÑAL DE CONTROL EN CARLSON BAKERY

Carlson Bakery quiere evaluar el desempeño de su pronóstico de ventas de croissants.

MÉTODO ► Desarrolle una señal de control para el pronóstico y vea si se conserva dentro de los límites aceptables, los cuales se definen como $\pm 4 \text{ MAD}$.

SOLUCIÓN ► Usando el pronóstico y los datos de demanda para las ventas de croissants en los últimos 6 trimestres, se desarrollará una señal de control en la tabla siguiente:

TRIMESTRE	DEMANDA REAL	DEMANDA PRONOSTICADA	ERROR	ERROR ACUMULADO	ERROR ABSOLUTO DEL PRONÓSTICO	ERROR ABSOLUTO ACUMULADO DEL PRONÓSTICO	MAD	SEÑAL DE CONTROL (ERROR ACUMULADO/MAD)
1	90	100	-10	-10	10	10	10.0	$-10/10 = -1$
2	95	100	-5	-15	5	15	7.5	$-15/7.5 = -2$
3	115	100	+15	0	15	30	10.0	$0/10 = 0$
4	100	110	-10	-10	10	40	10.0	$-10/10 = -1$
5	125	110	+15	+5	15	55	11.0	$+5/11 = +0.5$
6	140	110	+30	+35	30	85	14.2	$+35/14.2 = +2.5$

$$\text{Al final del trimestre 6, MAD} = \frac{\sum |\text{Errores de pronóstico}|}{n} = \frac{85}{6} = 14.2$$

$$\text{y Señal de control} = \frac{\text{Error acumulado}}{\text{MAD}} = \frac{35}{14.2} = 2.5 \text{ MAD}$$

RAZONAMIENTO ► Como la señal de control oscila de -2 MAD a $+2.5 \text{ MAD}$ (entre 1.6 y 2.0 desviaciones estándar), podemos concluir que está dentro de los límites aceptables.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si en el trimestre 6 la demanda real fuera de 130 (en vez de 140), ¿cuál sería la MAD y la señal de control resultantes? (Respuesta: para el trimestre 6 la MAD sería de 12.5 y la señal de control de 2 MAD).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 4.37, 4.45.

²Para que usted mismo compruebe estos porcentajes, sólo establezca una curva normal para ± 1.6 desviaciones estándar (valores de z). Usando la tabla de distribución normal del apéndice I, encontrará que el área bajo la curva es de 0.89. Esto representa $\pm 2 \text{ MAD}$. De la misma forma, $\pm 3 \text{ MAD} = \pm 2.4$ desviaciones estándar comprenden el 98% del área, y así sucesivamente para $\pm 4 \text{ MAD}$.

Suavización adaptable

Un enfoque del pronóstico de suavización exponencial en el cual la constante de suavización se modifica de manera automática para mantener los errores a un nivel mínimo.

Suavización adaptable

El pronóstico adaptable se refiere al monitoreo por computadora de las señales de control y al ajuste automático cuando una señal rebasa el límite preestablecido. Por ejemplo, cuando se aplica a la suavización exponencial, primero se seleccionan los coeficientes α y β según los valores que disminuyen al mínimo el error de pronóstico y después se ajustan de acuerdo con éstos cuando la computadora capta una señal de control errática. Este proceso se llama suavización adaptable.

Pronóstico enfocado

En lugar de adaptar eligiendo una constante de suavización, las computadoras nos permiten probar una variedad de modelos de pronóstico. Este método se denomina pronóstico enfocado. El pronóstico enfocado se basa en dos principios:

1. Los modelos de pronóstico sofisticados no siempre son mejores que los sencillos.
2. No existe una técnica única que deba emplearse para todos los productos o servicios.

Bernard Smith, administrador de inventarios de American Hardware Supply, acuñó el término *pronóstico enfocado*. El trabajo de Smith era pronosticar cantidades apropiadas para 100 000 productos de ferretería que adquirirían los 21 compradores de American.³ Smith encontró que los compradores no confiaban ni entendían el modelo de suavización exponencial que él empleaba. En su lugar, usaban métodos muy sencillos que ellos mismos habían creado. Así, Smith desarrolló su nuevo sistema computarizado para seleccionar los métodos de pronóstico.

Smith eligió siete métodos de pronóstico para probar su sistema. Incluyó desde los muy sencillos usados por los compradores (como el método intuitivo) hasta modelos estadísticos. Cada mes, aplicó los siete modelos de pronóstico a cada artículo de su inventario. En estas pruebas simuladas, los valores pronosticados se restaron de las demandas reales más recientes para obtener el error de pronóstico simulado. La computadora elige el método de pronóstico que produce el menor error y lo aplica al pronóstico del siguiente mes. Aunque los compradores todavía tienen la capacidad de sobrepasar el pronóstico, American Hardware considera que los resultados del pronóstico enfocado son excelentes.

Pronóstico enfocado

Pronóstico que prueba una variedad de modelos computarizados y selecciona el mejor para una aplicación en particular.

Pronósticos en el sector servicios

Los pronósticos en el sector servicios presentan retos inusuales. Una técnica importante en el sector comercial es el seguimiento de la demanda manteniendo buenos registros a corto plazo. Por ejemplo, una peluquería para hombres espera picos en el flujo de trabajo los viernes y sábados. De hecho, la mayoría de las peluquerías cierran domingos y lunes, y muchas requieren personal extra los viernes y sábados. Por su parte, un restaurante del centro de la ciudad quizá deba dar seguimiento a las convenciones y días festivos para que sus pronósticos a corto plazo resulten efectivos. El recuadro de *AO en acción* “Pronósticos en los centros de servicio a clientes de FedEx” proporciona un ejemplo de una industria importante ubicada en el sector servicios: el centro de atención telefónica.

TIP PARA EL ESTUDIANTE ☆

Los pronósticos en McDonald's, FedEx y Walmart son tan importantes y complejos como lo son en las manufactureras, por ejemplo, Toyota y Dell.

Tiendas de especialidad al menudeo Las tiendas de especialidad al menudeo, como las florerías, pueden tener otros patrones de demanda poco comunes y esos patrones variarán de acuerdo con los días festivos. Por ejemplo, cuando el Día de San Valentín cae en fin de semana no se envían flores a las oficinas, y quienes se inclinan por el romanticismo salen a celebrar en lugar de enviar flores. Si un día festivo cae en lunes, parte de la celebración también se extendería al fin de semana, disminuyendo la venta de flores. Sin embargo, cuando éste cae entre semana, los horarios saturados de los días hábiles suelen hacer de las flores la manera idónea de festejar. Como los envíos de flores por el Día de las Madres ocurren los sábados o domingos, el pronóstico para este día festivo varía menos. Considerando los patrones especiales de demanda, muchas empresas de servicios mantienen registros de sus ventas con notas que refieren no sólo el día de la semana sino también los acontecimientos inusuales, como el clima, con el objetivo de identificar los patrones y correlaciones que influyen para que la demanda pueda desarrollarse.

VIDEO 4.2

Pronóstico en Hard Rock Cafe

³Bernard T. Smith, *Focus Forecasting: Computer Techniques for Inventory Control* (Boston: CBI Publishing, 1978).

AO en acción

Pronósticos en los centros de servicio a clientes de FedEx

La compañía más grande de envíos de paquetería, FedEx, genera 35 mil millones de dólares en ingresos, empleando 670 aviones, 44 000 camiones y una fuerza de trabajo de 275 000 personas en 220 países. Para apoyar a esta red global, la compañía tiene 51 centros telefónicos de servicio al cliente cuya meta de servicio es contestar el 90% de todas las llamadas en 20 segundos o menos. Con medio millón de llamadas sólo en Estados Unidos, FedEx utiliza muchos modelos de pronóstico para tomar decisiones relativas al personal y para asegurar que los niveles de satisfacción del cliente se conserven en el lugar más alto de la industria.

El departamento de pronósticos y modelado de FedEx realiza varios pronósticos diferentes. Los modelos a uno y cinco años predicen el número de llamadas, el tiempo promedio de atención, y las necesidades del personal. Dividen los pronósticos en días entre semana, sábado y domingo, y después usan el método Delphi y análisis de series de tiempo.

Los *pronósticos tácticos* de FedEx son mensuales y utilizan datos diarios históricos de los últimos 8 años. Este modelo de series de tiempo aborda el mes, el día de la

semana y el día del mes para predecir el volumen de clientes. Finalmente, el *pronóstico operativo* utiliza un promedio móvil ponderado y 6 semanas de datos para proyectar el número de llamadas cada media hora.

Los pronósticos de FedEx son consistentemente precisos dentro del 1 al 2% de los volúmenes reales de llamadas. Esto significa que se satisfacen las necesidades de cobertura, se mantienen los niveles de servicio y se controlan los costos.



Anton Vengor/Superstock

Fuentes: *Predicting Call Arrivals in Call Centers* (agosto de 2006); *Annals of Applied Statistics* (2009): 1403-1447; y *Journal of Business Forecasting* (invierno de 1999-2000): 7-11.

Restaurantes de comida rápida Los restaurantes de comida rápida están preparados no sólo para enfrentar las variaciones en la demanda por semana, día y hora sino, incluso, para las variaciones de cada 15 minutos que influyen en las ventas. En consecuencia, necesitan pronósticos detallados de la demanda. En la figura 4.12(a) se muestra el pronóstico por hora para un restaurante típico de comida rápida. Observe los picos registrados en las horas de comida y cena. Esto contrasta con los picos de la media mañana y la media tarde registrados en el centro de atención telefónica de FedEx en la figura 14.12(b).

En la actualidad, empresas como Taco Bell usan computadoras en los puntos de venta que dan seguimiento a las ventas cada cuarto de hora. Taco Bell descubrió que un promedio móvil de 6 semanas era la técnica de pronóstico que disminuía al mínimo el error cuadrático medio (MSE) en sus pronósticos de 15 minutos. El desarrollo de esta metodología de pronóstico en las computadoras de cada uno de los 6500 establecimientos de Taco Bell permite que el modelo realice proyecciones semanales de las transacciones de los clientes. Por su parte, los administradores de los establecimientos usan este sistema para programar al personal con incrementos cada 15 minutos y no por bloques de una hora como en otras industrias. El modelo de pronóstico de Taco Bell ha sido tan exitoso que, además de ayudarlo a mejorar su servicio al cliente, también le ha reportado ahorros en el costo de mano de obra que suman más de 50 millones de dólares en 4 años de uso.

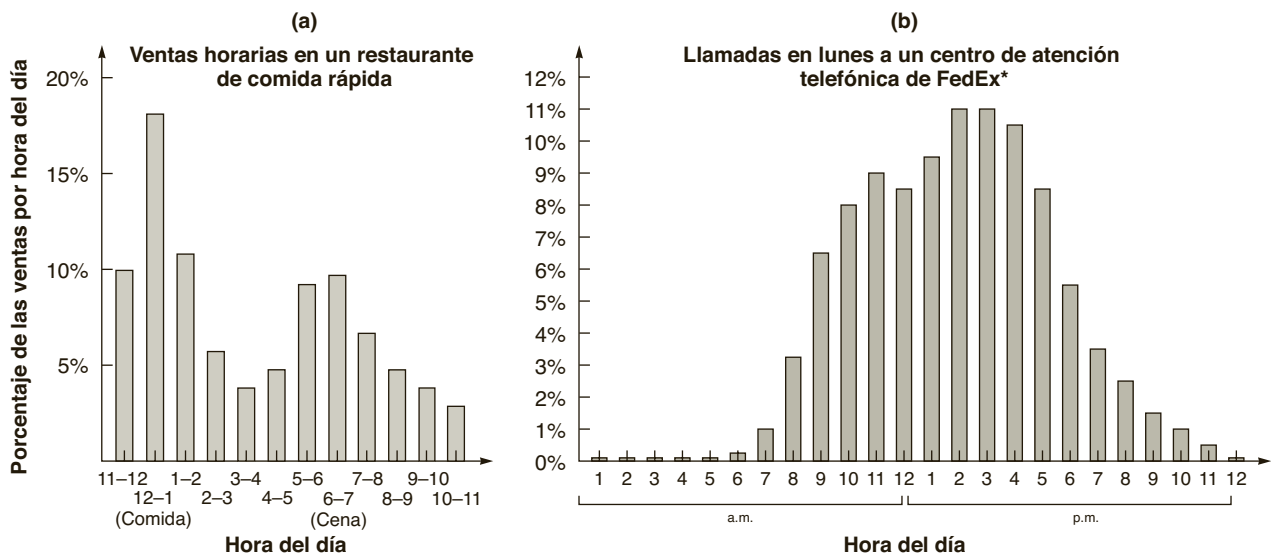


Figura 4.12

Los pronósticos son únicos: observe las variaciones entre (a) las ventas por hora en un restaurante de comida rápida y (b) el volumen de llamadas por hora en FedEx.

*Con base en datos históricos: vea *Journal of Business Forecasting* (invierno de 1999-2000): 6-11.

Resumen

Los pronósticos son una parte crítica de la función del administrador de operaciones. Los pronósticos de la demanda dirigen los sistemas de producción, la capacidad y la programación de la empresa, y afectan las funciones de planeación financiera, marketing y personal.

Existe una variedad de técnicas de pronósticos cualitativos y cuantitativos. Los enfoques cualitativos emplean el juicio, la experiencia, la intuición y otros factores intangibles difíciles de cuantificar. Los pronósticos cuantitativos emplean datos históricos y relaciones causales o asociativas para proyectar las demandas futuras. En el repaso rápido de este capítulo se resumen las fórmulas introducidas en los pronósticos cuanti-

tativos. Los cálculos de los pronósticos se realizan muy pocas veces de manera manual. La mayoría de los administradores de operaciones aprovechan los paquetes de software como Forecast PRO, NCSS, Minitab, Systat, Statgraphics, SAS o SPSS.

Ningún método de pronósticos es perfecto para todas las condiciones. A pesar de que la administración haya encontrado un enfoque satisfactorio, el monitoreo y el control de los pronósticos deben ser continuos para asegurar que los errores no sean demasiado grandes. A menudo, los pronósticos pueden representar un desafío para la administración; sin embargo, también pueden ser muy gratificantes.

Términos clave

Análisis de regresión lineal (p. 126)	Error estándar de la estimación (p. 128)	Pronósticos económicos (p. 105)
Ciclos (p. 126)	Error porcentual absoluto medio (MAPE) (p. 116)	Pronósticos tecnológicos (p. 105)
Coefficiente de correlación (p. 129)	Jurado de opinión ejecutiva (p. 107)	Proyección de la tendencia (p. 119)
Coefficiente de determinación (p. 131)	Método Delphi (p. 107)	Regresión múltiple (p. 131)
Composición de la fuerza de ventas (p. 108)	Promedios móviles (p. 110)	Señal de control (p. 132)
Constante de suavización (p. 112)	Pronosticar (p. 104)	Serie de tiempo (p. 108)
Desviación absoluta media (MAD) (p. 114)	Pronóstico enfocado (p. 134)	Sesgo (p. 132)
Encuesta en el mercado de consumo (p. 108)	Pronósticos cualitativos (p. 107)	Suavización adaptable (p. 134)
Enfoque intuitivo (p. 110)	Pronósticos cuantitativos (p. 107)	Suavización exponencial (p. 112)
Error cuadrático medio (MSE) (p. 115)	Pronósticos de la demanda (p. 105)	Variaciones estacionales (p. 121)

Dilema ético

Vivimos en una sociedad obsesionada con las calificaciones obtenidas en exámenes y el máximo desempeño. Piense en las pruebas SAT, ACT, GRE, GMAT y LSAT. A pesar de que hacerlas toma sólo unas pocas horas, se supone que deben proporcionar a las escuelas y a las empresas una fotografía de los talentos poseídos por el estudiante.

Sin embargo, estas pruebas suelen ser muy malas en cuanto a su capacidad predictiva en el mundo real. El SAT realiza un trabajo decente ($r^2 = 0.12$) en la predicción de las calificaciones de un estudiante de primer año en la universidad. Sin embargo, es menos

eficaz en la predicción del desempeño después de la graduación. Los puntajes del LSAT prácticamente no tienen ninguna correlación con el éxito profesional, medido por los ingresos, la satisfacción con la vida o el servicio público.

¿Qué significa el r^2 en este contexto?, ¿es ético que las universidades basen las decisiones de admisión y otorgamiento de becas sólo en los puntajes? ¿Qué papel desempeñan estas pruebas en su escuela?



© Robert Kneschke/Fotolia

Preguntas para análisis

- ¿Qué es un modelo de pronóstico cualitativo y cuándo es apropiado su uso?
- Identifique y describa brevemente los dos enfoques generales del pronóstico.
- Identifique los tres horizontes de tiempo para los pronósticos. Establezca una duración aproximada para cada uno.
- Describa brevemente los pasos necesarios para desarrollar un sistema de pronósticos.
- Un administrador escéptico pregunta para qué puede usarse un pronóstico de mediano plazo; sugiérale tres usos o propósitos posibles.
- Explique por qué las técnicas de pronósticos, como los promedios móviles, los promedios móviles ponderados y la suavización exponencial, no son apropiadas para las series de datos que presentan una tendencia.
- ¿Cuál es la diferencia básica entre los promedios móviles ponderados y la suavización exponencial?
- ¿Cuáles son los tres métodos empleados para medir la exactitud de cualquier método de pronósticos?, ¿cómo determinaría si es mejor una regresión de series de tiempo o una suavización exponencial en una aplicación específica?
- Investigue y describa brevemente el método Delphi. ¿Cómo podría usarlo alguno de los jefes para los que usted ha trabajado?
- ¿Cuál es la principal diferencia entre un modelo de series de tiempo y un modelo asociativo?
- Defina qué es una *serie de tiempo*.
- ¿Qué efecto tiene el valor de la constante de suavización en la ponderación dada a los valores recientes?
- Explique el valor que tienen los índices estacionales al pronosticar. ¿En qué difieren los patrones cíclicos y los patrones estacionales?
- ¿Qué técnica de pronóstico da más importancia a los valores recientes? ¿Cómo hace esto?
- Explique con sus propias palabras qué es un pronóstico adaptable.
- ¿Cuál es el propósito de las señales de control?
- Explique con sus propias palabras cuál es el significado del coeficiente de correlación. Analice el significado de un valor negativo del coeficiente de correlación.
- ¿Cuál es la diferencia entre una variable dependiente y una variable independiente?
- Mencione algunos ejemplos de las industrias afectadas por la estacionalidad. ¿Por qué estos negocios desearían no depender de la estacionalidad?

20. Dé algunos ejemplos de industrias donde el pronóstico de la demanda depende de la demanda de otros productos.
21. ¿Qué ocurre con la capacidad de pronóstico para los periodos cada vez más lejanos en el futuro?

Uso de software en los pronósticos

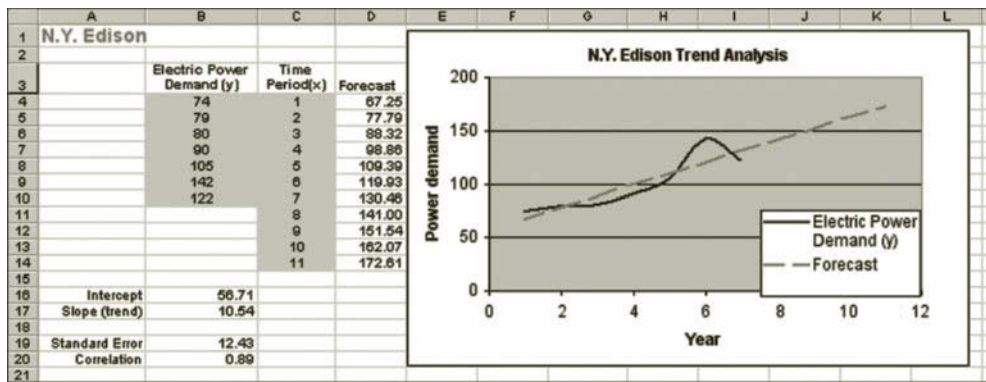
En esta sección se presentan tres formas para resolver problemas de pronóstico mediante programas de computadora. Primero, puede crear sus propias hojas de cálculo en Excel para desarrollar pronósticos. Segundo, puede usar el software Excel OM. Tercero, POM para Windows es otro programa que puede utilizar.

CREACIÓN DE SUS PROPIAS HOJAS DE CÁLCULO EN EXCEL

Las hojas de cálculo en Excel (y las hojas de cálculo en general) se emplean con frecuencia en el pronóstico. La suavización exponencial, el análisis de tendencia y el análisis de regresión (simple y múltiple) tienen funciones integradas en Excel.

En el programa 4.1 se ilustra cómo construir un pronóstico en Excel para los datos del ejemplo 8. La meta para N. Y. Edison es crear un análisis de tendencia para los datos del año 1 al 7. Observe que en la celda D4 puede introducir $=\$B\$16 + \$B\$17 * C4$ o bien $=TREND(\$B\$4: \$B\$10, \$C\$4: \$C\$10, C4)$.

Como una alternativa, usted puede experimentar con el análisis de regresión incorporado en Excel. Para hacer esto, bajo la barra de menú **Data** seleccione **Data Analysis** y después **Regression**. Introduzca sus datos de *Y* y *X* en dos columnas (digamos B y C). Cuando aparezca la ventana de regresión, introduzca los intervalos de *Y* y *X*, luego seleccione **OK**. Excel ofrece varias gráficas y tablas para aquellos interesados en efectuar análisis más rigurosos de los problemas de regresión.



Programa 4.1

Uso de Excel para desarrollar su propio pronóstico con los datos del ejemplo 8

CÁLCULOS			
VALOR	CELDA	FÓRMULA EN EXCEL	ACCIÓN
Columna de la recta de tendencia	D4	$=\$B\$16 + \$B\$17 * C4$ (o bien $=TREND(\$B\$4: \$B\$10, \$C\$4: \$C\$10, C4)$)	Copiar a D5:D14
Intersección	B16	$=INTERCEPT(B4: B10, C4: C10)$	
Pendiente (tendencia)	B17	$=SLOPE(B4: B10, C4: C10)$	
Error estándar	B19	$=STEYX(B4: B10, C4: C10)$	
Correlación	B20	$=CORREL(B4: B10, C4: C10)$	

USO DE EXCEL OM

El módulo de pronósticos de Excel OM tiene cinco componentes: (1) promedios móviles, (2) promedios móviles ponderados, (3) suavización exponencial, (4) regresión (con una sola variable), y (5) descomposición. El análisis del error de Excel OM es mucho más completo que el disponible en el suplemento de Excel.

El programa 4.2 ilustra las entradas y salidas de Excel OM, usando los datos de promedios móviles ponderados del ejemplo 2.

USO DE POM PARA WINDOWS

POM para Windows puede proyectar promedios móviles (simples y ponderados), manejar suavización exponencial (simple y con ajuste de tendencia), pronosticar con proyección de tendencia de mínimos cuadrados, y resolver modelos de regresión lineal (asociativa). También puede desplegar resúmenes del análisis de error y generar gráficas con los datos. Como un ejemplo especial del pronóstico adaptable de suavización exponencial, cuando se emplea una α de 0, POM para Windows encontrará los valores de α que produzcan la MAD mínima.

En el apéndice IV se proporcionan más detalles.

Introduzca las ponderaciones que deben colocarse en cada uno de los tres últimos periodos en la parte superior de la columna C. Las ponderaciones deben introducirse de la más antigua a la más reciente.

El pronóstico es la suma ponderada de las ventas pasadas (SUMPRODUCT) dividida entre la suma de las ponderaciones (SUM) porque las ponderaciones no suman 1.

El error (B11 - E11) es la diferencia que hay entre la demanda y el pronóstico.

= AVERAGE(H11: H19)

= SUMPRODUCT(B17:B19, \$C\$8:\$C\$10)/SUM(\$C\$8:\$C\$10)

El error estándar está dado por la raíz cuadrada del error total dividida entre $n - 2$, donde n es el número de periodos para los que existe el pronóstico, es decir, 9.

Programa 4.2

Programa de análisis de promedios móviles ponderados de Excel OM, usando los datos del ejemplo 2 como entrada

Problemas resueltos

PROBLEMA RESUELTO 4.1

Las ventas del popular Beetle de Volkswagen (VW) han crecido de manera estable durante los últimos 5 años en los establecimientos de Nevada (vea la tabla siguiente). El gerente de ventas pronosticó antes de que se lanzara el nuevo modelo que las ventas en el primer año serían de 410 VW. Use suavización exponencial con una ponderación $\alpha = 0.30$ para desarrollar los pronósticos de los años 2 al 6.

AÑO	VENTAS	PRONÓSTICO
1	450	410
2	495	
3	518	
4	563	
5	584	
6	?	

SOLUCIÓN

AÑO	PRONÓSTICO
1	410.0
2	$422.0 = 410 + 0.3(450 - 410)$
3	$443.9 = 422 + 0.3(495 - 422)$
4	$466.1 = 443.9 + 0.3(518 - 443.9)$
5	$495.2 = 466.1 + 0.3(563 - 466.1)$
6	$521.8 = 495.2 + 0.3(584 - 495.2)$

PROBLEMA RESUELTO 4.2

En el ejemplo 7 aplicamos suavización exponencial con ajuste de tendencia para pronosticar la demanda de un equipo de control de contaminación en los meses 2 y 3 (a partir de los datos proporcionados para 9 meses). Continuemos ahora con este proceso para el mes 4. Queremos confirmar el pronóstico para el mes 4 que se muestra en la tabla 4.1 (pág. 118) y en la figura 4.3 (pág. 119).

Para el mes 4, $A_4 = 19$, con $\alpha = 0.2$ y $\beta = 0.4$

SOLUCIÓN

$$\begin{aligned}
 F_4 &= \alpha A_3 + (1 - \alpha)(F_3 + T_3) \\
 &= (0.2)(20) + (1 - 0.2)(15.18 + 2.10) \\
 &= 4.0 + (0.8)(17.28) \\
 &= 4.0 + 13.82 \\
 &= 17.82 \\
 T_4 &= \beta(F_4 - F_3) + (1 - \beta)T_3 \\
 &= (0.4)(17.82 - 15.18) + (1 - 0.4)(2.10) \\
 &= (0.4)(2.64) + (0.6)(2.10) \\
 &= 1.056 + 1.26 \\
 &= 2.32 \\
 FIT_4 &= 17.82 + 2.32 \\
 &= 20.14
 \end{aligned}$$

PROBLEMA RESUELTO 4.3

En los últimos 4 meses, las ventas de una secadora de cabello en las tiendas Walgreens en Youngstown, Ohio, han sido 100, 110, 120 y 130 unidades (donde 130 son las ventas más recientes).

Desarrolle un pronóstico de promedios móviles para el próximo mes, empleando las siguientes tres técnicas:

- Promedio móvil de 3 meses.
- Promedio móvil de 4 meses.
- Promedio móvil ponderado de 4 meses con el mes más reciente ponderado con 4, el mes anterior con 3, el previo con 2 y el mes más antiguo ponderado con 1.
- Si las ventas del próximo mes son de 140 unidades, pronostique las ventas del siguiente mes usando un promedio móvil de 4 meses.

SOLUCIÓN

- Promedio móvil de 3 meses

$$= \frac{110 + 120 + 130}{3} = \frac{360}{3} = 120 \text{ secadoras}$$
- Promedio móvil de 4 meses

$$= \frac{100 + 110 + 120 + 130}{4} = \frac{460}{4} = 115 \text{ secadoras}$$
- Promedio móvil ponderado

$$= \frac{(4)(130) + 3(120) + 2(110) + 1(100)}{10}$$

1200 secadoras
- Ahora las cuatro ventas más recientes son 110, 120, 130 y 140.
 Promedio móvil de 4 meses = $\frac{110 + 120 + 130 + 140}{4}$

$$= \frac{500}{4} = 125 \text{ secadoras}$$

Por supuesto, se observa un retraso en los pronósticos, puesto que el método de promedios móviles no reconoce las tendencias inmediatamente.

PROBLEMA RESUELTO 4.4

Los siguientes datos provienen de proyecciones de regresión lineal:

VALORES PRONOSTICADOS	VALORES REALES
410	406
419	423
428	423
435	440

Calcule la MAD y el MSE.

SOLUCIÓN

$$MAD = \frac{\sum |\text{Real} - \text{Pronosticado}|}{n}$$

$$= \frac{|406 - 410| + |423 - 419| + |423 - 428| + |440 - 435|}{4}$$

$$= \frac{4 + 4 + 5 + 5}{4} = \frac{18}{4} = 4.5$$

$$MSE = \frac{\sum (\text{Errores de pronóstico})^2}{n}$$

$$= \frac{(406 - 410)^2 + (423 - 419)^2 + (423 - 428)^2 + (440 - 435)^2}{4}$$

$$= \frac{4^2 + 4^2 + 5^2 + 5^2}{4} = \frac{16 + 16 + 25 + 25}{4} = 20.5$$

PROBLEMA RESUELTO 4.5

En el hotel Toronto Towers Plaza tienen los datos del registro de cuartos de los últimos nueve años. Para proyectar la ocupación futura, la administración desea determinar la tendencia matemática del registro de huéspedes. Esta estimación ayudará a determinar si es necesaria una ampliación futura del hotel. Dada la siguiente serie de tiempo, desarrolle una ecuación de regresión que relacione los registros con el tiempo (por ejemplo, una ecuación de tendencia). Después, pronostique los registros para el año 11. El registro de cuartos está en miles de unidades:

Año 1: 17	Año 2: 16	Año 3: 16	Año 4: 21	Año 5: 20
Año 6: 20	Año 7: 23	Año 8: 25	Año 9: 24	

SOLUCIÓN

AÑO	REGISTROS, y (EN MILES)	x ²	xy
1	17	1	17
2	16	4	32
3	16	9	48
4	21	16	84
5	20	25	100
6	20	36	120
7	23	49	161
8	25	64	200
9	24	81	216
Σx = 45	Σy = 182	Σx ² = 285	Σxy = 978

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{978 - (9)(5)(20.22)}{285 - (9)(25)}$$

$$= \frac{978 - 909.9}{285 - 225} = \frac{68.1}{60} = 1.135$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 20.22 - (1.135)(5) = 20.22 - 5.675 = 14.545$$

$$\hat{y} = (\text{registros}) = 14.545 + 1.135x$$

La proyección de registros para el año 11 es:

$$\hat{y} = 14.545 + (1.135)(11) = 27.03 \text{ o } 27\,030 \text{ huéspedes en el año 11.}$$

PROBLEMA RESUELTO 4.6

La demanda trimestral de camionetas Ford F150 para un distribuidor de automóviles de Nueva York se pronostica mediante la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = 10 + 3x$$

donde x = trimestres, y

- Trimestre I del año 1 = 0
- Trimestre II del año 1 = 1
- Trimestre III del año 1 = 2
- Trimestre IV del año 1 = 3
- Trimestre I del año 2 = 4
- etcétera,

y:

$$\hat{y} = \text{demanda trimestral}$$

La demanda de camionetas es estacional, y los índices para los trimestres I, II, III y IV son de 0.80, 1.00, 1.30 y 0.90, respectivamente. Pronostique la demanda para cada trimestre del año 3. Después estacionalice cada pronóstico para ajustarlo a las variaciones trimestrales.

SOLUCIÓN

El trimestre II del año 2 se codifica $x = 5$; el trimestre III del año 2, $x = 6$; y el trimestre IV del año 2, $x = 7$. Por lo tanto, el trimestre I del año 3 se codifica $x = 8$; el trimestre II del año 3, $x = 9$; y así sucesivamente.

$$\begin{aligned} \hat{y} \text{ (Trimestre I del año 3)} &= 10 + 3(8) = 34 \\ \hat{y} \text{ (Trimestre II del año 3)} &= 10 + 3(9) = 37 \\ \hat{y} \text{ (Trimestre III del año 3)} &= 10 + 3(10) = 40 \\ \hat{y} \text{ (Trimestre IV del año 3)} &= 10 + 3(11) = 43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pronóstico ajustado} &= (0.80)(34) = 27.2 \\ \text{Pronóstico ajustado} &= (1.00)(37) = 37 \\ \text{Pronóstico ajustado} &= (1.30)(40) = 52 \\ \text{Pronóstico ajustado} &= (0.90)(43) = 38.7 \end{aligned}$$

PROBLEMA RESUELTO 4.7

Cengiz Haksever dirige una tienda de joyería fina en Estambul. Cengiz se anuncia cada semana en los periódicos locales turcos y está pensando en aumentar su presupuesto publicitario. Antes de hacerlo, decide evaluar la eficacia previa de este tipo de anuncios. Se muestrean cinco semanas y los datos obtenidos son los que se presentan en la siguiente tabla:

VENTAS (EN MILES DE DÓLARES)	PRESUPUESTO DE PUBLICIDAD ESA SEMANA (EN CIENTOS DE DÓLARES)
11	5
6	3
10	7
6	2
12	8

Desarrolle un modelo de regresión para ayudar a Cengiz evaluar su publicidad.

SOLUCIÓN

Aplicamos el modelo de regresión por mínimos cuadrados como lo hicimos en el ejemplo 12.

VENTAS, y	PUBLICIDAD, x	x^2	xy
11	5	25	55
6	3	9	18
10	7	49	70
6	2	4	12
<u>12</u>	<u>8</u>	<u>64</u>	<u>96</u>
$\Sigma y = 45$	$\Sigma x = 25$	$\Sigma x^2 = 151$	$\Sigma xy = 251$
$\bar{y} = \frac{45}{5} = 9$	$\bar{x} = \frac{25}{5} = 5$		

$$\begin{aligned} b &= \frac{\Sigma xy - n\bar{x}\bar{y}}{\Sigma x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{251 - (5)(5)(9)}{151 - (5)(5^2)} \\ &= \frac{251 - 225}{151 - 125} = \frac{26}{26} = 1 \\ a &= \bar{y} - b\bar{x} = 9 - (1)(5) = 4 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el modelo de regresión es $\hat{y} = 4 + 1x$, o Ventas (en miles de dólares) = 4 + 1 (presupuesto de publicidad en cientos de dólares)

Esto significa que por cada aumento de 1 unidad en x (o cien dólares en publicidad), las ventas se incrementan en 1 unidad (o mil dólares).

PROBLEMA RESUELTO 4.8

Empleando los datos del problema resuelto 4.7, encuentre el coeficiente de determinación, r^2 , para el modelo.

SOLUCIÓN

Para encontrar r^2 , debemos calcular también Σy^2 .

$$\begin{aligned} \Sigma y^2 &= 11^2 + 6^2 + 10^2 + 6^2 + 12^2 \\ &= 121 + 36 + 100 + 36 + 144 = 437 \end{aligned}$$

El siguiente paso es encontrar el coeficiente de correlación, r :

$$\begin{aligned} r &= \frac{n\Sigma xy - \Sigma x\Sigma y}{\sqrt{[n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}} \\ &= \frac{5(251) - (25)(45)}{\sqrt{[5(151) - (25)^2][5(437) - (45)^2]}} \\ &= \frac{1255 - 1125}{\sqrt{(130)(160)}} = \frac{130}{\sqrt{20800}} = \frac{130}{144.22} \\ &= 0.9014 \end{aligned}$$

Por lo tanto, $r^2 = (0.9014)^2 = 0.8125$, lo que significa que aproximadamente el 81 por ciento de la variabilidad en las ventas puede explicarse mediante el modelo de regresión con la publicidad como la variable independiente.

Problemas

Nota: **Px** significa que el problema puede resolverse con POM para Windows y/o con Excel OM.

- **4.1** La tabla siguiente da el número de litros de sangre tipo B que el hospital Woodlawn utilizó en las últimas 6 semanas:

SEMANA DE	LITROS USADOS
Agosto 31	360
Septiembre 7	389
Septiembre 14	410
Septiembre 21	381
Septiembre 28	368
Octubre 5	374

- a) Pronostique la demanda para la semana del 12 de octubre usando un promedio móvil de 3 semanas.
- b) Utilice un promedio móvil ponderado de tres semanas, con ponderaciones de 0.1, 0.3 y 0.6, usando .6 para la semana más reciente. Pronostique la demanda para la semana del 12 de octubre.
- c) Calcule el pronóstico para la semana del 12 de octubre usando suavización exponencial con un pronóstico de 360 para el 31 de agosto y $\alpha = 0.2$. **Px**

•• **4.2**

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
DEMANDA	7	9	5	9	13	8	12	13	9	11	7

- a) Grafique los datos anteriores. ¿Observa alguna tendencia, ciclos o variaciones aleatorias?
- b) Comenzando en el año 4 y hasta el año 12, pronostique la demanda usando promedios móviles de 3 años. Grafique su pronóstico en la misma gráfica que los datos originales.
- c) Comenzando en el año 4 y hasta el año 12, pronostique la demanda usando un promedio móvil de 3 años con ponderaciones de .1, 0.3 y 0.6, usando 0.6 para el año más reciente. Grafique su pronóstico en la misma gráfica.
- d) Al comparar cada pronóstico contra los datos originales, ¿cuál parece proporcionar mejores resultados? **Px**

- **4.3** Regrese al problema 4.2. Desarrolle un pronóstico para los años 2 al 12 usando suavización exponencial con $\alpha = 0.4$ y un pronóstico para el año 1 de 6. Grafique su nuevo pronóstico junto con los datos reales y un pronóstico intuitivo. Con base en una inspección visual, ¿cuál pronóstico es mejor? **Px**

- **4.4** Un centro de procesamiento de cheques usa suavización exponencial para pronosticar el número de cheques entrantes cada mes. El número de cheques recibidos en junio fue de 40 millones, aunque el pronóstico era de 42 millones. Se usó una constante de suavización de 0.2.

- a) ¿Cuál es el pronóstico para julio?
- b) Si el centro recibió 45 millones de cheques en julio, ¿cuál será el pronóstico para agosto?
- c) ¿Por qué podría ser inapropiado este método de pronóstico para esta situación? **Px**

- **4.5** El hospital Carbondale está considerando comprar una nueva ambulancia. La decisión dependerá, en parte, del número de millas que deberá recorrerse el próximo año. Las millas recorridas durante los 5 años anteriores son como sigue:

AÑO	NÚMERO DE MILLAS
1	3000
2	4000
3	3400
4	3800
5	3700

- a) Pronostique el número de millas para el próximo año (sexto) usando un promedio móvil de 2 años.
- b) Encuentre la MAD para el pronóstico con promedio móvil de 2 años (*Dato*: Tendrá sólo 3 años de datos correspondientes).
- c) Use un promedio móvil ponderado de 2 años con ponderaciones de 0.4 y 0.6 para pronosticar el número de millas para el próximo año. (El peso de 0.6 es para el año más reciente). ¿Qué MAD resulta del uso de este método de pronóstico? (*Dato*: Tendrá sólo 3 años de datos correspondientes).
- d) Calcule el pronóstico para el año 6 usando suavización exponencial, un pronóstico inicial para el año 1 de 3000 millas, y $\alpha = 0.5$.

Px

- **4.6** Las ventas mensuales en Yazici Batteries, Inc., fueron las siguientes:

MES	VENTAS
Enero	20
Febrero	21
Marzo	15
Abril	14
Mayo	13
Junio	16
Julio	17
Agosto	18
Septiembre	20
Octubre	20
Noviembre	21
Diciembre	23

- a) Grafique los datos de las ventas mensuales.
- b) Pronostique las ventas para enero usando cada una de las técnicas siguientes:
 - i) Método intuitivo.
 - ii) Un promedio móvil de 3 meses.
 - iii) Un promedio móvil ponderado de 6 meses empleando 0.1, 0.1, 0.1, 0.2, 0.2 y 0.3, con las ponderaciones más altas para los meses más recientes.
 - iv) Suavización exponencial con $\alpha = 0.3$ y un pronóstico para septiembre de 18.
 - v) Una proyección de tendencia.
- c) Con los datos proporcionados, ¿qué método le permitiría elaborar el pronóstico de ventas para el próximo mes de marzo? **Px**

- **4.7** La demanda real de los pacientes en la clínica médica Omaha Emergency para las primeras seis semanas de este año es como sigue:

SEMANA	NÚM. REAL DE PACIENTES
1	65
2	62
3	70
4	48
5	63
6	52

El administrador de la clínica, Marc Schniederjans, quiere que pronostique la demanda de pacientes para la semana 7 usando estos datos. Usted decide usar un promedio móvil ponderado para encontrar

este pronóstico. Su método utiliza cuatro niveles de demanda real, con ponderaciones de 0.333 en el periodo actual, de 0.25 hace un periodo, de 0.25 hace dos periodos, y de 0.167 hace tres periodos.

- a) ¿Cuál es el valor de su pronóstico? **Px**
- b) Si las ponderaciones fueran 20, 15, 15 y 10, respectivamente, ¿cómo cambiaría el pronóstico? Explique por qué.
- c) Y si las ponderaciones fueran 0.40, 0.30, 0.20 y 0.10, respectivamente, ¿cómo sería ahora el pronóstico para la semana 7?

• **4.8** Las temperaturas máximas diarias en Saint Louis durante la última semana fueron las siguientes: 93, 94, 93, 95, 96, 88, 90 (ayer).

- a) Pronostique la temperatura máxima para hoy usando un promedio móvil de 3 días.
- b) Pronostique la temperatura máxima para hoy usando un promedio móvil de 2 días.
- c) Calcule la desviación absoluta media con base en un promedio móvil de 2 días.
- d) Calcule el error cuadrático medio para un promedio móvil de 2 días.
- e) Calcule el error porcentual absoluto medio para el promedio móvil de 2 días. **Px**

••• **4.9** Lenovo usa el chip ZX-81 en algunas de sus computadoras portátiles. Los precios del chip durante los últimos 12 meses fueron como sigue:

MES	PRECIO POR CHIP	MES	PRECIO POR CHIP
Enero	\$1.80	Julio	1.80
Febrero	1.67	Agosto	1.83
Marzo	1.70	Septiembre	1.70
Abril	1.85	Octubre	1.65
Mayo	1.90	Noviembre	1.70
Junio	1.87	Diciembre	1.75

- a) Use un promedio móvil de 2 meses en todos los datos y grafique los promedios y los precios.
- b) Use un promedio móvil de 3 meses y agréguelo en la gráfica creada en el inciso (a).
- c) ¿Cuál es mejor (usando la desviación absoluta media): el promedio de 2 meses o el de 3 meses?
- d) Calcule el pronóstico para cada mes usando suavización exponencial y un pronóstico inicial para enero de \$1.80. Utilice primero $\alpha = 0.1$, después $\alpha = 0.3$, y por último $\alpha = 0.5$. Empleando la MAD, ¿qué α es mejor? **Px**

•• **4.10** Los datos recopilados en las inscripciones anuales para un seminario de Seis Sigma en Quality College se muestran en la tabla siguiente:

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
INSCRIPCIONES (000)	4	6	4	5	10	8	7	9	12	14	15

- a) Desarrolle un promedio móvil de 3 años para pronosticar las inscripciones del año 4 al año 12.
- b) Estime la demanda de nuevo para los años 4 a 12 con un promedio móvil ponderado donde la inscripción del año más reciente tenga un peso de 2 y en los otros dos años un peso de 1.
- c) Grafique los datos originales y los dos pronósticos. ¿Cuál de los dos métodos de pronóstico parece mejor? **Px**

• **4.11** Use suavización exponencial con una constante de suavización de 0.3 para pronosticar las inscripciones al seminario del problema 4.10. Para comenzar el procedimiento, suponga que el pronóstico para el año 1 fue una inscripción de 5000 personas.

- a) ¿Cuál es la MAD? **Px**
- b) ¿Cuál es el MSE?

•• **4.12** Considere los siguientes niveles de demanda real y pronosticada para las hamburguesas Big Mac en un restaurante McDonald's local.

DÍA	DEMANDA REAL	DEMANDA PRONOSTICADA
Lunes	88	88
Martes	72	88
Miércoles	68	84
Jueves	48	80
Viernes		

El pronóstico para el lunes se obtuvo observando el nivel de demanda para el lunes y estableciendo el nivel pronosticado a este mismo nivel real. Los pronósticos subsiguientes se obtuvieron usando suavización exponencial con una constante de suavización de 0.25. Usando este método de suavización exponencial, ¿cuál es el pronóstico para la demanda de Big Mac el viernes? **Px**

••• **4.13** Como se puede observar en la tabla siguiente, la demanda de cirugías para trasplantes de corazón en el Hospital General de Washington ha aumentado de manera estable durante los últimos años:

AÑO	1	2	3	4	5	6
TRASPLANTES DE CORAZÓN	45	50	52	56	58	?

El director de servicios médicos pronosticó hace 6 años que la demanda en el año 1 sería de 41 cirugías.



Condor 36/Shutterstock

- a) Use suavización exponencial, primero con una constante de suavización de 0.6 y después de 0.9, y desarrolle el pronóstico para los años 2 a 6.
- b) Utilice un promedio móvil de 3 años para pronosticar la demanda de los años 4, 5 y 6.
- c) Use el método de proyección de tendencia y pronostique la demanda para los años 1 a 6.
- d) Con la MAD como criterio, ¿cuál de los cuatro métodos de proyección es el mejor? **Px**

•• **4.14** A continuación se presentan dos pronósticos semanales realizados mediante dos métodos diferentes para el número de galones de gasolina, en miles, demandado en una gasolinera local. También se muestran los niveles reales de demanda, en miles de galones:

SEMANA	PRONÓSTICOS		DEMANDA REAL
	MÉTODO 1	METHOD 2	
1	0.90	0.80	0.70
2	1.05	1.20	1.00
3	0.95	0.90	1.00
4	1.20	1.11	1.00

¿Cuáles son los valores de la MAD y el MSE para cada método?

- **4.15** Retome el problema resuelto 4.1 de la página 138.
 - a) Use un promedio móvil de 3 años para pronosticar las ventas de Volkswagen Beetle en Nevada durante el año 6.
 - b) ¿Cuál es la MAD? **Px**
 - c) ¿Cuál es el MSE?
- **4.16** Retome el problema resuelto 4.1.
 - a) Usando el método de proyección de tendencia pronostique las ventas de Volkswagen Beetle en Nevada durante el año 6.
 - b) ¿Cuál es la MAD? **Px**
 - c) ¿Cuál es el MSE?
- **4.17** Retome el problema resuelto 4.1. Usando constantes de suavización de .6 y .9, desarrolle pronósticos para las ventas de Volkswagen Beetle. ¿Qué efecto tiene la constante de suavización en el pronóstico? Use la MAD para determinar cuál de las tres constantes de suavización (0.3, 0.6 y 0.9) da el pronóstico más acertado. **Px**

•••• **4.18** Considere los siguientes niveles de la demanda real (A_t) y pronosticada (F_t) para un teléfono comercial multilínea en Office Max:

PERIODO, t	DEMANDA REAL, A_t	DEMANDA PRONOSTICADA, F_t
1	50	50
2	42	50
3	56	48
4	46	50
5		

El primer pronóstico, F_1 , se obtuvo observando A_1 y estableciendo F_1 igual a A_1 . Los pronósticos subsecuentes se obtuvieron mediante suavización exponencial. Usando el método de suavización exponencial, encuentre el pronóstico para el quinto periodo. (Dato: Primero es necesario encontrar la constante de suavización, α).

••• **4.19** Los ingresos en el despacho de arquitectos Spragings and Yunes para el periodo de febrero a julio han sido como sigue:

MES	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Ingreso (en miles de dólares)	70.0	68.5	64.8	71.7	71.3	72.8

Use suavización exponencial con ajuste de tendencia para pronosticar el ingreso de agosto para esta compañía. Suponga que el pronóstico inicial para febrero es de 65 000 dólares y el ajuste de tendencia inicial es de 0. Las constantes de suavización seleccionadas son $\alpha = 0.1$ y $\beta = 0.2$. **Px**

••• **4.20** Resuelva el problema 4.19 con $\alpha = 0.1$ y $\beta = 0.8$. Usando MSE, determine la constante de suavización que proporciona el mejor pronóstico. **Px**

• **4.21** Vea la ilustración de suavización exponencial con ajuste de tendencia del ejemplo 7 en las páginas 117 a 119. Usando $\alpha = 0.2$ y $\beta = 0.4$, pronosticamos las ventas de 9 meses y mostramos el detalle de los cálculos para los meses 2 y 3. En el problema resuelto 4.2 continuamos el proceso para el mes 4.

En este problema muestre sus cálculos para los meses 5 y 6 para F_t , T_t y FIT_t . **Px**

• **4.22** Retome el problema 4.21. Complete los cálculos del pronóstico de suavización exponencial con ajuste de tendencia para los periodos 7, 8 y 9. Confirme que sus cifras para F_t , T_t y FIT_t correspondan a las de la tabla 4.1 (pág. 118). **Px**

•• **4.23** La tabla siguiente muestra las ventas de cobertores registradas durante el año pasado en la tienda departamental Bud Banis de Carbondale. Los administradores prepararon un pronóstico empleando una combinación de suavización exponencial y su juicio colectivo para los siguientes 4 meses (marzo, abril, mayo y junio).

MES	VENTAS UNITARIAS	PRONÓSTICO DE LA ADMINISTRACIÓN
Julio	100	
Agosto	93	
Septiembre	96	
Octubre	110	
Noviembre	124	
Diciembre	119	
Enero	92	
Febrero	83	
Marzo	101	120
Abril	96	114
Mayo	89	110
Junio	108	108

- a) Calcule la MAD y el MAPE de la técnica usada por la administración.
- b) ¿Los resultados de la administración superaron (tienen MAD y MAPE menores que) el pronóstico intuitivo?
- c) ¿Qué pronóstico recomendaría, con base en el menor error de pronóstico?

•• **4.24** Mark Gershon, propietario de una tienda distribuidora de instrumentos musicales, cree que la demanda de guitarras puede estar relacionada con el número de apariciones en televisión del popular grupo Maroon 5 durante el mes pasado. Mark ha recopilado los datos que se muestran en la tabla siguiente:

DEMANDA DE GUITARRAS	3	6	7	5	10	7
APARICIONES EN TELEVISIÓN DE MAROON 5	3	4	7	6	8	5

- a) Grafique estos datos para saber si una ecuación lineal podría describir la relación que hay entre las apariciones en televisión del grupo y la venta de guitarras.
- b) Use el método de regresión por mínimos cuadrados para obtener una ecuación de pronóstico.
- c) ¿Cuál sería su estimación de las ventas de guitarras si Maroon 5 hubiese aparecido nueve veces en televisión el mes anterior?
- d) ¿Cuáles son el coeficiente de correlación (r) y el coeficiente de determinación (r^2) para este modelo, y qué significan? **Px**

• **4.25** La tabla siguiente presenta los datos del número de accidentes ocurridos en la carretera estatal 101 de Florida durante los últimos 4 meses.

MES	NÚMERO DE ACCIDENTES
Enero	30
Febrero	40
Marzo	60
Abril	90

Pronostique el número de accidentes que ocurrirán en mayo usando regresión por mínimos cuadrados para obtener una ecuación de tendencia. **Px**

• **4.26** En el pasado, la distribuidora de Peter Kell en Baton Rouge vendió un promedio de 1000 llantas radiales cada año. En los dos años anteriores vendió 200 y 250, respectivamente, durante el otoño, 350 y 300 en invierno, 150 y 165 en primavera, y 300 y 285 en verano. Con una ampliación importante en puerta, Kelle proyecta que las ventas se incrementarán el próximo año a 1200 llantas radiales. ¿Cuál será la demanda en cada estación?

•• **4.27** George Kyparisis posee una compañía que fabrica lanchas. Las demandas reales de las lanchas de Mark durante cada una de las pasadas 4 temporadas fueron como sigue:

TEMPORADA	AÑO			
	1	2	3	4
Invierno	1400	1200	1000	900
Primavera	1500	1400	1600	1500
Verano	1000	2100	2000	1900
Otoño	600	750	650	500

George ha pronosticado que la demanda anual de sus lanchas en el año 5 será igual a 5600. Con base en estos datos y el modelo estacional multiplicativo, ¿cuál será el nivel de la demanda para las lanchas de George en la primavera del año 5?

•• **4.28** La asistencia al nuevo parque tipo Disney en Orlando, Lego World, ha sido la siguiente:

TRIMESTRE	ASISTENTES (EN MILES)	TRIMESTRE	ASISTENTES (EN MILES)
Invierno año 1	73	Verano año 2	124
Primavera año 1	104	Otoño año 2	52
Verano año 1	168	Invierno año 3	89
Otoño año 1	74	Primavera año 3	146
Invierno año 2	65	Verano año 3	205
Primavera año 2	82	Otoño año 3	98

Calcule los índices estacionales usando todos los datos. **Px**

• **4.29** North Dakota Electric Company estima que la recta de tendencia de su demanda (en millones de kilowatt-hora) es:

$$D = 77 + 0.43Q,$$

donde Q se refiere al número secuencial de trimestres y $Q = 1$ para el invierno del año 1. Además, los factores multiplicadores estacionales son:

TRIMESTRE	FACTOR (ÍNDICE)
Invierno	0.8
Primavera	1.1
Verano	1.4
Otoño	0.7

Pronostique el uso de energía para los cuatro trimestres del año 25, comenzando en invierno.

• **4.30** Lori Cook ha desarrollado el siguiente modelo de pronóstico:

$$\hat{y} = 36 + 4.3x$$

donde \hat{y} = demanda de aires acondicionados Kool Air y x = la temperatura exterior (°F) **Px**

- a) Pronostique la demanda del Kool Air cuando la temperatura es de 70°F.
- b) ¿Cuál es la demanda cuando la temperatura es de 80°F?
- c) ¿Cuál es la demanda cuando la temperatura es de 90°F? **Px**

•• **4.31** El administrador de Café Michigan, Gary Stark, sospecha que la demanda de cafés con leche sabor moca depende de su precio. Según las observaciones históricas, Gary ha recopilado los siguientes datos que muestran el número de cafés de este tipo vendidos a seis precios diferentes:

PRECIO	CAFÉS VENDIDOS
\$2.70	760
\$3.50	510
\$2.00	980
\$4.20	250
\$3.10	320
\$4.05	480

Usando estos datos, ¿cuántos cafés con leche sabor moca pronosticaría usted para ser vendidos de acuerdo con una regresión lineal simple si el precio por taza fuera de \$2.80? **Px**

• **4.32** Los siguientes datos relacionan las cifras de ventas del pequeño bar de la casa de huéspedes de Mark Kaltenbach, en Portland, con el número de huéspedes registrados esa semana:

SEMANA	HUÉSPEDES	VENTAS DEL BAR
1	16	\$330
2	12	270
3	18	380
4	14	300

- a) Realice una regresión lineal que relacione las ventas del bar con los huéspedes (no con el tiempo).
- b) Si el pronóstico para la semana siguiente es de 20 huéspedes, ¿de cuánto se espera que sean las ventas? **Px**

• **4.33** En la tabla siguiente se muestra el número de unidades de disco internas (en millones) fabricadas en una planta de Taiwán durante los últimos 5 años:

AÑO	UNIDADES DE DISCO
1	140
2	160
3	190
4	200
5	210

- a) Usando una regresión lineal, pronostique el número de unidades de disco que se fabricará el próximo año.
- b) Calcule el error cuadrático medio (MSE) al utilizar la regresión lineal.
- c) Calcule el error porcentual absoluto medio (MAPE). **Px**

• **4.34** El número de accidentes automovilísticos en Athens, Ohio, está relacionado con el número de automóviles registrados en miles (X_1), la venta de bebidas alcohólicas en unidades de \$10000 (X_2), y la cantidad de lluvia medida en pulgadas (X_3). Además, la fórmula de regresión se ha calculado como:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

donde

- Y = número de accidentes automovilísticos
- $a = 7.5$
- $b_1 = 3.5$
- $b_2 = 4.5$
- $b_3 = 2.5$

Calcule el número esperado de accidentes bajo las condiciones a, b, y c:

	X_1	X_2	X_3
(a)	2	3	0
(b)	3	5	1
(c)	4	7	2

•• **4.35** Rhonda Clark, una corredora de bienes raíces de Slippery Rock, Pennsylvania, ha diseñado un modelo de regresión que le ayuda a determinar los precios de las casas residenciales localizadas al noroeste de Pennsylvania. El modelo se desarrolló empleando las ventas recientes registradas en un vecindario en particular. El precio de la casa (Y) se basa en su tamaño (pies cuadrados = X). El modelo es:

$$Y = 13473 + 37.65X$$

El coeficiente de correlación para el modelo es de 0.63.

- Use el modelo para predecir el precio de venta de una casa que tiene 1860 pies cuadrados.
- Una casa con 1860 pies cuadrados se vendió recientemente en 95 000 dólares. Explique por qué esta cifra no se corresponde con la predicción del modelo.
- Si usara regresión múltiple para desarrollar dicho modelo, ¿cuáles otras variables cuantitativas podrían incluirse?
- ¿Cuál es el valor del coeficiente de determinación en este problema? **PX**

• **4.36** Los contadores de la compañía de Tucson, Larry Youdelman, CPAs, creen que algunos ejecutivos estaban incluyendo en sus cuentas facturas de gastos inusualmente altas cuando regresaban de sus viajes de negocios. Primero tomaron una muestra de 200 facturas entregadas durante el año pasado. Después desarrollaron la siguiente ecuación de regresión múltiple para relacionar el costo esperado del viaje con el número de días de viaje (x_1) y la distancia recorrida (x_2) en millas:

$$\hat{y} = \$90.00 + \$48.50x_1 + \$0.40x_2$$

El coeficiente de correlación calculado fue de 0.68.

- Si Donna Battista regresa de un viaje de 300 millas por el que estuvo 5 días fuera de la ciudad, ¿cuál es la cantidad esperada que debe solicitar por los gastos?
- Battista introdujo una solicitud de reembolso por 685 dólares, ¿qué debe hacer el contador?
- ¿Deberían incluirse otras variables? ¿Cuáles? ¿Por qué? **PX**

•• **4.37** Las ventas de computadoras tableta durante las pasadas 10 semanas, registradas en la tienda de electrónicos de Ted Glickman en Washington, D. C., se muestran en la tabla siguiente.

SEMANA	DEMANDA	SEMANA	DEMANDA
1	20	6	29
2	21	7	36
3	28	8	22
4	37	9	25
5	25	10	28

- Pronostique la demanda para cada semana, incluyendo la semana 10, usando un suavización exponencial con $\alpha = 0.5$ (pronóstico inicial = 20).
- Calcule la MAD.
- Calcule la señal de control. **PX**

•• **4.38** El gobierno de la ciudad ha recopilado los siguientes datos de la recaudación anual de impuestos sobre ventas y registros de automóviles nuevos:

IMPUESTOS ANUALES RECAUDADOS POR VENTAS (EN MILLONES)	1.0	1.4	1.9	2.0	1.8	2.1	2.3
REGISTROS DE NUEVOS AUTOMÓVILES (EN MILES)	10	12	15	16	14	17	20

Determine lo siguiente:

- La ecuación de regresión por mínimos cuadrados.
- A partir de los resultados del inciso (a), encuentre la recaudación estimada de impuestos por ventas si los registros de automóviles nuevos ascienden a 22 000.
- Los coeficientes de correlación y determinación. **PX**

•• **4.39** La doctora Lillian Fok, psicóloga radicada en Nueva Orleans, se especializa en el tratamiento de pacientes con agorafobia (es decir, miedo a salir de casa). La tabla siguiente indica cuántos pacientes ha atendido anualmente durante los últimos 10 años. Asimismo señala el índice de robos registrados en Nueva Orleans para el mismo año.

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NÚMERO DE PACIENTES	36	33	40	41	40	55	60	54	58	61
ÍNDICE DE ROBOS POR CADA 1000 HABITANTES	58.3	61.1	73.4	75.7	81.1	89.0	101.1	94.8	103.3	116.2

Usando el análisis de tendencia (regresión lineal), pronostique el número de pacientes que la doctora Fok atenderá en los años 11 y 12 como una función del tiempo. ¿Cómo se ajusta el modelo a los datos? **PX**

•• **4.40** Con los datos del problema 4.39, aplique una regresión lineal para estudiar la relación que hay entre el índice de robos y la carga de pacientes de la doctora Fok. Si el índice de robos se incrementa a 131.2 en el año 11, ¿cuántos pacientes con fobia atenderá la doctora Fok? Si el índice de robos cae a 90.6, ¿cuál es la proyección de pacientes? **PX**

••• **4.41** Se cree que los viajes en autobús y tren subterráneo durante los meses de verano en Londres están muy relacionados con el número de turistas que visitan la ciudad. Durante los últimos 12 años se han obtenido los siguientes datos:



Associated Press

AÑO (MESES DE VERANO)	NÚMERO DE TURISTAS (EN MILLONES)	NÚMERO DE VIAJES (EN MILLONES)
1	7	1.5
2	2	1.0
3	6	1.3
4	4	1.5
5	14	2.5
6	15	2.7
7	16	2.4
8	12	2.0
9	14	2.7
10	20	4.4
11	15	3.4
12	7	1.7

- a) Grafique estos datos y decida si es razonable emplear el modelo lineal.
- b) Desarrolle una relación de regresión.
- c) ¿Cuál es el número de viajes esperado si en un año visitan Londres 10 millones de turistas?
- d) Explique el comportamiento de los viajes pronosticados si no hubiera turistas.
- e) ¿Cuál es el error estándar de la estimación?
- f) ¿Cuáles son el coeficiente de correlación y el coeficiente de determinación del modelo? **Px**

*** 4.42 El director general de Southern Illinois Power, John Goodale, ha recabado los datos de la demanda de energía eléctrica en su subregión oeste sólo para los 2 últimos años. La información se muestra en la tabla siguiente:

Para planear una expansión y acordar el préstamo de energía con otras compañías de servicio público durante los periodos pico, Goodale debe estar en posibilidad de pronosticar la demanda de cada mes para el próximo año. Sin embargo, los modelos de pronóstico estándar analizados en este capítulo no se ajustan a los datos observados durante los 2 años.

- a) ¿Cuáles son las debilidades de las técnicas de pronósticos estándar al aplicarse a esta serie de datos?
- b) Como los modelos conocidos no son apropiados para este caso, haga una propuesta para aproximarse al pronóstico. Aunque no existe una solución perfecta para manejar datos de este tipo (en otras palabras, no existen respuestas que sean un 100% correctas o incorrectas), justifique su modelo.
- c) Pronostique la demanda para cada mes del próximo año con el modelo que usted propuso.

DEMANDA EN MEGAWATTS		
MES	AÑO PASADO	AÑO ACTUAL
Enero	5	17
Febrero	6	14
Marzo	10	20
Abril	13	23
Mayo	18	30
Junio	15	38
Julio	23	44
Agosto	26	41
Septiembre	21	33
Octubre	15	23
Noviembre	12	26
Diciembre	14	17

*** 4.43 En la tabla siguiente se muestran las llamadas de emergencia hechas al sistema 911 durante las últimas 24 semanas en Durham, North Carolina:

SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LLAMADAS	50	35	25	40	45	35	20	30	35	20	15	40
SEMANA	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
LLAMADAS	55	35	25	55	55	40	35	60	75	50	40	65

- a) Calcule el pronóstico suavizado exponencialmente de las llamadas para cada semana. Suponga un pronóstico inicial de 50 llamadas en la primera semana, y use $\alpha = 0.2$. ¿Cuál es el pronóstico para la semana 25?
- b) Pronostique de nuevo cada periodo usando $\alpha = 0.6$.
- c) Las llamadas reales durante la semana 25 fueron 85. ¿Qué constante de suavización proporciona un pronóstico superior? Explique y justifique la medida de error que use. **Px**

*** 4.44 Usando los datos de las llamadas al 911 del problema 4.43, pronostique las llamadas para las semanas 2 a 25 con un modelo de suavización exponencial con ajuste de tendencia. Suponga un pronóstico inicial de 50 llamadas para la semana 1 y una tendencia inicial de cero. Use constantes de suavización $\alpha = 0.3$ y $\beta = 0.2$. ¿Es éste un mejor modelo que el del problema 4.43?, ¿qué ajuste podría ser útil para mejorarlo aún más? (De nuevo, suponga que las llamadas reales en la semana 25 fueron 85). **Px**

*** 4.45 En la tabla siguiente se muestran los niveles de la demanda real y pronosticada desde mayo hasta diciembre para las unidades de un producto fabricado por la compañía D. Bishop en Des Moines:

MES	DEMANDA REAL	DEMANDA PRONOSTICADA
Mayo	100	100
Junio	80	104
Julio	110	99
Agosto	115	101
Septiembre	105	104
Octubre	110	104
Noviembre	125	105
Diciembre	120	109

¿Cuál es el valor de la señal de control al final de diciembre?

** 4.46 Trece estudiantes entraron al programa de negocios en el Santa Fe College hace 2 años. La tabla siguiente indica los puntos que obtuvo cada estudiante en el examen de matemáticas de preparatoria SAT y los promedios finales (GPA) después de su participación en el programa de Santa Fe durante 2 años.

ESTUDIANTE	A	B	C	D	E	F	G
PUNTOS SAT	421	377	585	690	608	390	415
GPA	2.90	2.93	3.00	3.45	3.66	2.88	2.15
ESTUDIANTE	H	I	J	K	L	M	
PUNTOS SAT	481	729	501	613	709	366	
GPA	2.53	3.22	1.99	2.75	3.90	1.60	

- a) ¿Existe alguna relación significativa entre los puntos obtenidos en matemáticas en el SAT y los promedios finales?
- b) Si un estudiante obtuvo 350 puntos, ¿cuál será su GPA?
- c) ¿Qué ocurre con un estudiante que obtuvo 800?

••• **4.47** Storrs Cycles acaba de comenzar a vender la nueva bicicleta de montaña Cyclone, con ventas mensuales que se muestran en la tabla siguiente. Primero, el copropietario Bob Day quiere pronosticar con la suavización exponencial estableciendo primero el pronóstico de febrero igual a las ventas de enero con $\alpha = 0.1$. La copropietaria Sherry Snyder quiere usar un promedio móvil de tres periodos.

	VENTAS	BOB	SHERRY	ERROR DE BOB	ERROR DE SHERRY
ENERO	400	—			
FEBRERO	380	400			
MARZO	410				
ABRIL	375				
MAYO					

- ¿Existe una tendencia lineal fuerte en las ventas a través del tiempo?
- Complete la tabla con las cifras que Bob y Sherry pronostican cada uno para mayo y los meses anteriores.
- Suponga que las ventas reales para mayo resultan ser de 405. Complete las columnas de la tabla y luego calcule la desviación absoluta media para los métodos de Bob y Sherry.
- Con base en estos cálculos, ¿cuál método parece ser más preciso?

Px

•• **4.48** Dave Fletcher, gerente general de North Carolina Engineering Corporation (NCEC), cree que los servicios de ingeniería de las empresas de construcción de carreteras que contratan a su compañía se relacionan directamente con el volumen de negocios de construcción de carreteras contratados con las compañías ubicadas en su área geográfica. Se pregunta si en realidad es de esta forma, y si lo es, ¿le ayudaría esta información a planear mejor sus operaciones pronosticando la cantidad de sus servicios de ingeniería requeridos por las empresas de construcción en cada trimestre del año? En la tabla siguiente se presentan los datos de ventas de sus servicios y los montos totales de los contratos de construcción de carreteras de los últimos 8 trimestres:

TRIMESTRE	1	2	3	4	5	6	7	8
Ventas de servicios de NCEC (en miles de dólares)	8	10	15	9	12	13	12	16
Contratos firmados (en miles de dólares)	153	172	197	178	185	199	205	226

- Usando estos datos, desarrolle una ecuación de regresión para predecir el nivel de demanda de los servicios de NCEC.
- Determine el coeficiente de correlación y el error estándar de la estimación. **Px**

•••• **4.49** Boulanger Savings and Loan está orgullosa de su larga tradición en Winter Park, Florida. Iniciada por Michelle Boulanger 22 años después de la Segunda Guerra Mundial, S&L ha sorteado con éxito la tendencia a los problemas financieros y de liquidez que han

plagado muchas veces a la industria. Los depósitos se han incrementado de manera lenta pero segura, sin importar las recesiones de 1983, 1988, 1991, 2001 y 2010. La señora Boulanger piensa que es necesario contar con un plan estratégico de largo plazo para su empresa, incluido el pronóstico para los depósitos a un año y de preferencia a 5 años. Ella examina los datos de los depósitos pasados y también estudia el producto estatal bruto (PEB) de Florida durante los mismos 44 años. (El PEB es análogo al producto nacional bruto [PNB], pero a nivel estatal). Los datos resultantes se presentan en la tabla siguiente:

AÑO	DEPÓSITOS ^a	PEB ^b	AÑO	DEPÓSITOS ^a	PEB ^b
1	0.25	0.4	23	6.2	2.5
2	0.24	0.4	24	4.1	2.8
3	0.24	0.5	25	4.5	2.9
4	0.26	0.7	26	6.1	3.4
5	0.25	0.9	27	7.7	3.8
6	0.30	1.0	28	10.1	4.1
7	0.31	1.4	29	15.2	4.0
8	0.32	1.7	30	18.1	4.0
9	0.24	1.3	31	24.1	3.9
10	0.26	1.2	32	25.6	3.8
11	0.25	1.1	33	30.3	3.8
12	0.33	0.9	34	36.0	3.7
13	0.50	1.2	35	31.1	4.1
14	0.95	1.2	36	31.7	4.1
15	1.70	1.2	37	38.5	4.0
16	2.3	1.6	38	47.9	4.5
17	2.8	1.5	39	49.1	4.6
18	2.8	1.6	40	55.8	4.5
19	2.7	1.7	41	70.1	4.6
20	3.9	1.9	42	70.9	4.6
21	4.9	1.9	43	79.1	4.7
22	5.3	2.3	44	94.0	5.0

^aEn millones de dólares.
^bEn miles de millones de dólares.

- Primero utilice suavización exponencial con $\alpha = 0.6$, después el análisis de tendencia, y por último la regresión lineal para analizar cuál modelo de pronóstico es mejor para el plan estratégico de Boulanger. Justifique la elección de un modelo sobre el otro.
- Examine con detalle los datos. ¿Podría excluirse parte de la información? ¿Por qué? ¿Cambiaría esto la elección del modelo? **Px**

ESTUDIOS DE CASO

Southwestern University: (B)*

Southwestern University (SWU) es una gran universidad estatal ubicada en Stephenville, Texas, con una matrícula de casi 20 000 estudiantes. La escuela tiene una fuerza dominante en el ambiente social de esta pequeña ciudad, ya que durante el otoño y la primavera hay más estudiantes que residentes permanentes.

Siempre reconocida como una potencia en fútbol americano, la SWU califica por lo general entre las 20 mejores del fútbol colegial. Desde que contrató al legendario Phil Flamm como entrenador en jefe en 2006 (con la esperanza de alcanzar el anhelado número 1), se incrementó la asistencia los cinco sábados de juegos en casa. Antes de la llegada de Flamm, en general la asistencia promedio era de 25 000 a 29 000 personas por juego. Pero con sólo el anuncio de su llegada, la venta de boletos para la temporada aumentó en más de 10 000 aficionados. ¡Stephenville y SWU estaban listos para cosas grandes!

Sin embargo, el problema inmediato a que se enfrentaba la SWU no era su posición en la NCAA, sino la capacidad de su estadio. El estadio actual de SWU, construido en 1953, tenía una capacidad para 54 000 seguidores. La tabla siguiente indica la asistencia a cada juego durante los últimos 6 años.

Una de las demandas de Flamm desde que se unió a la SWU ha sido la ampliación del estadio, o incluso la construcción de uno nuevo. Con el incremento de la asistencia, los administradores de SWU comenzaron a ver la forma de solucionar el problema. Para Flamm, los dormitorios individuales de sus atletas debían formar parte de cualquier expansión.

El presidente de SWU, doctor Joel Wisner, decidió que era tiempo de que su vicepresidente de desarrollo pronosticara cuándo sería insuficiente el estadio actual. En su mente la ampliación era un hecho, pero Wisner debía saber cuánto tiempo podía esperar. Asimismo buscó una proyección de los ingresos, suponiendo un precio promedio por boleto de 50 dólares en 2013 y un aumento anual del 5% en los precios futuros.

Preguntas para análisis

1. Desarrolle un modelo de pronóstico justificando su selección sobre cualesquiera otras técnicas y proyecte la asistencia hasta 2014.
2. ¿Qué ingresos deben esperarse en 2013 y 2014?
3. Analice las alternativas de la escuela.

*Este caso integrado se analiza a lo largo del libro. Otros aspectos a que se enfrenta Southwestern con la ampliación del estadio son (A) la administración del proyecto del estadio (capítulo 3); (C) la calidad de las instalaciones (capítulo 6); (D) el análisis desglosado de los servicios de comida (suplemento 7 del sitio web); (E) la localización del nuevo estadio (capítulo 8 en el sitio web); (F) la planeación del inventario de los programas de fútbol (capítulo 12 del sitio web); y (G) la programación del personal de seguridad del campus durante los días de juego (capítulo 13 del sitio web).

Asistencia a los juegos de fútbol en Southwestern University, 2007-2012

JUEGO	2007		2008		2009	
	ASISTENCIA	OPONENTE	ASISTENCIA	OPONENTE	ASISTENCIA	OPONENTE
1	34 200	Rice	36 100	Miami	35 900	USC
2 ^a	39 800	Texas	40 200	Nebraska	46 500	Texas Tech
3	38 200	Duke	39 100	Ohio State	43 100	Alaska
4 ^b	26 900	Arkansas	25 300	Nevada	27 900	Arizona
5	35 100	TCU	36 200	Boise State	39 200	Baylor

JUEGO	2010		2011		2012	
	ASISTENCIA	OPONENTE	ASISTENCIA	OPONENTE	ASISTENCIA	OPONENTE
1	41 900	Arkansas	42 500	Indiana	46 900	LSU
2 ^a	46 100	Missouri	48 200	North Texas	50 100	Texas
3	43 900	Florida	44 200	Texas A&M	45 900	South Florida
4 ^b	30 100	Central Florida	33 900	Southern	36 300	Montana
5	40 500	LSU	47 800	Oklahoma	49 900	Arizona State

^aJuegos de bienvenida.

^bDurante la cuarta semana de cada temporada, Stephenville organiza un gigantesco festival de artesanías populares. Este evento atrae a decenas de miles de turistas al pueblo, en especial los fines de semana, y tiene un evidente efecto negativo en la asistencia a los juegos.

★ **Pronóstico de ingresos por boletaje vendido en los juegos de básquetbol del Orlando Magic**

Caso en video 

Durante sus primeras 2 décadas de existencia, el equipo de básquetbol Orlando Magic de la NBA estableció los precios de los asientos en sus 41 juegos como local de manera uniforme. Si un asiento cercano a la duela se vendía por \$150, ése era el precio a pagar, independientemente del rival, el día de la semana, o el momento de la temporada. Si un asiento del segundo nivel se vendía a \$10 en el primer partido del año, el asiento conservaba el mismo precio de \$10 en cada juego de la temporada.

Pero cuando Anthony Pérez, director de estrategia de negocios, terminó su maestría en administración de negocios en la Universidad de Florida, desarrolló una valiosa base de datos de la venta de boletos. El análisis de los datos lo llevó a construir un modelo de pronóstico con el que esperaba aumentar los ingresos por boletaje vendido. Pérez planteó la hipótesis de que la venta de un boleto para asientos similares debe variar en función de la demanda.

Mediante el estudio de las ventas individuales de boletos del Magic en el mercado abierto Stub Hub durante la temporada anterior, Pérez determinó los ingresos adicionales por ventas que el Magic podría haber tenido si hubiera aplicado precios que los aficionados habrían estado dispuestos a pagar en Stub Hub. Ésta se convirtió en su variable dependiente, y , en un modelo de regresión múltiple.

También encontró las tres variables que le ayudarían a construir el precio por asiento del “mercado verdadero” para todos los partidos. Con su modelo, era posible que el mismo asiento tuviera hasta siete diferentes precios creados al inicio de la temporada: en ocasiones más altos y a veces más bajos de lo esperado en promedio.

Los principales factores estadísticamente significativos que encontró para determinar qué tan alta sería la demanda, y por lo tanto cuánto podría subir el precio del boleto, para un juego fueron:

- ▶ El día de la semana (x_1)
- ▶ Una valoración de qué tan popular es el oponente (x_2)
- ▶ La época del año (x_3)

Para el día de la semana, Pérez encontró que los lunes son los días de partido más desfavorecidos (y les asignó un valor de 1). El resto de los días



Fernando Medina

de la semana aumentan en popularidad, hasta el partido del sábado, al que le asignó un 6. Los domingos y viernes recibieron una clasificación de 5 y los días festivos de 3 (consulte la nota al pie de la tabla 4.2).

Sus calificaciones de los oponentes, asignadas justo antes del inicio de la temporada, son subjetivas y van desde un mínimo de 0 hasta un máximo de 8. Un equipo de muy alta calificación en esa temporada en particular puede haber tenido una o más superestrellas en su alineación, o haber ganado la final de la NBA en la temporada anterior, haciéndolo popular entre los aficionados.

Por último, Pérez creía que la temporada de la NBA podría dividirse en cuatro periodos de popularidad:

- ▶ Los primeros juegos (a los que les asignó puntuaciones de 0)
- ▶ Juegos durante la temporada de Navidad (con un puntaje de 3)
- ▶ Juegos hasta el receso del Juego de estrellas (que recibieron un 2)
- ▶ Juegos que definen los play-offs (con un puntaje de 3)

TABLA 4.2

Datos del modelo de precios de venta para los boletos del Magic el año pasado

EQUIPO	FECHA*	DÍA DE LA SEMANA*	ÉPOCA DEL AÑO	PUNTUACIÓN DEL Oponente	VENTAS POTENCIALES ADICIONALES
Phoenix Suns	4 de noviembre	Miércoles	0	0	\$12 331
Detroit Pistons	6 de noviembre	Viernes	0	1	\$29 004
Cleveland Cavaliers	11 de noviembre	Miércoles	0	6	\$109 412
Miami Heat	25 de noviembre	Miércoles	0	3	\$75 783
Houston Rockets	23 de diciembre	Miércoles	3	2	\$42 557
Boston Celtics	28 de enero	Jueves	1	4	\$120 212
New Orleans Hornets	3 de febrero	Lunes	1	1	\$20 459
L. A. Lakers	7 de marzo	Domingo	2	8	\$231 020
San Antonio Spurs	17 de marzo	Miércoles	2	1	\$28 455
Denver Nuggets	23 de marzo	Domingo	2	1	\$110 561
NY Knicks	9 de abril	Viernes	3	0	\$44 971
Philadelphia 76ers	14 de abril	Miércoles	3	1	\$30 257

*Días de la semana clasificados como 1 = Lunes, 2 = Martes, 3 = Miércoles, 4 = Jueves, 5 = Viernes, 6 = Sábado, 5 = Domingo, 3 = Días festivos.

El primer año, Pérez construyó su modelo de regresión múltiple, la variable dependiente y , que era un “marcador de ingresos potenciales adicionales”, generó un $R^2 = 0.86$, con la siguiente ecuación:

$$y = 14996 + 10801x_1 + 23397x_2 + 10784x_3$$

En la tabla 4.2 se ilustra, por razones de brevedad en este caso de estudio, una muestra de 12 juegos en ese año (de un total de 41 partidos como local en la temporada regular), incluyendo el potencial de ingresos adicionales por juego (y) que se espera obtener si se utiliza el modelo de precios variables.

Un líder de los precios variables en la NBA, el Orlando Magic, aprendió que el análisis de regresión es una herramienta de pronóstico muy rentable.

Preguntas para el análisis*

1. Utilice los datos de la tabla 4.2 para construir un modelo de regresión donde el día de la semana sea la única variable independiente.
2. Utilice los datos para construir un modelo donde la calificación del oponente sea la única variable independiente.
3. Utilizando el modelo de regresión múltiple de Pérez, ¿cuáles serían las ventas adicionales potenciales para un juego contra el Miami Heat, un jueves, durante las vacaciones de Navidad?
4. ¿Qué variables independientes podría usted sugerir para incluir en el modelo de Pérez?

* Quizá desee ver el video que acompaña al presente caso, antes de responder a estas preguntas.

★ **Pronósticos en Hard Rock Cafe**



Con el crecimiento de Hard Rock Cafe (de un bar en Londres en 1971 a más de 150 restaurantes en 53 países en la actualidad) se dio también una demanda de mejores pronósticos en toda la corporación. Hard Rock obtiene pronósticos a largo plazo para establecer un plan de capacidad, y pronósticos a mediano plazo para cerrar los contratos con proveedores de piel (usada en chamarras) y de artículos alimenticios, como carne de res, pollo y cerdo. Sus pronósticos de ventas a corto plazo se realizan cada mes, por café, y después se agregan para tener un panorama general en las oficinas centrales.

El corazón del sistema de pronósticos de ventas es el sistema de punto de venta, el cual, en efecto, captura datos de las transacciones sobre casi cualquier persona que cruza la puerta del café. La venta de cada elemento representa un cliente; los datos de ventas de los elementos se transmiten todos los días a la base de datos de las oficinas corporativas ubicadas en Orlando. Ahí, el equipo financiero encabezado por Todd Lindsey comienza el proceso de pronósticos. Lindsey pronostica la cuenta mensual de clientes, ventas al menudeo, ventas de banquetes y ventas de conciertos (si proceden) para cada café. Los gerentes generales de cada café se enlazan a la misma base de datos para preparar el pronóstico diario de su establecimiento. Un gerente de restaurante obtiene información de las ventas de ese día el año anterior, agregando los datos locales de la cámara de comercio o la oficina de turismo sobre eventos próximos, como convenciones importantes, eventos deportivos o conciertos que se realizarán en la ciudad donde se localiza el café. El pronóstico diario de ventas se desglosa por hora, lo cual sirve de guía para la programación del personal. Un pronóstico de ventas de 5500 dólares por hora se traduce en 19 estaciones de trabajo, que se desglosan aún más en un número específico de personal de recepción, anfitriones, encargados del bar y personal de cocina. Los paquetes de programación computarizada asignan a las personas a su lugar de trabajo. Las variaciones entre los pronósticos y las ventas reales se examinan después para observar por qué ocurrieron los errores.

Hard Rock no se limita a usar las herramientas de pronósticos de ventas. Para evaluar a los gerentes y establecer bonos, aplica a las ventas de cada café un promedio móvil ponderado de 3 años. Cuando los gerentes superan sus metas, se calcula un bono. Todd Lindsey, en las oficinas corporativas, aplica ponderaciones del 40% a las ventas del año más reciente, del 40% al año anterior, y del 20% a las ventas de 2 años antes para llegar a su promedio móvil.

Una aplicación aún más sofisticada de la estadística se encuentra en la planeación del menú de Hard Rock. Mediante el uso de la regresión múltiple, los gerentes calculan el efecto sobre la demanda de otros artículos del menú cuando se cambia el precio de uno de ellos. Por ejemplo, si el precio de la hamburguesa con queso aumenta de \$7.99 a \$8.99, Hard Rock pronostica el

efecto que tendrá esto en las ventas de emparedados de pollo y jamón, y en las ensaladas. Los administradores realizan el mismo análisis con la distribución del menú, donde la sección central genera mayores volúmenes de ventas. Cuando un artículo como una hamburguesa se cambia del área central a una de las cubiertas laterales, se determina el efecto correspondiente en artículos relacionados, como las papas fritas.

HARD ROCK CAFE DE MOSCÚ ^a										
MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cuenta de clientes (en miles)	21	24	27	32	29	37	43	43	54	66
Publicidad (en miles)	14	17	25	25	35	35	45	50	60	60

^aEstas cifras se usan para los propósitos de este estudio de caso.

Preguntas para análisis*

1. Describa tres aplicaciones diferentes del pronóstico en Hard Rock. Mencione otras tres áreas en las que considere que Hard Rock podría usar modelos de pronóstico.
2. ¿Cuál es el papel del sistema de punto de venta en los pronósticos de Hard Rock?
3. Justifique el uso del sistema de ponderación usado para evaluar a los gerentes y emitir bonos anuales.
4. Cite algunas variables que no se hayan mencionado en el caso y que pudieran utilizarse como elementos de predicción de las ventas diarias en cada café.
5. En el restaurante Hard Rock de Moscú, el gerente está tratando de evaluar cómo afecta una nueva campaña de publicidad a las cuentas de los clientes. Usando los datos registrados para los últimos 10 meses (vea la tabla), desarrolle una relación de regresión por mínimos cuadrados y después pronostique la cuenta esperada de los clientes cuando la publicidad es de 65 000 dólares.

*Quizá desee ver el caso en video que acompaña al presente caso antes de contestar a estas preguntas.