



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

PRONÓSTICOS CORTOS APLICADOS A
PRECIOS DE CRUDOS Y PRODUCTOS
PETROLÍFEROS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

ACTUARIA

P R E S E N T A :

OLIMPA GABRIELA HERNANDEZ
ALVARADO



M. EN A.P. MARÍA DEL PILAR ALONSO
REYES

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mis padres, gracias por todo el amor y su
esfuerzo

A Toño, Chela, Dany, Gaby y Thalía por todo su respaldo y cariño

A mis profesores Pilar, Margarita, José Antonio, Rosario y Sergio gracias
por todo su apoyo y su infinita paciencia

Indice

Objetivo		vii
Capítulo 1	Introducción.- se define una serie de tiempo, sus componentes, sus características y los tipos de modelos. Se describen y analizan los métodos de suavizamiento o alisado tales como promedios simple y móviles, suavizamiento exponencial simple, doble y triple. Se explican los diferentes tipos de pronóstico, así como los errores del mismo. Se presentan ejemplos.	1
Capítulo 2	Descomposición de series de tiempo.- analiza los componentes tendencia, estacionalidad, ciclos e irregular. Se estudian los diferentes modelos, aditivo, multiplicativo y mixto. La serie de tiempo se ajusta a través de una recta, polinomio o una función exponencial. Se ejemplifica el ajuste de un modelo para la serie de tiempo “futuros del primer mes del WTI del NYMEX”. El WTI, West Texas Intermediate, es el crudo que se cotiza en dólares por barril en los futuros de la bolsa NYMEX, New York Merchantile Exchange.	41
Capítulo 3	Pronóstico con métodos de alisado para las series estacionarias. Para éstas se analizan los diferentes pronósticos y se ejemplifica cada uno de ellos en la serie de tiempo “volumen promedio de los embarques mensuales de las exportaciones de nafta”.	91
Capítulo 4	Pronóstico con métodos de alisado para series con tendencia y/o estacionalidad.- se analizan los métodos de Brown, Holt y Holt-Winters. Se ejemplifica cada uno de los modelos con la serie “futuros del primer mes del WTI del NYMEX”.	109
Conclusiones		135
Anexos		139
Bibliografía		263

Objetivo de la tesis

El estudio de los pronósticos cortos a través de series de tiempo.

Descripción general del trabajo a realizar

El trabajo está dividido en cuatro partes. En la primera parte se define que es una serie de tiempo, sus componentes, sus características y los tipos de modelos basadas en ellas. Se describen y analizan los métodos de suavizamiento o alisado tales como promedios simple y móviles, suavizamiento exponencial simple, doble y triple. Se explican los diferentes tipos de pronóstico, así como los errores del mismo. Se provee de ejemplos.

La segunda parte analiza la descomposición de una serie de tiempo en sus componentes tendencia, estacionalidad, ciclos y componente irregular. Se estudian los diferentes modelos, aditivo, multiplicativo y mixto. Se ajusta la serie de tiempo a través de una recta, polinomio o una función exponencial. Se analizan la estacionalidad, ciclos y componente irregular de la serie (en caso de existir), y la manera de ajustar éstos a los modelos antes mencionados. Se ejemplifica este modelo a través de la serie de tiempo “promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX”.

La tercera parte incluye los métodos de alisado para las series estacionarias. Para las series estacionarias, se analizan los diferentes pronósticos y se ejemplifica cada uno de ellos en la serie de tiempo “volumen promedio de los embarques mensuales de las exportaciones de nafta”.

El último segmento estudia métodos de alisado para series con tendencia y estacionalidad. Se ejemplifica cada uno de los modelos con la serie “promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX”. Se analizan los métodos de Brown, Holt y Holt-Winters.

Capítulo 1

1 Introducción

Desde épocas remotas el hombre ha tratado de predecir el futuro. Conforme el tiempo ha pasado sus técnicas para pronosticar han sido mejoradas.

Hoy en día diversas instituciones requieren conocer el comportamiento futuro de ciertos fenómenos con el fin de planificar, prever o prevenir acontecimientos y elegir la mejor decisión entre diversas alternativas en un ambiente de incertidumbre.

La planificación racional prevee los sucesos que probablemente vayan a ocurrir más adelante en el tiempo. La previsión, a su vez, suele basarse en lo que ha ocurrido en el pasado. Los métodos de pronóstico explicados en este trabajo se enfocan a reducir la incertidumbre sobre el futuro. Pronosticar consiste en determinar qué valor tomará la variable estudiada en uno o más períodos de tiempo situados en el futuro, mediante la aplicación de un modelo.

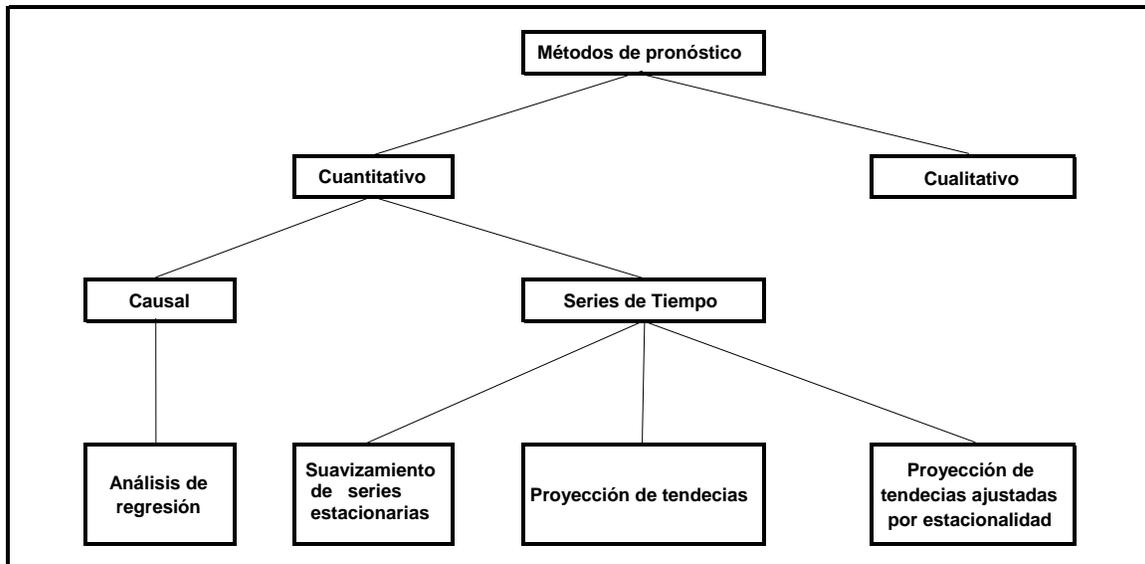
Los métodos de elaboración de pronósticos se pueden clasificar en *cuantitativos* y *cualitativos*. Ver cuadro (1-1).

Los métodos cualitativos involucran el juicio de un grupo de expertos para el desarrollo del pronóstico. Una ventaja de estos procedimientos es que se pueden aplicar cuando la información de la variable a pronosticar no es cuantificable o no está disponible o no es aplicable la información histórica. Una de las técnicas más comunes es el Método Delphi. Son aplicados a investigaciones de tipo político o sociológico.

Los métodos cuantitativos se utilizan cuando está disponible información de la variable que se desea pronosticar, y que además se pueda cuantificar estos datos y existe una hipótesis razonable de que el patrón de comportamiento ocurrido en el pasado continuará en el futuro.

Cuadro (1-1)

Clasificación de los Métodos de Pronóstico



Los pronósticos con los métodos cuantitativos suelen clasificarse en *causales* y en *series de tiempo*.

Los métodos de pronóstico causales se basan en la hipótesis de que la variable que se está intentando pronosticar exhibe una relación causa-efecto con una o más variables. El análisis de regresión se encuentra bajo este tipo de metodología.

El análisis de series de tiempo es el método más importante para hacer inferencias sobre el futuro con base en lo ocurrido antes, ya que ésta se conforma únicamente de los valores históricos. La suposición básica es que los factores que han ocasionado patrones de actividad en el pasado y en el presente continuarán haciéndolo de la misma forma en el futuro. Este análisis tratará de separar las pautas sistemáticas de las series temporales de las fluctuaciones aleatorias.

En el cuadro (1-1) se muestra la clasificación de los métodos de pronósticos, bajo series de tiempo se marcan tres tipos, que dependen de la estructura de la serie: suavizamiento de series estacionarias, con tendencia y con tendencias y estacionalidad. Las series estacionarias son aquéllas que carecen tendencia y estacionalidad. Cada una de estas estructuras se explicará más adelante.

Algunos ejemplos de las series de tiempo son:

- Series económicas y financieras: precio de un artículo, tasa de desempleo, tasa de inflación, índice de precios, tipo de cambio monetario, volúmenes producidos, transportados, etc.
- Series físicas/ambientales: cantidad de lluvia, temperatura máxima diaria, velocidad del viento, energía solar.
- Geofísica: series sismológicas.
- Series demográficas: tasa de crecimiento de la población, tasa de natalidad, mortalidad, resultados de censos poblacionales.
- Series de *marketing*: series de demanda, gastos, ofertas,
- Series de transporte: series de tránsito, por ejemplo número de vuelos diarios en el aeropuerto Benito Juárez.

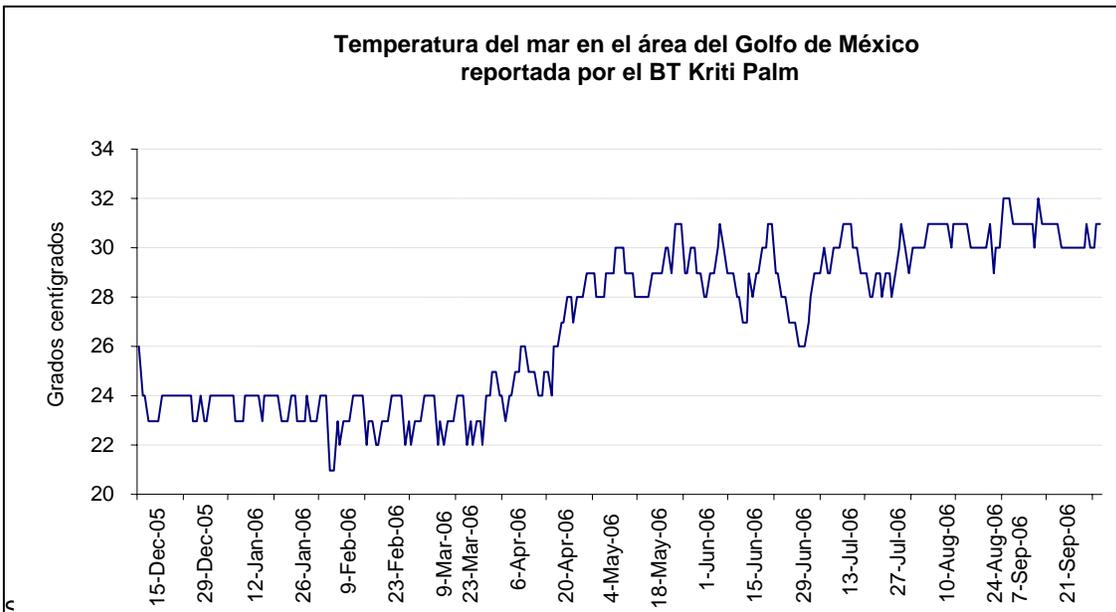
Algunas gráficas de las series de tiempo se muestran a continuación:

Gráfica (1-1) Ejemplo de una serie de tiempo económica



Serie del tiempo: cambio del peso mexicano vs el dólar americano, cotizaciones diarias. Fuente Reuters

Gráfica (1-2) Ejemplo de dos series de tiempo ambientales



Fuente buque-tanque Kriti Palm

Gráfica (1-3)

Ejemplo de una serie de tiempo demográfica



Serie del tiempo: número de nacimientos anuales en los Estados Unidos Mexicanos durante los años 1990 a 2003. Fuente Reuters

1.1 Definición

Sea $y(t_i)$ una variable indexada en el tiempo t_i . Una *serie de tiempo* se define como un conjunto de mediciones u observaciones de un cierto fenómeno o experimento registradas secuencialmente en el tiempo. Estas observaciones serán denotadas $\{y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_n)\} = \{y(t): t \in T \subset \mathfrak{R} \text{ con } y(t_i) \text{ el valor de la variable en el instante } t_i.$

Si $T \subset \mathbb{Z}$ se dice que la serie de tiempo es discreta y si $T \subset \mathfrak{R}$ se dice que es continua. Cuando $t_{i+1} - t_i = k$ para todo $i = 1, \dots, n-1$, se dice que es equidistante.

El problema que intenta resolver el análisis de las series de tiempo es el de predicción. Dada una serie $\{y(t_1), \dots, y(t_n)\}$, los objetivos de interés son describir el comportamiento de la misma tanto en el pasado, en el presente y principalmente en el futuro, averiguar el

mecanismo generador de la serie temporal, buscar posibles patrones temporales que permitan usar la incertidumbre del pasado.

Este trabajo se basará en el supuesto de que las series de tiempo son discretas y equidistantes en cuyo caso se asumirá sin pérdida de generalidad que

$$\{y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_n)\} = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\} = Y(t_i) = Y_i \text{ para } i = 1, 2, \dots, n$$

Si los valores futuros de una serie de tiempo pueden ser determinados exactamente por una función matemática se dice que es *determinística*; si éstos pueden ser descritos sólo en términos de una distribución de probabilidad, entonces es *no determinística* o *estocástica*. Más adelante se mostrará como identificar si una serie de tiempo es estocástica a través de autocorrelaciones.

Las series de tiempo pueden originarse de varias formas:

- a) Por muestreo de una serie de tiempo continua al tomar valores de la misma en intervalos iguales de tiempo. A las observaciones seleccionadas de esta manera se les conoce como variables de flujo.
- b) Por acumulación de una serie de tiempo sobre un período dado, ésta puede ser discreta o continua. Las variables reciben el nombre de *stock*, un ejemplo son los censos tomados cada década.

La serie debe de contener suficientes observaciones para obtener un mejor parámetro de predicción, ya que se supone que el comportamiento histórico se repetirá en el futuro. Para algunos autores (Chatfield) treinta datos son suficientes, mientras que para otras se debe de contar con al menos sesenta. La idea es que con un tamaño grande de observaciones se incluya cualquier tipo efecto o componente de la serie como tendencia, estacionalidades y ciclos; y que en un número pequeño de datos, la tendencia general no se confunda con la cresta o pico (en caso contrario, un valle) de un ciclo o una estacionalidad. La tendencia general es el movimiento suave y regular

de la serie, reflejando la dirección, pudiendo ser al alza, a la baja. Más adelante se explicarán los términos antes mencionados.

Algunas veces a las series de tiempo les hacen falta algunas observaciones, mismas que deberán ser sustituidas de alguna forma. Se sugieren tres formas de reemplazar datos:

- a) Tomar el promedio de toda la serie de datos,
- b) Tomar el promedio de algún plazo corto dentro de la serie que contenga el dato faltante, o
- c) Tomar el promedio de las observaciones anterior y posterior.

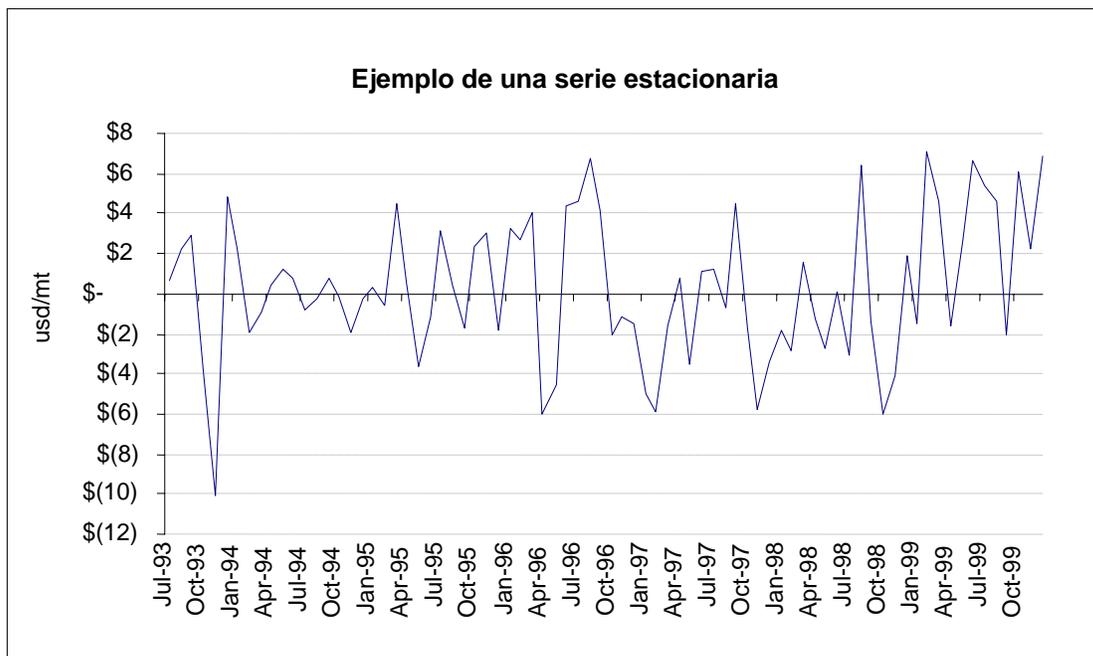
De cualquier manera los intervalos de tiempo entre las observaciones consecutivas deben de ser de la misma longitud y deben de evitarse los llamados problemas de calendario, que suceden cuando cada observación de la serie de tiempo es el resultado de un promedio, como puede ser una media mensual o semanal, ya que no todos los meses tienen 30 días o bien existen días festivos. De suceder una situación así, se debe de homogenizar la serie de datos para que ésta sea comparable de un período a otro, lo que es especialmente importante cuando existe estacionalidad. Esta homogenización puede resultar de un ajuste tal como multiplicar la observación por el número referencia (30 días para meses, 5 o 7 días para la semana) y dividirlo entre el número real de días. Por ejemplo, la observación del mes de enero se dividiría entre 31 y se multiplicaría por 30.

1.2 Series de tiempo estacionarias

Una serie de tiempo puede ser *estacionaria*, si no presenta tendencia (no tiene crecimiento o decremento en el tiempo), prácticamente se mantiene dentro de una banda y no muestra fluctuaciones periódicas. Su media y su varianza permanecen constantes, al desplazarlas varios períodos en el tiempo. Ver gráfica (1-4). Las series estacionarias pueden ser clasificadas en débiles o fuertes.

- i) Una serie es estacionaria débil o de segundo orden sólo si tiene una media fija y su varianza es constante.
- ii) Una serie es estacionaria fuerte o estrictamente estacionaria si además de tener fijas su media y varianza, tiene una estructura de autocovarianza que se mantiene constante a lo largo del tiempo. Autocovarianza es la covarianza entre dos variables, más adelante se explicará el concepto.

Gráfica (1-4) Ejemplo de una serie de tiempo estacionaria



Si la serie de tiempo no es estacionaria se puede convertir en una estacionaria mediante las siguientes técnicas:

- i. Diferenciación de datos. Se crea una nueva serie de tiempo Z tal que

$$Z_t = Y_t - Y_{t-1}$$

Esta nueva serie contendrá un dato menos que la original. Las series con tendencia lineal necesitan una diferencia, mientras que las se pueden representar mediante una función cuadrática, necesitarán dos diferenciaciones.

- ii. Si la serie contiene una tendencia, las observaciones se ajustan a través de una curva y después se modelan los residuos resultantes.
- iii. Para una varianza no constante, el tomar el logaritmo o la raíz cuadrada de los datos puede estabilizar la varianza.
- iv. Para series de tiempo con datos negativos, se suma a todas las observaciones una constante que resulte en una nueva serie que tenga todos los datos positivos. Más tarde esta constante deberá ser restada del modelo de pronóstico.

1.3 Componentes de una serie de tiempo

Una serie de tiempo está compuesta generalmente por:

- a) *Componente tendencia* que representa el comportamiento predominante de la serie, es el movimiento de largo plazo. Este puede ser un crecimiento o una reducción gradual y estable a lo largo del tiempo. Ésta puede ser definida vagamente como la variación de la media en el período. Básicamente es la dirección de la serie. La tendencia puede ser el resultado de modificaciones en la población, los adelantos tecnológicos, cambios en las preferencias del consumidor. También puede resultar de un proceso estocástico o determinístico, en cuyo caso será representado a través de una función matemática en el tiempo, misma que puede ser lineal o no, y representará o ajustará a la tendencia a través de una recta o una función polinomial. Ver gráfica (1-5).
- b) *Componente estacional* representa un movimiento periódico de la serie de tiempo. Describe fluctuaciones regulares en períodos menores a un año. Las principales fuerzas que causan variaciones estacionales son los cambios climáticos o en el calendario, provocados por las fuerzas de la naturaleza o por las instituciones. El tiempo que transcurre entre dos repeticiones se le conoce como el período de las oscilaciones.

La serie presenta variación estacional si existe un número s tal que

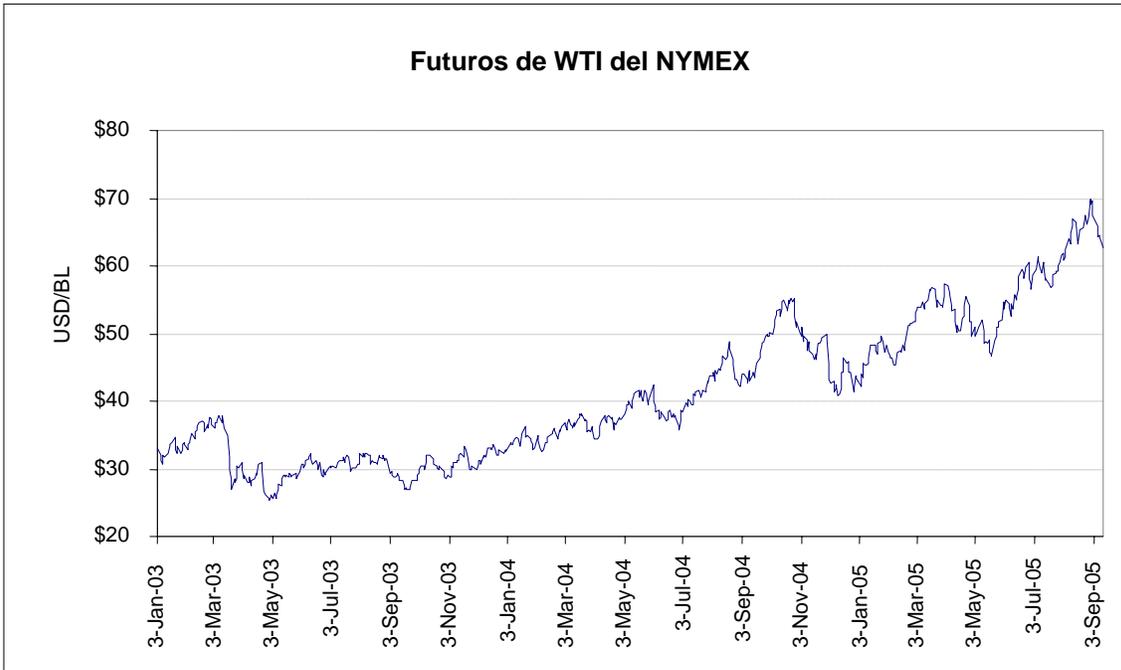
$$Y_t = Y_{t+ks} \quad k, s \in \mathbb{N}$$

Ver gráfica (1-6).

- c) *Componente cíclico* son los cambios que provocan las altas y bajas o valles y crestas sin regularidad constante en la gráfica de la serie de tiempo. Son fluctuaciones provocadas por cambios económicos, de oferta y demanda. Se le puede definir como una sucesión periódica de fases ascendentes y descendentes aproximadamente simétricas en torno a la tendencia, separadas entre si por puntos de inflexión. Las diferencias con el componente estacional son que los cambios cíclicos no son menores a un año y no corresponden a factores climáticos y que no pueden predecirse.
- d) *Componente irregular* es una componente aleatoria. Estos son al azar y representa los tipos de movimientos de una serie de tiempo que no sean tendencia, variaciones estacionales y fluctuaciones cíclicas. Están causados por eventos a corto plazo no previstos y no recurrentes que afectan la serie de tiempo. Es también llamado ruido o ruido blanco. Es el factor residual, es lo que queda una vez que se quitan la tendencia y los componentes estacional y cíclico. Debido a que su comportamiento no es explicable, no puede ser pronosticado, sin embargo, puede ser aislado y su magnitud puede ser estimada si su varianza no es muy grande, ya que en caso contrario el pronóstico sería inexacto.

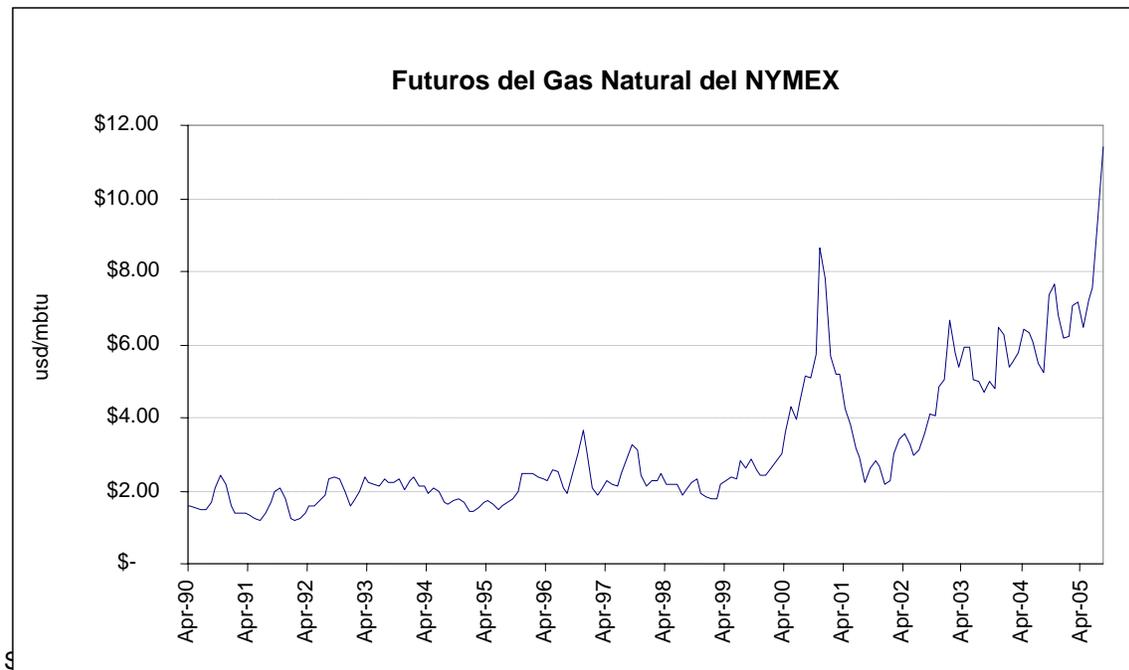
El componente irregular se puede dividir en variaciones *episódicas* y *residuales*. Las variaciones episódicas son fluctuaciones impredecibles pero identificables, como el inicio de una guerra, una huelga, etc. Una vez eliminadas sólo quedarán las variaciones residuales que no son predecibles ni identificables.

Gráfica (1-5) Ejemplo de una serie de tiempo con tendencia



2003 a 2005. Fuente Reuters

Gráfica (1-6) Ejemplo de una serie de tiempo con estacionalidad



BTU (British Thermal Unit) de 1990 a 2005. Fuente Reuters

1.4 Tipos de modelos de las series de tiempo

Un modelo clásico para una serie de tiempo, supone que una serie $\{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\}$ puede ser expresada como una suma o un producto de cuatro componentes: tendencia, estacionalidad, ciclo y un término de error aleatorio.

Existen tres modelos de series de tiempos, que generalmente se aceptan como buenas aproximaciones a las verdaderas relaciones, entre los componentes de los datos observados. Éstos son:

- Aditivo $Y_t = T_t + E_t + C_t + A_t$
- Multiplicativo $Y_t = T_t \cdot E_t \cdot C_t \cdot A_t$
- Mixto $Y_t = T_t \cdot E_t \cdot C_t + A_t$

Dónde :

- Y_t serie observada en el instante t
- T_t componente de tendencia en el momento t
- E_t componente estacional en el tiempo t
- C_t componente cíclico en t
- A_t componente irregular en el instante t

Una suposición usual es que A_t sea una componente aleatoria o ruido blanco con media cero y varianza constante. Es un término independiente o al menos no correlacionado.

Un modelo aditivo es adecuado cuando E_t no depende de otras componentes como T_t , suponiendo todos sus componentes son independientes. Se prefiere cuando la serie no muestra variabilidad a lo largo del tiempo.

El modelo multiplicativo supone que todos los componentes están relacionados entre sí, pero manteniendo la posibilidad de que estos provengan de causas básicas diferentes. Se aplica cuando los movimientos de la serie se pueden representar a través de cambios de porcentaje. Es el más utilizado por su sencillez.

El modelo mixto es adecuado cuando las oscilaciones estacionales tienden a crecer con el tiempo pero la variabilidad se mantiene constante, razón por la cual el componente irregular se adiciona. La mayoría de los autores prefiere evitarlo por el grado de dificultad que representa el análisis de la serie.

Cuando los valores Y_t de la serie son mayores que cero, el modelo multiplicativo puede ser transformado en aditivo, tomando logaritmos.

Dado el modelo multiplicativo:

$$Y_t = T_t \cdot E_t \cdot C_t \cdot A_t$$

Se transforma a través de logaritmos a

$$Y'_t = \log Y_t = \log T_t + \log E_t + \log C_t + \log A_t$$

En cualquiera de estos modelos, la tendencia está medida en las unidades en que se está pronosticando, mientras que la estacionalidad, el ciclo y el componente irregular se miden en términos relativos, con valores mayores a 1 representando efectos por arriba de la tendencia y menores a 1 por debajo de la misma.

El análisis de series de tiempo supone éstas se pueden descomponer en sus componentes básicos de tendencia, estacionalidad y ciclo, sin embargo, algunas series pueden o no tener los tres (tendencia, estacionalidad y ciclo), y algunas otras veces éstos se han integrado tanto que resultan inseparables. A veces los efectos parecen distinguibles pero la separación no es sencilla.

1.5 Características de las series de tiempo

Antes de empezar con la explicación de autocorrelación se hará un pequeño repaso de varios estadísticos involucrados en la generación de esta última.

- Promedio o media aritmética dado un grupo de números $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, la media o promedio aritmético se define como

$$\bar{X} = \frac{\sum_{t=1}^n x_t}{n}$$

- Esperanza, denotada con la letra griega μ , para variables discretas se define como

$$E(X) = \mu = \frac{\sum_{t=1}^n p_t x_t}{n}$$

Donde p_t es la probabilidad de que ocurra el valor de x_t

Las siguientes son propiedades de la esperanza:

- | | | |
|---|--------------------------|---------------------------------------|
| 1 | $E(c) = c$ | c una constante |
| 2 | $E(cX) = c E(X)$ | variable X , c una constante |
| 3 | $E(c + X) = c + E(X)$ | variable X , c una constante |
| 4 | $E(X Y) = E(X) E(Y)$ | variables X, Y si hay independencia |
| 5 | $E(X + Y) = E(X) + E(Y)$ | variables X, Y |

- Covarianza es la media de los productos cruzados de las desviaciones de las variables (X, Y) . Su análisis representa una extensión del estudio de la varianza y es particularmente útil cuando no ha sido posible comparar muestras seleccionadas al azar.

$$COV(X, Y) = E \{ [X - E(X)] [Y - E(Y)] \}$$

$$COV(X, Y) = \sum_{t=1}^n p_t x_t y_t [x_t - E(X)] [y_t - E(Y)]$$

$$COV(X, Y) = E(XY) - E(X)E(Y)$$

Las siguientes son propiedades que posee la covarianza:

1. $COV(X, c) = 0$
2. $COV(X, Y) = 0$ si X, Y son independientes
3. $COV(c, k) = E\{[c - E(c)][k - E(k)]\} = E[(0)(0)] = 0$ c, k constantes
4. $COV(X, Y) = COV(Y, X)$
5. $COV(X+c, Y+k) = E\{[(X+c) - E(X+c)] [(Y+k) - E(Y+k)]\}$
 $= E[(X - E(X)) (Y - E(Y))]$
 $= COV(X, Y)$
6. $COV(cX, kY) = ck COV(X, Y)$
7. $COV(X+Y, Z) = COV(X, Z) + COV(Y, Z)$
8. $COV(X, X) = E\{[X - E(X)][X - E(X)]\}$
 $= E[(X - E(X))^2]$
 $= VAR(X)$

- Varianza es el cuadrado de la desviación estándar, denotada como σ^2 .

La varianza se define por:

$$\sigma^2 = VAR(X) = E\{[X_t - E(X)]^2\}$$

$$\sigma^2 = VAR(X) = \sum_{t=1}^n pX_t [X_t - E(X)]^2$$

$$\sigma^2 = VAR(X) = E(X^2) - [E(X)]^2$$

Las siguientes son propiedades de la varianza:

- 1 $VAR(c) = E\{[c - E(c)]^2\} = 0$ c constante
- 2 $VAR(X+c) = VAR(X)$ c constante
- 3 $VAR(cX) = c^2 VAR(X)$ c constante
- 4 $VAR(X+Y) = VAR(X) + 2 COV(X, Y) + VAR(Y)$ variables X, Y
y si X, Y son independientes, $COV(X, Y)$ será igual a cero

- Desviación estándar está denotada por la letra griega σ y se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x\right)^2}{N}}{N}} = \sqrt{\text{VAR}(X)}$$

Si la desviación estándar es pequeña implica que los datos están agrupados cerca de la media, en caso contrario las observaciones estarán dispersas alrededor de este valor medio.

- Desviación estándar media es el promedio aritmético de las desviaciones desde la media en valores absolutos.
- Correlación es la relación entre dos variables o series de datos. Cuando ambas variables crecen o decrecen de forma simultánea y proporcional se dice que están positivamente correlacionadas, mientras que si una crece y la otra decrece de manera proporcional, están correlacionadas de manera negativa, también puede ser que no exista correlación alguna. El grado de relación se mide y representa por el coeficiente de correlación designado con la letra griega ρ con $\rho \in [-1, 1]$. Este coeficiente es igual a 1, cuando la correlación es perfectamente positiva, a -1 cuando lo es negativa y a 0 cuando no hay tal.

$$\rho_{x,y} = \frac{\text{COV}(X,Y)}{\sqrt{\text{VAR}(X)\text{VAR}(Y)}}$$

Las siguientes son propiedades del coeficiente de correlación:

$$\begin{aligned}
1 \quad \rho_{a+x,c+y} &= \frac{\text{COV}(a+X, c+Y)}{\sqrt{\text{VAR}(a+X)}\sqrt{\text{VAR}(c+Y)}} \\
&= \frac{E[(a+X)(c+Y)] - E(a+X)E(c+Y)}{\sqrt{\text{VAR}(a+X)}\sqrt{\text{VAR}(c+Y)}} \\
&= \frac{E(ac + aY + cX + XY) - [E(a) + E(X)][E(c) + E(Y)]}{\sqrt{\text{VAR}(a+X)}\sqrt{\text{VAR}(c+Y)}} \\
&= \frac{ac + cE(X) + aE(Y) + E(XY) - ac - cE(X) - aE(Y) - E(X)E(Y)}{\sqrt{\text{VAR}(a+X)}\sqrt{\text{VAR}(c+Y)}} \\
&= \frac{E(XY) - E(X)E(Y)}{\sqrt{\text{VAR}(a+X)}\sqrt{\text{VAR}(c+Y)}} \\
&= \frac{\text{COV}(X, Y)}{\sqrt{\text{VAR}(a+X)}\sqrt{\text{VAR}(c+Y)}} \\
&= \rho_{x,y}
\end{aligned}$$

a y c constantes

2 Sean $Z = a + bX$ y $W = c + dY$, a, b, c, d constantes

$$\begin{aligned}
\rho_{Z,W} = \rho_{a+bX,c+dY} &= \frac{\text{COV}(Z, W)}{\sqrt{\text{VAR}(Z)}\sqrt{\text{VAR}(W)}} \\
&= \frac{\text{COV}(a+bX, c+dY)}{\sqrt{\text{VAR}(a+bX)}\sqrt{\text{VAR}(c+dY)}} \\
&= \frac{\text{COV}(a+bX, c+dY)}{\sqrt{b^2 \text{VAR}(X)}\sqrt{d^2 \text{VAR}(Y)}}
\end{aligned}$$

$$= \frac{\text{bdCOV}(X, Y)}{|\text{bd}| \sqrt{\text{VAR}(X)} \sqrt{\text{VAR}(Y)}}$$

$$= \rho_{X, Y}$$

Al estudiar una serie de tiempo se observa con frecuencia que se encuentra correlacionada consigo misma al estar desfasada uno o más períodos. Un desfase o rezago es la diferencia entre el tiempo k y el tiempo n , un rezago de tamaño uno está dado por la diferencia entre tiempos consecutivos. La autocorrelación se define como la relación de dependencia lineal que tienen las variables de una serie. Se crea una serie formada por las correlaciones entre las observaciones de manera equidistante en uno o más rezagos. Esto se mide mediante el coeficiente de autocorrelación.

Continuando, anteriormente se mencionó que las series pueden ser estocásticas. Para identificar si una serie de tiempo es aleatoria se estudia su autocorrelación y la gráfica de ésta. Este análisis muestra si la serie es aleatoria, estacionaria o no, tiene estacionalidad, o muestra tendencia.

Generalmente se utiliza la siguiente ecuación para calcular el coeficiente de autocorrelación.

El coeficiente de autocorrelación (R_k) de orden k , entre observaciones separadas por k períodos entre Y_t y Y_{t+k} se calcula como:

$$R_k = \frac{C_k}{C_0}$$

En donde:

C_k es la función de autocovarianza:

$$C_k = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})$$

C_0 es la función de varianza:

$$C_0 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (Y_t - \bar{Y})^2$$

El coeficiente de autocorrelación R_k toma valores entre [-1, +1]

Otras fuentes (Chatfield) prefieren utilizar la siguiente ecuación para calcular C_k , que tiene menos sesgo:

$$C_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{(N-k)}$$

\bar{Y}	media de los valores de la serie
Y_t	observación en el tiempo t
Y_{t+k}	observación en el tiempo t+k
N	número total de las observaciones

La gráfica de autocorrelación es una herramienta de gran utilidad para exhibir autocorrelaciones para varios desfases de una serie de tiempo.

El eje horizontal corresponde al desfase k entre Y_t y Y_{t+k} y en el eje vertical se grafica al coeficiente de autocorrelación de orden k.

Además del eje horizontal (que se encuentra en el cero y en el centro de la gráfica) se grafican 4 líneas más que corresponden a las bandas de confianza, generalmente del 95% y 99%.

Si la serie es en efecto aleatoria, la mayoría de los coeficientes de autocorrelación deben ubicarse dentro de un nivel especificado por 0, más o menos un cierto número de errores estándar. A un nivel específico de confianza α , se puede considerar aleatoria una muestra si los coeficientes de autocorrelación calculados se encuentran todos dentro del intervalo $0 \pm Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{N}}$.

$$0 \pm Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{N}}$$

Las bandas de confianza se pueden generar mediante las siguientes dos fórmulas:

1.
$$\pm Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{N}}$$

donde N es el tamaño de la muestra, z el porcentaje de la función de una distribución normal y $1-\alpha$ el nivel de confianza.

2.
$$\pm z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{1}{N} (1 + 2 \sum_{t=1}^k y(t)^2)}$$

donde k es el rezago, N el tamaño de la muestra, z el porcentaje de la función de una distribución normal y α el nivel de significancia. En este caso, entre mayor sea el rezago, más amplias serán las bandas de confianza.

La gráfica de autocorrelación provee de respuestas como por ejemplo si la serie es aleatoria, si hay observaciones adyacentes relacionadas, o si tiene ruido blanco, o bien es de tipo sinusoidal.

¹ Quenouille y otros han demostrado que los coeficientes de autocorrelación de datos aleatorios tienen una distribución que se puede aproximar a una curva normal con una media de cero y una desviación estándar

de $\frac{1}{\sqrt{n}}$.

La suposición de aleatoriedad es de gran importancia por las siguientes razones:

1. Muchas pruebas estadísticas dependen de esta suposición.
2. La validez del modelo $Y = \text{constante} + \text{error}$

Para saber si un coeficiente de autocorrelación es significativamente diferente de cero, y saber con esto que la serie es aleatoria, se podría desarrollar una distribución muestral de estos coeficientes tomando un número infinito de muestras de números aleatorios¹. Conociendo lo anterior, se pueden comparar los coeficientes de autocorrelación de la muestra con esta distribución teórica de muestreo y determinar si los datos provienen de una población cuya media sea cero en períodos de desfase en particular.

Una serie es aleatoria si la correlación entre Y_t y Y_{t+k} es cercana a cero y los valores sucesivos de la serie de tiempo no guardan relación entre sí.

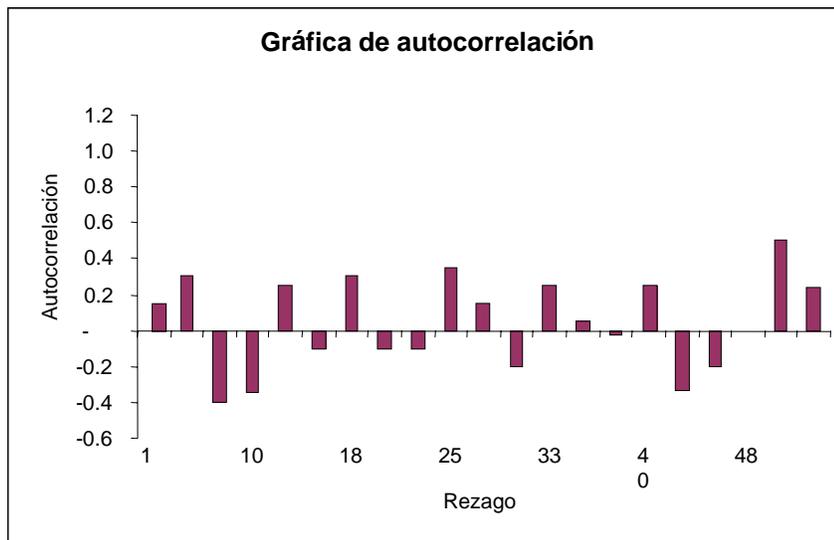
Una serie es estacionaria si la magnitud de las autocorrelaciones en Y_t y Y_{t+k} se atenúan rápidamente, mientras que no es estacionaria si sus autocorrelaciones son significativamente distintas a cero durante varios períodos.

Una serie tiene tendencia si Y_t y Y_{t+k} están altamente correlacionados y es típico que los coeficientes de autocorrelación sean diferentes de cero de manera significativa para varios de los primeros períodos de desfase y caigan gradualmente hacia cero al incrementarse el tamaño de los rezagos. El coeficiente de autocorrelación para el desfase 1, es por lo regular cercano a 1. El coeficiente de autocorrelación para el período 2 también será grande, pero no tanto como el anterior. Y así sucesivamente para cada uno de los demás.

Una serie tiene un patrón estacional, si se presenta un coeficiente de autocorrelación significativo en el período de desfase correspondiente: cuatro en los datos trimestrales o doce en los mensuales.

Ejemplos de gráficas de autocorrelación.

Gráfica (1-7)



La gráfica (1-7) muestra que no existe autocorrelación significativa y por lo tanto la serie es aleatoria.

La gráfica (1-8) comienza con una autocorrelación moderadamente alta en el rezago de tamaño 1 y desciende gradualmente. El decremento es casi lineal, pero con ruido. Este patrón muestra una autocorrelación moderada.

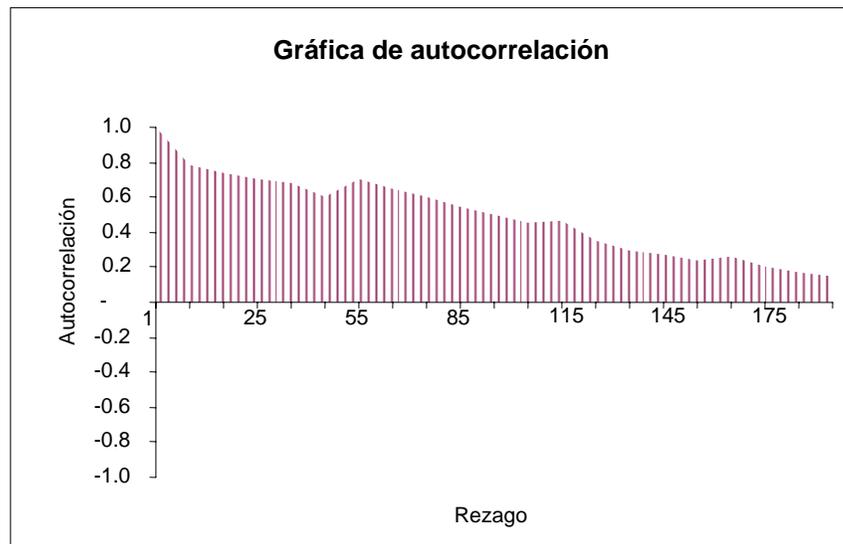
La gráfica (1-9) inicia con una autocorrelación alta en el rezago de tamaño 1, que suavemente decrece hasta volverse negativo y empieza a incrementarse la autocorrelación negativa. Este patrón muestra una autocorrelación alta o fuerte.

La gráfica (1-10) presenta la autocorrelación de una serie de tiempo con tendencia a la alza.

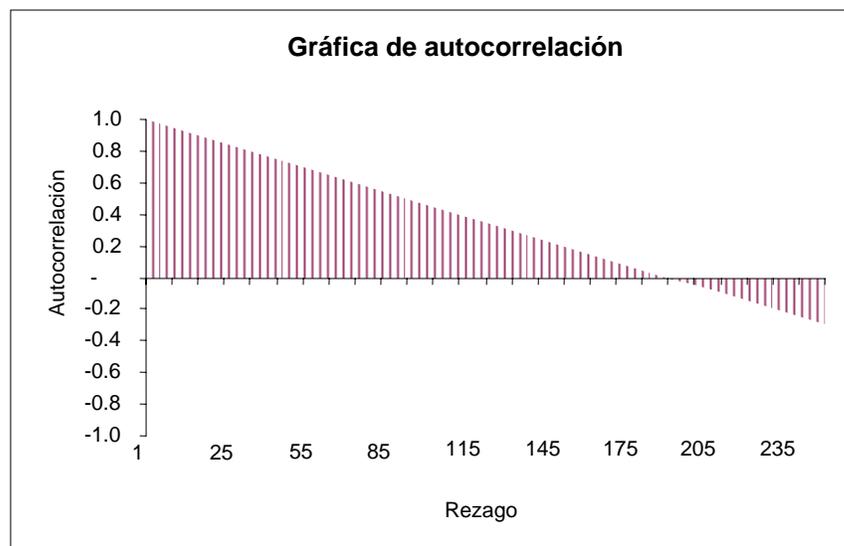
La gráfica (1-11) muestra la autocorrelación de una serie sinusoidal.

Resumiendo, la gráfica de autocorrelación muestra el tipo de serie de tiempo que se tiene.

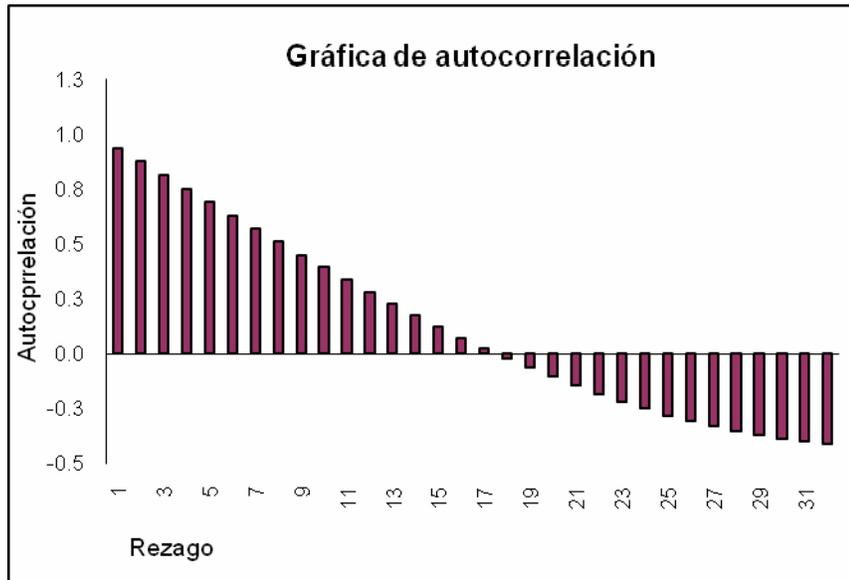
Gráfica (1-8)



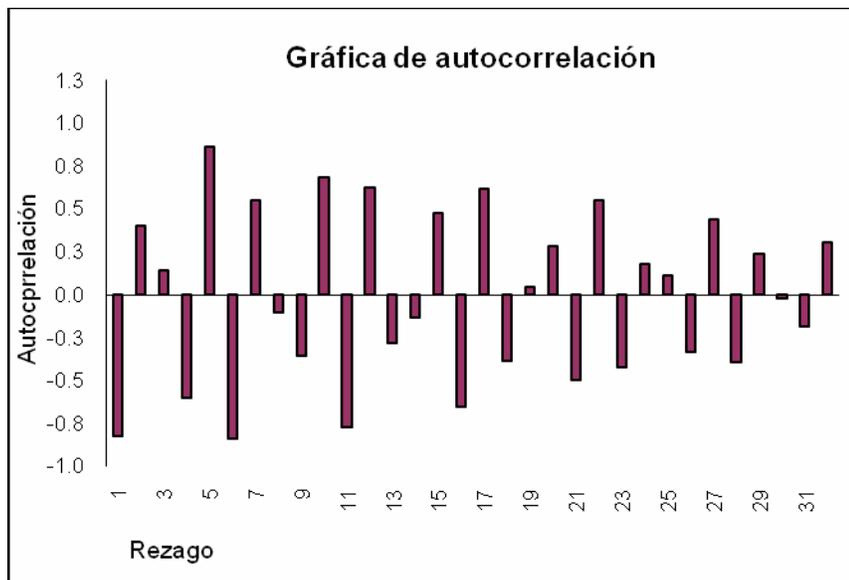
Gráfica (1-9)



Gráfica (1-10)



Gráfica (1-11)



1.6 Métodos de suavizamiento

El primer paso al analizar una serie de datos es graficarla y tratar de reducir irregularidades. El primer método es el suavizamiento, que disminuye la estacionalidad, elimina las variaciones y permite que las fluctuaciones de largo plazo aparezcan más claras descubriendo el patrón de movimiento de los datos (tendencia), ya que muchas veces se encuentra oculto por variaciones cíclicas o aleatorias.

El suavizamiento utiliza una expresión lineal para transformar la serie Y_t en una serie suavizada $Z(t)$: $Z(t) = F(Y_t)$, $t = 1, \dots, n$. La función F se denomina Filtro Lineal.

Los métodos de suavizamiento no sólo se pueden aplicar para descubrir la tendencia de la serie de datos sino también para pronosticar series estacionarias, como se describirá en los siguientes capítulos.

Algunos métodos de suavizamiento o filtros lineales son:

- a) **Promedios simples** tiene como objetivo usar datos dados para desarrollar un modelo de pronóstico para períodos futuros. Se calcula encontrando la media aritmética de todos los valores pertinentes y usando esta para pronosticar el siguiente período.

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{t=1}^N Y_t}{N}$$

Donde N es el número de observaciones, $N \in \mathbb{N}$

Este método es útil para series estacionarias, es decir, para aquellas que no presentan tendencia, estacionalidad o patrones sistemáticos.

- b) **Promedios móviles** es una de las técnicas más usadas. Son usados para filtrar el ruido aleatorio, suavizan la serie de tiempo o enfatizan información contenida. Consisten en generar una nueva serie basada en que cada nueva observación

es un promedio de n datos, sobre el total N y que en cada uno se cambia el origen del promedio. Esta nueva serie tendrá n observaciones menos que la serie original.

Cada dato de esta nueva serie, llamada promedio móvil de orden n, se calculará como la suma de los n datos más recientes divididos entre n.

$$F(t + 1) = S(t) = \frac{Y_t + Y_{t+1} + \dots + Y_{t+n-1}}{n} = \sum_{i=t+n-1}^t \frac{Y_i}{n}$$

en donde

F(t+1) es el pronóstico para el tiempo t+1

S(t) es el valor suavizado en el tiempo t

Y_t es la observación en el tiempo t

t es el período de tiempo

n es el número de observaciones incluidas en el promedio móvil

Esta ecuación se puede escribir de una manera más corta:

$$F(t) = S(t - 1) = \frac{Y_{t-1} + Y_t + \dots + Y_{t+n}}{n}$$

El primer dato de esta nueva serie será el promedio de las primeras n observaciones, el segundo será el promedio también de n datos sólo que se reemplazará la primera observación del primer promedio por la observación n+1 de la serie original y así sucesivamente para cada uno de los datos de la nueva serie.

Por esta razón, este suavizamiento se denomina móvil pues el promedio se va desplazando a lo largo de toda la serie de tiempo, por lo que se podría definir el promedio móvil en el período (t+1) con base en el promedio móvil del tiempo (t)

como el promedio móvil en el tiempo (t) más la observación $\frac{Y_{t+n}}{n}$ y menos la observación $\frac{Y_t}{n}$.

De aquí se tiene que:

$$F(t+1) = \frac{S(t) + Y_{t+n} - Y_t}{n}$$

- c) **Promedios móviles centrados** es una variación del promedio móvil en la cual cada observación generada se hace corresponder con la observación central del período del promedio.

Si el promedio móvil toma un número impar de observaciones, cada nueva observación quedará justo en el centro del período. Sin embargo, si éste es par, la nueva observación no quedará centrada en el período, sino entre dos datos. Para que las nuevas observaciones queden centradas se pueden seguir dos técnicas:

- Promediando los dos promedios móviles para los tiempos t y (t-1),
- Tomar un número impar de observaciones.

Los promedios simple, móviles y móviles centrados pronostican muy bien las series estacionarias.

A medida que el tamaño del período del promedio móvil (centrado o no) es más grande, más información se pierde y se suaviza más la serie mostrando la tendencia y el ciclo.

Entre mayor sea el tamaño del promedio móvil (centrado o no), se prestará menos atención a las fluctuaciones de la serie de tiempo, dándose así menos peso a los períodos recientes. En caso contrario, entre menor sea el número de

observaciones en el promedio móvil (centrado o no) más peso se dará a la historia reciente, permitiendo que el pronóstico se ajuste con mayor rapidez al nivel actual.

En el caso de que la serie sea estacional y el tamaño del promedio móvil (centrado o no) abarque todo el período de estacionalidad, todas las fluctuaciones se eliminarían y la tendencia quedaría expuesta. Para estacionalidades anuales, se consideraran 12 observaciones.

- d) **Promedios móviles con peso o ponderados** son un promedio móvil en el cual se asigna diferentes pesos a las observaciones. Generalmente el dato más reciente recibirá mayor importancia. Cabe señalar que la suma de los pesos o ponderaciones debe de ser igual a 1. En el promedio móvil todas las observaciones reciben el mismo peso.

Para utilizar este método primero se debe decidir de qué orden será el promedio móvil ponderado y a continuación seleccionar las ponderaciones para cada una de las observaciones. Si el pasado reciente representa una mejor base de predicción del futuro que el distante, entonces se debe dar mayor ponderación a las observaciones más nuevas y de manera contraria si los datos más viejos son un mejor pronóstico. Si la serie de tiempo es muy variable, tal vez los pesos deban de ser aproximadamente iguales. Este promedio móvil ponderado también se puede centrar.

- e) **Doble promedio móvil** es una suavización del promedio móvil. Para calcularlo primero se obtiene el promedio móvil de orden n y sobre éste se calcula otro promedio móvil de orden k .

Se le denomina como promedio móvil de orden $n \times k$. Esta nueva serie dará inicio $n + k$ observaciones de la serie original y dará mayor peso a las observaciones centrales.

Se recomienda para eliminar fluctuaciones de series muy irregulares o con errores incrementales.

- f) **Suavizamiento exponencial simple** es un método creado por Robert Macaulay en 1931 y desarrollado por Robert G. Brown (Yaffe) durante la Primera Guerra Mundial para la extrapolación de series de datos, buscando aislar la tendencia y la estacionalidad del componente irregular.

El cálculo del suavizamiento exponencial simple implica la formación de una serie en la cual a cada observación se le asigna un peso constante α , $0 \leq \alpha \leq 1$.

Sea $S(t)$ la serie suavizada exponencialmente:

Tiempo	Serie original	Serie Suavizada
1	Y_1	
2	Y_2	$S_1 = Y_1$
3	Y_3	$S_2 = \alpha Y_2 + (1 - \alpha) S_1$
4	Y_4	$S_3 = \alpha Y_3 + (1 - \alpha) S_2$
.	.	.
.	.	.
.	.	.
t+1	Y_{t+1}	$S_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) S_{t-1}$

Nótese que el primer dato de la serie original no se suaviza, por tal razón la serie exponencialmente suavizada comienza en la segunda observación de la primera serie.

El suavizamiento exponencial simple asigna pesos exponenciales, como su nombre lo indica, de manera decreciente a las observaciones más viejas, mientras que los datos más recientes reciben mayor peso. La diferencia con los promedios móviles es que éstos asignan la misma ponderación a todas las observaciones.

$$S_1 = Y_1$$

$$S_2 = \alpha Y_2 + (1 - \alpha) S_1$$

$$S_3 = \alpha Y_3 + (1 - \alpha) S_2$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$S_{t-1} = \alpha Y_{t-1} + (1 - \alpha) S_{t-2}$$

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

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

De aquí se desprende lo siguiente:

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

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

$$S_{t+1} = \alpha Y_{t+1} + \alpha (1 - \alpha) Y_t + (1 - \alpha)^2 S_{t-1}$$

$$S_{t+1} = \alpha Y_{t+1} + \alpha (1 - \alpha) Y_t + (1 - \alpha)^2 (\alpha Y_{t-1} + (1 - \alpha) S_{t-2})$$

$$S_{t+1} = \alpha Y_{t+1} + \alpha (1 - \alpha) Y_t + \alpha (1 - \alpha)^2 Y_{t-1} + (1 - \alpha)^3 S_{t-2}$$

$$\cdot$$

$$\cdot$$

$$\cdot$$

$$S_{t+1} = \alpha Y_{t+1} + \alpha (1 - \alpha) Y_t + \alpha (1 - \alpha)^2 Y_{t-1} + \alpha (1 - \alpha)^3 Y_{t-2} + \dots + \alpha (1 - \alpha)^t Y_1$$

En este trabajo se utiliza $S_1 = Y_1$, sin embargo, existen algunos autores que sugieren que S_1 sea la media de los primeros valores de la serie, mientras que otros recomiendan que sea el valor medio de toda la serie.

Para conocer que α es la mejor, basta con correr todas las α entre 0.01 y 0.99 y correr algún método de error que se describirá más adelante y tomar el más pequeño de ellos.

El valor de α determina el grado hasta el cual la observación más reciente puede influir en el valor del pronóstico. En el caso de que α sea cercano a 0, el pronóstico será similar a la predicción anterior y el suavizamiento de la serie será mayor.

Cuando α es muy cercana a 1, la predicción incluirá un ajuste sustancial de cualquier error ocurrido en el pronóstico previo pero el alisado será menor.

Este suavizamiento es simplemente el pronóstico anterior S_t más α veces el error de la predicción anterior.

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

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

S_{t-1} es el pronóstico de Y_t

Si la serie de tiempo contiene una sustancial variabilidad, es mejor tomar un valor pequeño de α y minimizar así el error en el pronóstico.

Este tipo de suavizamiento se usa para determinar y pronosticar la tendencia de una serie pero sobresale cuando ésta no presenta estacionalidad. En el caso de predecir la tendencia, el pronóstico siempre quedará por debajo de la realidad.

- g) **Suavizamiento exponencial doble** es un método usado para mejorar el filtro del inciso f) cuando existe una tendencia. Consiste en agregar una ecuación

con una segunda constante γ , que deberá ser elegida junto con α . Este tipo de suavizamiento se conoce como el método Holt.

Las dos ecuaciones son:

$$S_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) (S_{t-1} + b_{t-1}) \quad 0 < \alpha < 1$$

$$b_t = \gamma (S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma) b_{t-1} \quad 0 < \gamma < 1$$

La primera ecuación ajusta a S_t directamente en la tendencia del período anterior, al sumarle b_{t-1} al último valor suavizado S_{t-1} . Con esto se elimina el rezago y aproxima a S_t al valor más apropiado.

La segunda ecuación ajusta la tendencia, a través de la diferencia de los últimos valores.

El valor inicial S_1 es igual a Y_1 , tal como se describe en el suavizamiento exponencial. Se proponen tres maneras de elegir a b_1 :

- $b_1 = Y_2 - Y_1$
- $b_1 = \frac{(Y_2 - Y_1) + (Y_3 - Y_2) + (Y_4 - Y_3)}{3} = \frac{Y_4 - Y_1}{3}$
- $b_1 = \frac{Y_4 - Y_3}{n - 1}$

h) **Suavizamiento exponencial triple** suaviza exponencialmente la tendencia y la estacionalidad. Se le conoce como método de Holt-Winters por sus creadores. Este método de alisado involucra tres ecuaciones, sin embargo, esta técnica se detallará en el capítulo 4.

- i) **Diferenciación** remueve la tendencia en una serie de datos. El proceso consiste en obtener la diferencia entre las observaciones hasta convertir la serie en estacionaria.

1.7 Métodos de pronóstico

Pronosticar es el proceso de determinar qué valor tomará la variable estudiada en uno o más períodos de tiempo situados en el futuro mediante la aplicación de un modelo, y debido a lo incertidumbre, la exactitud de éste es tan importante como el pronóstico mismo. Se trata de elaborar una representación simplificada de las características más importantes que contiene la serie relacionadas con su evolución en el tiempo.

Tales relaciones (patrones) tienen que ser correctamente identificados para obtener un mejor pronóstico y entre más prolongado sea el horizonte de predicción, mayor será la probabilidad de que suceda un cambio estructural en los patrones o relaciones. Cuando éstas no existen, la predicción no es posible.

Existen ciertos factores que influyen en el pronóstico y en su exactitud como es el tamaño de la serie de datos. Entre mayor sea el número de observaciones disponible, por la ley de los grandes números, mejor será pronóstico ya que se abarcan ciclos y estaciones. Como se ha venido repitiendo a lo largo del capítulo, es importante que las relaciones o patrones no cambien a lo largo del tiempo, es decir que los datos se mantengan homogéneos.

Como se mencionó en un principio, el hombre siempre ha tratado de pronosticar. Estos métodos de predicción pueden ser muy sencillos, requiriéndose de muy pocos cálculos matemáticos como pueden ser muy sofisticados, necesitándose de una computadora para realizarlos.

Los métodos sencillos son conocidos como ingenuos o triviales, y muy probablemente han sido usados por cualquier persona en algunos pronósticos. Básicamente se conocen dos tipos.

Método ingenuo o trivial 1:

$$Y_{t+1} = Y_t$$

Método ingenuo o trivial 2:

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

Como su nombre lo dice son un tanto ingenuos al pensar que la predicción será igual a la última observación o semejante a ésta más el cambio entre las posteriores.

Un modelo no es mejor porque emplee técnicas sofisticadas sino porque explica la realidad que se analiza. Puede ocurrir que el modelo matemático describa de manera acertada a la variable pero que no la pronostique de manera certera, toda vez que haya cambios en el patrón, dificultando que sean detectados y cuantificados. Por lo que la validez de un modelo dependerá de que los errores del pronóstico no sean muy significativos, como se verá más adelante en este capítulo.

1.7.1 Selección del mejor modelo

Los métodos de pronóstico de series de tiempo por analizar en los siguientes tres capítulos son la descomposición de la serie de tiempo y los métodos de suavizamiento. En ambas técnicas se proyectarán series con tendencia, con o sin ajustes por influencias estacionales y cíclicas.

Estos métodos funcionan aceptablemente bien cuando el patrón histórico no cambia en el futuro, de lo contrario no distinguirán las variaciones y no serán un buen pronóstico al no poderlos incorporar. Estas técnicas son aplicadas a horizontes de tiempo cortos, es decir de uno a tres meses.

La selección del mejor método dependerá del tipo de serie de tiempo por analizar.

1.7.2 Análisis de la serie de tiempo

El primer paso en el análisis de series de tiempo, consiste representarla gráficamente. Esto permite detectar sus componentes esenciales. La gráfica permitirá:

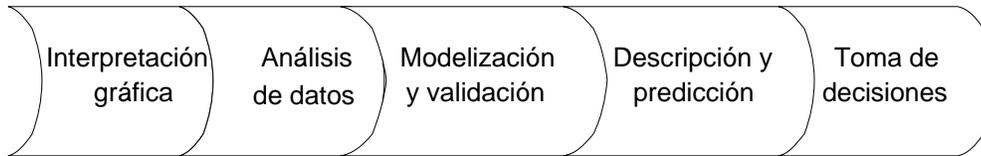
1. Detectar *outliers*: se refiere a los puntos de la serie que se escapan de lo normal. Corresponde a un comportamiento anormal del fenómeno (sin incidencias futuras) o a un error de medición. Se debe determinar si el punto es *outlier* o no. En caso de serlo, se debe omitir o reemplazar por otro valor antes de analizar la serie. En caso de sustituirlo, deberá realizarse como el promedio de las observaciones anterior y posterior. La razón matemática para ajustar la ocurrencia de los *outliers* es que la mayoría de los métodos de pronósticos están basados en promedios, mismos que son susceptibles a valores fuera de lo “normal”.
2. Detectar si la serie es estacionaria o no.
3. Presentar la tendencia.
4. Señalar el componente estacional.
5. Mostrar del componente cíclico.

Este análisis de la gráfica facilita información acerca de los métodos más adecuados que se aplicarán.

1.8 Error del pronóstico

1.8.1 Validación del modelo de pronóstico

Se recalca una vez más, que no solamente es importante que el modelo se ajuste y explique los datos observados sino que también sea un buen pronóstico de la serie y ayude a tomar una buena decisión.



A pesar de que aún no se han mostrado los modelos de pronóstico, este capítulo tratará de su validación. Se modelará una serie de datos y se validará la predicción, razón por la cual se explica la evaluación del pronóstico antes que los modelos.

La validez de un modelo dependerá de tres factores:

- Que los errores que presente el modelo no sean significativos.
- Que exista una cierta estabilidad en la estructura del fenómeno, de tal forma que el comportamiento pasado de la variable permanezca en el futuro.
- Que los datos sean homogéneos en el tiempo.

1.8.2 Evaluación de la capacidad predictiva de los métodos de pronóstico

Para conocer que tan exacto fue el pronóstico se utilizan varias técnicas para calcular el tamaño del error. Enseguida se describirán algunas de éstas.

- **Error medio** (EM o ME por sus siglas en inglés: Mean Error). Se promedian cada una de las diferencias entre las observaciones y su pronóstico. Cada una ellas se conoce como error.

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t$$

Sin embargo no es un buen indicador pues los errores pueden ser positivos y negativos y al sumarse se eliminan, no reflejándolo correctamente al minimizarlos.

$$EM = \frac{\sum_{t=1}^n e_t}{n}$$

Donde e_t es el error del pronóstico en el tiempo t , n es el número de observaciones, $n \in \mathbb{N}$.

- **Error cuadrático medio** (ECM o MSE por sus siglas en inglés: Mean Square Error). Para cada observación se calcula el error como la diferencia entre ésta y el pronóstico, se eleva al cuadrado y se promedian al final. Entre más pequeño resulte este promedio, mejor será el pronóstico. La finalidad de elevar al cuadrado cada error, es evitar la característica del EM.

$$\text{ECM} = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}$$

Donde e_t es el error del pronóstico para la observación t , n es el número de observaciones, $n \in \mathbb{N}$.

Si este error se divide entre la diferencia de n menos k grados de libertad se obtendrá la varianza de error:

$$\text{varianza}(\text{ECM}) = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n - k}$$

La desviación estándar del ECM obtiene al tomar la raíz cuadrada de esta varianza:

$$\text{Desviación estándar}(\text{ECM}) = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n - k}}$$

- **Error absoluto medio** (EAM o MAD, por sus siglas en inglés Mean Absolute Distance, MAE Mean Absolute Error). Se promedia el valor absoluto de la

diferencia entre la observación y el pronóstico de cada una de las observaciones. Este valor absoluto del error evita que se cancelen los errores.

$$EAM = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n}$$

Donde e_t es el error del pronóstico de la observación t y n es el número de observaciones, $n \in \mathbb{N}$.

- **Error porcentual medio** (EPM o MPE, por sus siglas en inglés Mean Percentage Error).

Primero se calcula EP_t , que es el error porcentual de la observación en el tiempo t

$$EP_t = \frac{e_t \cdot 100}{Y_t}$$

Después se promedian EP_t de todas las observaciones.

$$EPM = \frac{\sum_{t=1}^n EP_t}{n} \quad n \text{ es el número de observaciones, } n \in \mathbb{N}.$$

Este error tampoco es un buen indicador ya que se cancelan los errores porcentuales positivos con los errores porcentuales negativos.

- **Error absoluto porcentual medio** (EAPM o MAPE, por sus siglas en inglés Mean Absolute Percentage Error). Se promedia el valor absoluto del porcentaje de error de cada observación.

$$EAPM = \frac{\sum_{t=1}^n |EP_t|}{n}$$

n es el número de observaciones, $n \in \mathbb{N}$.

El tamaño y la persistencia de los errores dependen de los siguientes factores:

- la identificación errónea de los patrones causado por un número insuficiente de observaciones que reflejan relaciones inexistentes, o porque la realidad es demasiado compleja para ser comprendida o modelada.
- Patrones inexactos o imprecisos.
- Patrones cambiantes que no existían en el momento de modelar y que surgieron en el futuro, por lo cual la magnitud del error dependerá del tamaño del cambio.

1.8.3 Pronósticos puntual y por intervalos

Al principio de este capítulo se mencionó que las técnicas para identificar el tamaño del error sirven para validar el pronóstico, sin embargo, describirlas antes de analizar los modelos tiene un segundo propósito, la introducción de las predicciones puntual y por intervalos. Los modelos por estudiar en los siguientes capítulos resultarán en una cifra, el pronóstico puntual. Por ejemplo, la predicción de ventas de cereal para bebé para el mes de septiembre de 2007 será de 26,789 latas. Este valor se encontrará más acertado si va acompañado de una medida de precisión o de fiabilidad, el pronóstico por intervalos. En el ejemplo anterior se diría que con un 90% de probabilidad las ventas de cereal para bebé para ese mes de septiembre estarán entre 26,539 y 27,039 latas. Este último reduce la incertidumbre.

El pronóstico por intervalos para el promedio simple y para el ajuste por recta de mínimos cuadrados se calcula a través del error. El intervalo de predicción de $(1 - \alpha)$, donde α es el nivel, está dado por:

$$(\hat{Y}_{t+1} - t^{\frac{1-\alpha}{2}} \cdot \hat{\sigma} \cdot f(t+1), \hat{Y}_{t+1} + t^{\frac{1-\alpha}{2}} \cdot \hat{\sigma} \cdot f(t+1))$$

Donde

\hat{Y}_{t+1} es el pronóstico para el período t+1

$\hat{\sigma}$ es la estimación de la varianza del error y está dada por:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T e_t^2}{T-h}} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{T-h}}$$

Con h igual a 1 para promedios simples y h igual a 2 para rectas

f(t+1) es una función del tamaño de la muestra y de la variable tiempo y se explicará a que corresponde más adelante.

$\frac{\alpha}{t^2}$ es el valor de tablas de una t de Student con T-h grados de libertad y que deja a su derecha $\frac{\alpha}{2}$ % de la masa probabilística.

Este pronóstico por intervalos se analizará a fondo cuando se analice cada uno de los modelos en los siguientes capítulos.

Capítulo 2

2 Descomposición de series de tiempo

2.1 Descomposición de componentes

Este estudio se basa en que las series de tiempo están compuestas de por lo menos uno de estos cuatro componentes: tendencia, estacionalidad, ciclos y ruido blanco. Sin embargo, algunas veces éstos se encuentran tan integrados los unos con los otros que es difícil distinguirlos a simple vista o separarlos. Esta sección se les analizará y proveerá de técnicas de separación.

Los métodos de descomposición se encuentran entre los enfoques de pronóstico más antiguos. Los fundamentos para los procedimientos actuales surgen en la década de 1920 cuando se introduce el concepto de razón a los promedios móviles. En un principio fueron usados por los economistas que intentaban controlar el ciclo económico. Hay varias maneras para descomponer una serie de tiempo, todas tienen como objetivo aislar cada componente de la serie. El concepto básico de la separación es empírico y consiste en remover primero la estacionalidad (en caso de existir), luego la tendencia y finalmente el ciclo.

Dada una serie de tiempo es importante separarla en sus componentes para conocerlos e identificarlos, además de elegir el modelo que mejor la ajustará.

En el Capítulo 1 se explicó que la serie de datos se puede describir a través de una función matemática con base a los cuatro componentes:

$$Y_t = f\{T_t, E_t, C_t, A_t\}$$

Dónde :

- Y_t serie observada en el instante t
- T_t componente de tendencia en el momento t
- E_t componente estacional en el tiempo t

- C_t componente cíclico en t
 A_t componente irregular en el instante t

Asimismo, se mencionó que dicha función puede estar basada en los modelos aditivo, multiplicativo y mixto.

- Aditivo $Y_t = T_t + E_t + C_t + A_t$
- Multiplicativo $Y_t = T_t \cdot E_t \cdot C_t \cdot A_t$
- Mixto $Y_t = T_t \cdot E_t \cdot C_t + A_t$

También se hizo mención de algunas características de los componentes para la elección de cada uno de los modelos, tales como la dependencia de estacionalidad entre ellos, la variabilidad de la serie a lo largo del tiempo o su representación a través de cambios porcentuales. Sin embargo existen métodos más sencillos para la identificación de la técnica de descomposición a usar.

La elección del modelo en algunos casos puede estar basada en la experiencia y conocimiento del analista, sin embargo, a continuación se explicarán tres métodos para su selección fundamentados en la cuantificación de la amplitud de las oscilaciones en torno a la tendencia. El primero es la representación gráfica de la serie, el segundo es el análisis de la gráfica de la desviación estándar media y el tercero está el método de las diferencias y cocientes estacionales.

2.1.1 Análisis de la representación gráfica de la serie

Al graficar la serie, se observan las variaciones en torno a la tendencia, si éstas son aproximadamente de la misma amplitud, implicaría que existe independencia entre los componentes, indicando la aplicación del modelo aditivo. Pero si por el contrario, las oscilaciones son cada vez mayores o menores, es decir, la variabilidad no se mantiene a lo largo del tiempo, se asume que existe una dependencia entre los componentes,

sugiriendo el uso del modelo multiplicativo. Las series económicas generalmente son de este tipo.

En cuanto al modelo mixto, su elección estaría basado en el análisis de las fluctuaciones del componente estacional, usándose si éstas no se mantienen constantes. Este no es muy usual, ya que la mayoría de las series se pueden modelar por los métodos aditivo y multiplicativo.

2.1.2 Análisis de la gráfica de la desviación estándar media

Este método se puede aplicar siempre y cuando para cada año se disponga de varias observaciones mensuales, trimestrales o semestrales. Para los datos anuales, se calcula la media y la desviación estándar. Se grafican estas medias y desviaciones estándares, resultando las primeras en una línea y las segundas en una nube de puntos.

Del análisis de esta nube, dependerá el modelo por aplicar. Si su aspecto se asemeja a una línea relativamente creciente en torno a la media, el modelo por seleccionar es el multiplicativo, mientras que si los puntos se distribuyen de manera aleatoria, se elegiría el modelo aditivo.

La línea formada por la media de los datos anuales se corresponde a la tendencia de cada año. Se debe recordar que la desviación estándar cuantifica la dispersión de un conjunto de datos en torno a su media. La hipótesis bajo este método es que la tendencia dentro de un año no debe variar de manera considerable y por lo tanto su desviación estándar no se debería de ver afectada. Los cambios de valor de la serie en el curso de un año estarán causados por el componente estacional, si la estacionalidad es fuerte, las oscilaciones de la serie intra-anales también serán grandes, por lo que la desviación estándar también lo será.

Con base a lo anterior, si la media y la nube están relativamente alineados en torno a una recta creciente, significará que a medida que el nivel de tendencia crece, también lo

hace la dispersión gracias a la estacionalidad, y que los componentes se encuentran relacionados, por lo que se aplicaría el modelo multiplicativo.

En caso de que la media y su dispersión sean aleatorias, se tendría que la tendencia es independiente de la estacionalidad, por lo que el modelo por aplicar es el aditivo.

2.1.3 Método de las diferencias y cocientes estacionales

Algunas veces, ninguna de las representaciones gráficas resulta demasiado concluyente, por lo que se recurre al método de las *diferencias y cocientes estacionales*. Primero se definirá estos conceptos.

La *diferencia estacional* se obtiene de la resta aritmética entre dos datos de años consecutivos pero de la misma estación o mes, por ejemplo la diferencia entre la observación del mes de septiembre de 1996 y la de septiembre de 1995. Se denota como d_{ti} donde t es el año y el subíndice i es la estación o el mes.

$$d_{ti} = Y_{ti} - Y_{ti-1}$$

La diferencia estacional equivale a tomar la serie de incrementos interanuales.

Los *cocientes estacionales* como su nombre lo indica se calculan como el cociente entre dos observaciones de años consecutivos pero de la misma estación o mes. Se representa por k_{ti} y el subíndice i tiene la misma connotación que en la diferencia estacional.

$$k_{ti} = \frac{k_{ti}}{k_{ti-1}}$$

El cociente estacional se relaciona con el crecimiento de la serie.

El primer paso del método de las diferencias y cocientes estacionales es la obtención de todos los d_{t_i} y k_{t_i} . A través del cálculo de los d_{t_i} y k_{t_i} , se crean dos series de tiempo, $d(t)$ para las diferencias y $k(t)$ para los cocientes. Cada una de estas series tendrá $(T-1)$ x i observaciones, debido a que se pierden i datos en las diferencias y en los cocientes.

El siguiente paso es el cálculo de los coeficientes de variación para la diferencias, $CV(d)$, y para los cocientes, $CV(k)$. Las fórmulas para su obtención son:

$$CV(d) = \frac{\text{Desviación estándar (d)}}{\text{media (d)}}$$

$$CV(k) = \frac{\text{Desviación estándar (k)}}{\text{media (k)}}$$

El criterio para la discriminación del método es el siguiente:

Si $CV(k) > CV(d)$, se elige el modelo aditivo

Si $CV(k) < CV(d)$, se opta el modelo multiplicativo

De acuerdo a lo explicado arriba, si el crecimiento interanual para cada estación tiene menor variabilidad que en términos de incrementos, esto indicará una relación multiplicativa entre la tendencia y la estacionalidad. En caso contrario, es aditiva.

La ventaja que tienen estos coeficientes es que representan medidas estandarizadas con la media facilitando la comparación entre ellos, mientras que la desviación estándar media, por depender de las unidades de medida, no permite una comparación sencilla.

2.2 Análisis de tendencia

El primer componente por analizar es la tendencia de la serie de tiempo, se tratará de identificarla. Los propósitos fundamentales de este estudio son proyectarla y eliminarla de los datos originales. En caso de que exista estacionalidad, antes de proceder se le

elimina. Algunos autores prefieren estudiar a la tendencia y al ciclo como un único componente debido a lo complicado que es pronosticar este último.

2.2.1 Identificación de la tendencia

La tendencia se puede identificar por las siguientes maneras:

- Gráficas
- Promedios móviles / promedios móviles centrados
- Diferencias
- Suavizamiento exponencial

Gráficas, tal como lo dice su nombre, se grafica la serie y se dibuja una línea que ajuste y represente el movimiento predominante. Si se cuenta con una parte de la serie, puede ser que la línea ajustada represente únicamente un ciclo en lugar de la tendencia dominante.

Los *promedios móviles* y *promedios móviles centrados*, como se explicó en la sección anterior, tienen la función de suavizar las series, eliminando los valles y las crestas, entre mayor sea el orden, mayor será el suavizamiento. Si se elige el orden correcto, el promedio móvil anulará la estacionalidad y ciclos, y se espera que el componente irregular sea igual a cero ya que los efectos positivos compensarán a los negativos, quedando así solamente la tendencia. El orden adecuado de los promedios móvil y móvil centrado debe de coincidir con la longitud de la media de las fluctuaciones de la serie que se desea eliminar. Si las variaciones se deben a la influencia del componente irregular, se debe elegir un orden grande, si el nivel de la serie es el causante de las variaciones de la misma, el orden del promedio debe ser pequeño.

A pesar de que en este trabajo se sugiere el uso de los promedios móviles con fines descriptivos, algunos autores gustan de pronosticar la tendencia en la descomposición de series a través de los promedios móviles. Sin embargo se enumera a continuación los inconvenientes que surgen al utilizarlos:

- Se pierden observaciones,
- Se dificulta el pronóstico al no disponer de una función que permita la extrapolación,
- No se dispone de una medida de fiabilidad equivalente al coeficiente de correlación,
- Los promedios móviles pueden generar ciclos u otros movimientos que no estaban presentes en los datos originales y
- La aplicación de los promedios móviles introduce la autocorrelación, hasta en las series aleatorias y además puede modificar con la autocorrelación previa.

Diferencias generalmente se usan para eliminar la tendencia, sin embargo, en este trabajo se usará para identificar el tipo de modelo que mejor la ajuste, modelo lineal o cuadrático. Se forma una serie con las diferencias de la serie original: $Z_t = Y_{t+1} - Y_t$. Si la serie original Y es lineal, esta serie Z estará desprovista de tendencia, sin embargo, si es cuadrática, se necesitará una segunda diferencia para eliminar la tendencia de Y .

En caso de que el modelo sea multiplicativo, se puede convertir en aditivo a través de logaritmos naturales para luego tomar diferencias:

$$Y_t = T_t \cdot E_t \cdot C_t \cdot A_t$$

$$\ln(Y_t) = \ln(T_t) + \ln(E_t) + \ln(C_t) + \ln(A_t)$$

$$Z_t = \ln(Y_{t+1}) - \ln(Y_t) = \ln\left(\frac{Y_{t+1}}{Y_t}\right)$$

Se deben tomar en consideración los siguientes puntos:

- En cada diferencia se pierde una observación,
- La serie original no debe presentar estacionalidad o ser previamente desestacionalizada,

- Puede ocurrir que el proceso de las diferencias elimine alguna otra componente,
- Esta técnica no identifica la tendencia por lo cual las predicciones se dificultan.

Suavizamiento exponencial, también alisa la curva de la serie de tiempo, toda vez que se basa en las observaciones anteriores. Al usar este tipo de método como pronóstico, siempre la predicción quedará por debajo de la realidad. Esta técnica funciona mejor cuando no existe estacionalidad.

2.2.2 Ajuste de la tendencia

Algunas veces al revisar la gráfica, el modelo para ajustar la tendencia es identificado fácilmente, sin embargo, no siempre es así. Para saber que tipo de modelo se debe de utilizar se realiza el estudio de las primeras diferencias y las tasas de variación que se explicaran más adelante. En cualquier caso se supone que la serie está compuesta únicamente por los componentes tendencia (o tendencia – ciclo) e irregular y que existe cierta estabilidad en la estructura de la serie. Se asumirá que el componente aleatorio no está correlacionado con los valores y que su media es cero, que su varianza se mantiene constante para toda t y que se distribuye normalmente.

Al proyectar la tendencia, la serie debe de ser desestacionalizada primero, así que en esta sección se asumirá que la serie ya no tiene estacionalidad. En caso contrario, se eliminará de manera rápida y sencilla al trabajar con las medias anuales. El proceso es el siguiente dada la serie con datos semanales, mensuales o trimestrales

$$X_t = T_t + E_t + C_t + A_t$$

Se transforma a través de medias anuales a la serie Y_t :

$$Y_t = T_t + C_t + A_t$$

Para luego ajustarse a través de una función: f_t

La tendencia se puede proyectar a través de una línea recta, un polinomio, una parábola, una función exponencial o la función de Gompertz (utilizada para pronósticos sobre población en el largo plazo). Generalmente, a través de la gráfica se puede distinguir cual es el mejor ajuste.

En los modelos aditivos, la tendencia se ajusta generalmente a través de una línea recta o un polinomio, mientras que en los multiplicativos, se utiliza una función exponencial.

2.2.2.1 Proyección de la tendencia a través de la línea recta

La línea que mejor ajusta se puede calcular a través de la fórmula de la recta o de mínimos cuadrados. Este estimador posee las propiedades necesarias para ser catalogado como bueno y éstas son el insesgamiento, la eficiencia y la consistencia.

La tendencia de la serie se ajustará a través de la recta siempre y cuando ésta represente un crecimiento positivo o negativo constante en el tiempo.

En el análisis de tendencia, el tiempo es la variable independiente y es el marco donde suceden los hechos, pero no su causa. Si el componente irregular no está autocorrelacionado, su media es nula y su varianza constante a lo largo del tiempo, y de distribuirse como una Normal $(0, \sigma^2)$, entonces se tiene garantía de que el estimador de mínimos cuadrados proporcionará buenas estimaciones.

La ecuación de la tendencia es:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1x$$

Donde:

\hat{Y}	es el valor de la predicción de la tendencia de la variable Y
b_0	es el valor de la intersección de la tendencia cuando X es cero
b_1	es el incremento o disminución promedio en \hat{Y} , por cada incremento en un período de X, que corresponde a la pendiente de la recta de regresión

Los estimadores b_0 y b_1 se calculan como:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{X}^2} \qquad b_0 = \bar{Y} - b_1\bar{X}$$

En esta ecuación de la recta x_i corresponde al período i de la serie de tiempo y y_i es la observación correspondiente al tiempo i .

La tendencia de la serie puede ser proyectada a través de una recta ajustada por mínimos cuadrados más un error ε .

$$\hat{Y}_t = b_0 + b_1 t + \varepsilon_t$$

A través de esta recta se puede pronosticar la variable dependiente a largo plazo. Algunos expertos sugieren que no se debe predecir más allá de $\frac{n}{2}$ períodos para evitar errores graves y obtener un mejor resultado.

El pronóstico por intervalos para el ajuste a través de una línea recta es

$$(\hat{Y}_{t+1} - t^{1-\frac{\alpha}{2}}\hat{\sigma}(t+1), \hat{Y}_{t+1} + t^{1-\frac{\alpha}{2}}\hat{\sigma}(t+1))$$

Donde

\hat{Y}_{t+1} es el pronóstico en el período $t+1$

$\hat{\sigma}$ es la estimación de la varianza del error y está dada por

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T e_t^2}{T-h}} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{T-h}}$$

Con h igual a 1 para promedios simples y h igual a 2 para rectas

$$f_{t+m} = \sqrt{1 + \frac{1}{T} + \frac{(t+m-\bar{t})^2}{\sum_{t=1}^T (t-\bar{t})^2}} \quad \text{con } \bar{t} = \frac{\sum_{t=1}^T t}{T} \quad \text{y } t+m \text{ el período pronosticado}$$

$m \in \mathbb{N}$

$\frac{\alpha}{t^2}$ es el valor de tablas de una t de Student de $T-2$ grados de libertad, tal que deja su derecha $\frac{\alpha}{2}$ % de la masa probabilística.

2.2.2.2 Proyección de la tendencia a través de un polinomio

En caso de que la serie de tiempo no se pueda ajustar con una línea recta, ésta se puede estimar por medio de una función polinomial, de grado k :

$$Y_t = b_0 + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3 + \dots + b_kt^k + \varepsilon_t$$

Como caso particular, el modelo de tendencia cuadrática o parabólica estará representado por

$$Y_t = b_0 + b_1t + b_2t^2 + \varepsilon_t$$

En este caso, la linealidad se refiere a los parámetros b_0 , b_1 y b_2 , en lugar de la potencia de la variable t .

Más adelante se explicará una técnica para discriminar entre la proyección a través de una línea recta o una parábola.

2.2.2.3 Proyección de la tendencia a través de una función exponencial

El ajuste exponencial se indica cuando la serie de datos varía en una progresión geométrica.

Para las tendencias exponenciales se utilizan modelos multiplicativos, y bajo el supuesto de que no existe estacionalidad y si el ciclo se ve combinado con la tendencia:

$$Y_t = T_t \cdot A_t$$

$$Y_t = e^{b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + \dots + b_k t^k} e^{A_t}$$

Con $k = 1$ se tiene

$$Y_t = e^{b_0 + b_1 t} e^{A_t}$$

Tomando logaritmos naturales.

$$\ln Y_t = b_0 + b_1 t + A_t$$

A_t se le puede considerar el error en el tiempo t

En el caso de ajustar la serie con una función exponencial, primero se tomará su logaritmo natural y luego éste se modelará a través de la recta.

2.2.2.4 Elección del mejor ajuste

Debido a que se necesita la fórmula de la recta ajustada por mínimos cuadrados, la parabólica y la función exponencial, para la explicación de las técnicas de las primeras diferencias y la tasa de variación usadas para la elección del método a seguir, serán descritas a continuación:

Para la técnica de las primeras diferencias, sean Y_t y Y_{t-1} las observaciones ajustadas por la recta de mínimos cuadrados en los períodos t y $t-1$ y sean ϵ_t y ϵ_{t-1} , los errores de los pronósticos correspondientes.

$$Y_t = b_0 + b_1t + \epsilon_t \quad \text{y} \quad Y_{t-1} = b_0 + b_1(t-1) + \epsilon_{t-1}$$

$$\begin{aligned} \Delta Y_t &= Y_t - Y_{t-1} = b_0 + b_1t + \epsilon_t - b_0 - b_1(t-1) - \epsilon_{t-1} \\ &= b_1 + \epsilon_t - \epsilon_{t-1} \end{aligned}$$

De esta ecuación se observa que las primeras diferencias de la variable Y_t son iguales a una constante b_1 que es la pendiente de la recta más el error o término aleatorio $\epsilon_t - \epsilon_{t-1}$. Al tomar dichas diferencias en una serie generada por un modelo de tendencia lineal se espera que la serie resultante oscile (debido a este componente aleatorio) en torno al valor constante b_1 .

En el caso de un ajuste parabólico, al tomar las primeras diferencias se obtendrá una línea con una tendencia, es decir, toda vez que ésta no se elimina con la primera resta. Esta tendencia se quitará con una segunda sustracción. Sean Y_t y Y_{t-1} dadas por

$$Y_{t+1} = b_0 + b_1(t+1) + b_2(t+1)^2 + \epsilon_{t+1}$$

$$Y_t = b_0 + b_1t + b_2t^2 + \epsilon_t$$

$$Y_{t-1} = b_0 + b_1(t-1) + b_2(t-1)^2 + \epsilon_{t-1}$$

$$\begin{aligned} \Delta Y_{t+1} &= b_0 + b_1(t+1) + b_2(t+1)^2 - b_0 - b_1t - b_2t^2 + \epsilon_{t+1} - \epsilon_t \\ &= b_1(t+1-t) + b_2(t+1)^2 - b_2t^2 + \epsilon_{t+1} - \epsilon_t \\ &= b_1 + b_2(t+1)^2 - b_2t^2 + \epsilon_{t+1} - \epsilon_t \\ &= b_1 + 2b_2t + b_2 + \epsilon_{t+1} - \epsilon_t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Y_t &= b_0 + b_1t + b_2t^2 - b_0 - b_1(t-1) - b_2(t-1)^2 + \epsilon_t - \epsilon_{t-1} \\ &= b_1(t-t+1) + b_2t^2 - b_2(t-1)^2 + \epsilon_t - \epsilon_{t-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= b_1 + b_2(t)^2 - b_2(t-1)^2 + \varepsilon_t - \varepsilon_{t-1} \\
&= b_1 + 2b_2t - b_2 + \varepsilon_t - \varepsilon_{t-1}
\end{aligned}$$

Tomando una segunda diferencia:

$$\begin{aligned}
\Delta^2 Y_{t+1} &= b_1 + 2b_2t + b_2 + \varepsilon_{t+1} - \varepsilon_t - (b_1 + 2b_2t - b_2 + \varepsilon_t - \varepsilon_{t-1}) \\
&= b_1 + 2b_2t + b_2 + \varepsilon_{t+1} - \varepsilon_t - b_1 - 2b_2t + b_2 - \varepsilon_t + \varepsilon_{t-1} \\
&= 2b_2 + \varepsilon_{t+1} - 2\varepsilon_t + \varepsilon_{t-1}
\end{aligned}$$

Para un ajuste exponencial, se usará la técnica de las tasas de variación y se realizará una explicación similar. Sean Y_t y Y_{t-1} las observaciones ajustadas por una función exponencial en los tiempos t y $t-1$ y sean ε_t y ε_{t-1} los errores de los pronósticos en los mismos períodos. Se expresa el modelo exponencial a través de logaritmos y se obtiene:

$$\ln Y_t = b_0 + b_1 t + \varepsilon_t \quad \text{y} \quad \ln Y_{t-1} = b_0 + b_1(t-1) + \varepsilon_{t-1}$$

$$\begin{aligned}
\Delta \ln Y_t = \ln Y_t - \ln Y_{t-1} &= b_0 + b_1 t + \varepsilon_t - b_0 - b_1(t-1) - \varepsilon_{t-1} \\
&= b_1 + \varepsilon_t - \varepsilon_{t-1}
\end{aligned}$$

De esta ecuación se observa que las primeras diferencias del logaritmo de la variable Y_t son iguales a una constante b_1 más el error o término aleatorio $\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1}$ que oscila en torno a este valor medio. Debido a que se habían tomado logaritmos, lo que resultó fue

una tasa de variación relativa $\text{TVR}_t: \frac{Y_t - Y_{t-1}}{Y_{t-1}}$ que es una aproximación lineal de $\Delta \ln Y_t$

al desarrollar por Taylor.

Entonces a partir del análisis de las gráficas de las primeras diferencias y de la tasa de variación se discriminará el modelo por usar. Si dicha gráfica de las primeras diferencias muestra que éstas oscilan en torno a un valor medio, el modelo a seguir es el aditivo a través del ajuste por una recta; si se necesita una segunda sustracción, se ajustará con una función parabólica, mientras que si la gráfica de la tasa de variación

muestra una oscilación alrededor de un valor medio, se aplicará el multiplicativo mediante de una función exponencial.

En lugar de gráficas se pueden calcular los coeficientes de variación correspondientes a las primeras diferencias y a los cocientes de primer orden, es decir de períodos consecutivos, y realizar una comparación de los mismos. Estos coeficientes están dados por:

$$d_t = \Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$$

$$k_t = \frac{Y_t}{Y_{t-1}}$$

Las medias de estas variables transformadas están dadas por

$$\bar{d} = \frac{\sum_{t=1}^T d_t}{T-1}$$

$$\bar{k} = \frac{\sum_{t=1}^T k_t}{T-1}$$

Se observa que en ambos casos se pierde una observación en la serie transformada.

Los coeficientes de variación de estas series transformadas son las siguientes:

$$CV(d) = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (d_t - \bar{d})^2}{T-1}}}{\bar{d}}$$

$$CV(k) = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (k_t - \bar{k})^2}{T-1}}}{\bar{k}}$$

Si $CV(d) > CV(k)$ se opta por el modelo exponencial en caso contrario se usará el modelo lineal.

2.3 Análisis de estacionalidad

La estacionalidad no es más que oscilaciones a corto plazo con períodos más o menos regulares y de duración menor o igual a un año. Un método muy utilizado para identificarla es el de la razón media móvil, basado en series multiplicativas. El método consiste en:

1. Construir una serie con base a un promedio móvil centrado de orden n que considere las “estaciones” de la serie de datos originales. Es decir que se debe cuidar que el promedio seleccionado abarque los períodos de manera que coincidan la recurrencia de las fluctuaciones de la serie. Si la estacionalidad es mensual, entonces n será igual a 12; si es trimestral, n será igual a 4.
2. Se calcula un valor estacional por separado para cada estación a través de índices estacionales. Se dividen los valores de la serie original entre el promedio móvil centrado obteniendo la variación estacional y el componente irregular. El resultado de cada división se le conoce como índice bruto de variación estacional (IBVE).

Si el promedio móvil centrado es adecuado estimará los componentes tendencia y ciclo, y al dividir la serie entre éste se encontrará la estacionalidad de la serie. Este promedio móvil centrado tiene poco o ningún error ya que el factor aleatorio fluctúa alrededor de 0, y al sumarlos todos, algunos positivos y otros negativos, se cancelan los unos a los otros resultando que el componente aleatorio sea mínimo, dejando únicamente la tendencia y el ciclo.

Sea MM el promedio móvil centrado, entonces $MM = T_t \cdot C_t$

De aquí que $Y_t = T_t \cdot E_t \cdot C_t \cdot A_t$

$$\frac{Y_t}{MM} = E_t \cdot A_t$$

3. Si de un año al otro la estacionalidad es estable se puede resumir y construir los índices generales de variación estacional. Si la estacionalidad es evolutiva no se deben de resumir los índices y se ajustarán a través de una función como se explicará más adelante. La estacionalidad es estable si para años sucesivos el componente estacional toma valores similares para la misma estación.

Para construir estos índices se debe de acomodar la serie $\frac{Y_t}{MM}$ en una matriz que tendrá como número de filas o renglones el orden del promedio móvil y como número de columnas el número de años en la serie de datos original. Se observa que para cada estación se pierde un índice.

Entonces cada renglón de esta matriz tendrá la misma estación de cada año, permitiendo la comparación en diferentes períodos.

El índice de cada estación se calcula obteniendo el valor del promedio simple. Algunos autores prefieren omitir el menor y el mayor de los valores, que pueden resultar de una huelga, una guerra o cualquier evento que cause un impacto mayor. Este promedio se le conoce como promedio medial. Este promedio (promedio medial si se decide) elimina el componente aleatorio, que como se ha escrito fluctúa alrededor de cero. Estos n índices deben de sumarse entre si y el resultado debe de ser igual a n , en caso contrario se deberán ajustar a través de una sencilla regla de tres, de manera tal que después de este ajuste su suma sea igual a n o su promedio simple sea 1, ya que en el modelo multiplicativo $E_t = 1$. Estos índices son los índices de variación estacional (IVE).

Algunas personas calculan este índice por medio de medianas en lugar de usar promedios móviles.

Debido a que los índices generales de variación estacional son porcentajes, indican para cada estación que tanto por ciento por arriba o por abajo se espera el nivel de actividad comparado con el promedio. Por ejemplo, un índice igual a 1.0567 indica que para esa estación el valor esperado será 5.67% mayor al promedio.

En el caso de que los índices brutos de variación estacional no sean estables, se verificará si éstos muestran una tendencia, en cuyo caso se tratarán de ajustar a través de una función matemática. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Se grafica cada uno de los IBVE para cada estación y se observa el comportamiento a lo largo del tiempo para decidir luego que función es la que mejor se ajusta.
2. Se estima la función a través de mínimos cuadrados, eliminando así parte de las irregularidades del índice. Esta puede ser lineal, polinomial o exponencial.
3. Se obtienen estimaciones de la estacionalidad para cada estación y pronósticos de valores futuros, al dar valores a la variable t .

Algunos autores prefieren plantear un modelo econométrico que trate de explicar la serie a través de la variable tiempo, que recoja el comportamiento de la tendencia y de un conjunto de variables ficticias, tantas como estaciones menos 1, para evitar problemas de multicolinealidad.

El método anteriormente descrito se usa cuando el modelo es multiplicativo, pero cuando el modelo es aditivo se realizan pasos similares. Se calcula la media móvil centrada estacional para luego obtener los IBVE. En lugar de dividir la serie entre los promedios móviles centrados, se restan de la serie. Estos índices se acomodan en la tabla de la misma manera que se explicó en el modelo multiplicativo. En esta tabla habrá índices positivos y negativos, en lugar de promediar, se espera que sumen 0, ya que en el modelo aditivo $E_t = 0$. En caso de no sumar 0, se deberá normalizar los

índices. La desestacionalización de la serie consistirá en restar los IVE de la serie. Esta técnica usada en el modelo aditivo se le conoce como el método de la diferencia a la media móvil.

Para elegir entre el modelo aditivo y el multiplicativo se realiza un análisis similar al de la discriminación para la tendencia. Se calculan la diferencia estacional y el cociente estacional.

La diferencia estacional se calcula como $d_t^E = Y_t - Y_{t-n}$, la resta entre estaciones similares de años consecutivos y el cociente estacional se define como $k_t^E = \frac{Y_t}{Y_{t-n}}$, también el cociente de estaciones similares de años consecutivos. Los coeficientes de variación de estas variables son:

$$CV(d^E) = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^T (d_t^E - \bar{d}^E)^2}{T-n}}}{\bar{d}^E}$$

$$CV(k^E) = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^T (k_t^E - \bar{k}^E)^2}{T-n}}}{\bar{k}^E}$$

\bar{d}^E y \bar{k}^E son las medias muestrales de d^E y k^E , respectivamente.

De manera análoga el criterio de discriminación dice que si $CV(d^E) > CV(k^E)$ el esquema multiplicativo es más adecuado.

Los índices generales de variación estacional tienen dos propósitos:

- i. la *desestacionalización* de la serie de tiempo original, al dividir (o restar) ésta entre los índices generados haciendo coincidir las estaciones, resultando en su eliminación y permitiendo la comparación de datos correspondientes a estaciones similares pero de diferentes años.

Además de que permite una mejor apreciación de la tendencia y los movimientos cíclicos.

- ii. la proyección de una tendencia al multiplicar ésta por los índices, es decir, el pronosticar la serie en cuestión. En este caso la serie original se desestacionaría al dividirla entre los índices estacionales, para luego ajustarla a través de una función lineal, polinomial o exponencial para finalmente multiplicarla por los IVE y se obtener una predicción.

Para que el proceso de desestacionalización funcione con éxito es necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

- Los movimientos cíclicos básicos no se deben de distorsionar,
- Las fluctuaciones irregulares deben de comportarse de forma aleatoria cuando se consideren autocorrelaciones con rezagos del tamaño de las estaciones,
- La suma de la serie desestacionalizada debe ser igual a la suma de la serie original, ya que para muchas series la adición es significativa en términos económicos y la desestacionalización no debe de alterar este resultado. Esto significa que la serie desestacionalizada mantiene la esencia de la serie original.

2.4 Análisis de ciclos

Como se refirió anteriormente los ciclos son movimientos, con períodos y amplitudes regulares, que se producen a medio plazo en torno a la tendencia. Este análisis tiene su origen en los años 30 del siglo pasado y fue desarrollado por el National Bureau of Economic Research al estudiar la naturaleza y causa de las oscilaciones registradas en la economía estadounidense durante depresión de 1929. El estudio perdió importancia a partir de la Segunda Guerra Mundial y los cambios socio-económicos surgidos con ésta. Sin embargo, volvió a cobrar interés durante la crisis petrolera de 1973, al analizar el *ciclo del crecimiento*, en donde las expansiones económicas iban de la mano con el aumento de las tasas mientras que las contracciones con las bajas.

El análisis de los ciclos persigue el estudio de la coyuntura económica, sin embargo, como su duración no es constante, es difícil realizar predicciones de este componente. Por otra parte, no se han desarrollado procedimientos estadísticos que gocen de una aceptación general. Por lo que solamente se tratará de identificarlos. La manera más común para encontrarlos es el método de residuos, sin embargo se explicará un otra forma a través de tasas de variación.

El *método de residuos* se basa en que la serie es del tipo multiplicativa:

$$Y_t = T_t \cdot E_t \cdot C_t \cdot A_t.$$

Método de residuos

1. Si la unidad temporal en que viene expresada la serie es inferior al año se desestacionaliza la serie:

$$\text{Sea } Y_t^D \text{ la serie desestacionalizada: } Y_t^D = T_t \cdot C_t \cdot A_t$$

2. Se determina la tendencia de la serie, obteniendo la recta Y_t^* , que se construye sobre la serie original.
3. Se elimina la tendencia de la serie desestacionalizada: Y_t^D :

$$\frac{Y_t^D}{Y_t^*} = C_t \cdot A_t$$

4. Se elimina el componente irregular al realizar un suavizamiento de esta última serie a través de el uso de promedios móviles de orden impar, que se denotará por Y_t^C . Y_t^C recoge las fluctuaciones cíclicas que resultan de la eliminación de la estacionalidad, la tendencia y el ruido blanco, es decir que esta serie es lo que queda, el residuo, de allí el nombre.

El segundo método es a partir de las tasas de variación. En éste la tendencia y estacionalidad se eliminan sin necesidad de identificarlas y/o estimarlas, a través de las

tasas de variación. Se supone que la serie tiene un comportamiento exponencial. Las tasas de variación se calculan al tomar la diferencia entre datos de la misma estación pero de años consecutivos, por ejemplo, la sustracción de las observaciones de septiembre de los años n y $n+1$. La serie formada por estas restas, denominada señal cíclica, corresponde al perfil de crecimiento de la variable analizada, mostrando expansiones y recesiones sufridas por la serie original a lo largo del tiempo. A pesar de que se sugirió aplicar esta técnica a los datos por pronosticar, funciona mejor si se aplica a la serie desestacionalizada, ya que evita obtener datos distorsionados por la presencia de factores irregulares.

Una aplicación muy usada del estudio de ciclos es la comparación de éstos en dos series relacionadas, en particular el co-movimiento de ambas. Los movimientos de dos series se clasifican en:

- a) *Movimientos procíclico y contracíclico.* Si las dos series evolucionan de igual manera se dice que tienen un movimiento procíclico, en caso contrario, es contracíclico.
- b) *Movimiento de retardo o adelanto.* Es cuando las dos series tienen el mismo tipo de movimiento, pero una de ellas se anticipa por lo que se dice que el movimiento es de adelanto. Si una de ellas sigue a la otra con un retraso, se dice que el movimiento es de retardo.
- c) *Amplitud o volatilidad* es la distancia entre su valor medio y su cima, o su fondo. Dicha amplitud da una medida del tamaño de las fluctuaciones del ciclo, es decir, lo que se desvía de su tendencia.

Dentro del estudio de las series se encuentra la posibilidad de prever sus puntos de inflexión, es decir, el paso de un valle a una cresta. Las perspectivas económicas a corto plazo pueden ser analizadas y pronosticadas a través del estudio de indicadores cíclicos, esto se conoce como el análisis de la coyuntura económica. Para un mejor conocimiento y previsión de ésta, se sigue la evolución de los indicadores económicos. Los analistas económicos primero encuentran los indicadores cíclicos de las series por analizar y tratan de comparar la cronología de las crestas y valles con la serie de la actividad económica, llamada ciclo de referencia. La comparación de los movimientos de las series se explica, como se refirió arriba, en movimientos adelanto y retardo. Los

movimientos de adelanto o adelantados son de gran interés pues anticipan los cambios coyunturales de la actividad económica; los de retardo tienen la finalidad de confirmar y clarificar la pauta del ciclo identificada. Existe otro tipo de movimiento llamado coincidente, que como su nombre lo indica, coincide con el movimiento cíclico de la serie de referencia.

2.5 Análisis de componente irregular

Como ya se mencionó la serie de tiempo puede estar afectada por situaciones extremas como lo son guerras, huelgas, etc que provocan que los datos desvirtúen la tendencia o la estacionalidad de la serie y consigo al pronóstico mismo. La identificación de dichos sucesos a través del componente aleatorio permite corregir la serie original.

Para separar al componente aleatorio se deben de seguir los siguientes pasos:

Dada la serie original $Y_t = T_t \cdot E_t \cdot C_t \cdot A_t$

Se divide ésta entre el índice estacional resultando la serie Y'_t :

$$Y'_t = \frac{Y_t}{E_t}$$

$$Y'_t = \frac{T_t \cdot E_t \cdot C_t \cdot A_t}{E_t}$$

$$Y'_t = T_t \cdot C_t \cdot A_t$$

Esta serie Y'_t se divide entre la tendencia y el ciclo:

$$Y''_t = \frac{Y'_t}{T_t \cdot C_t}$$

$$Y_t'' = \frac{T_t \cdot C_t \cdot A_t}{T_t \cdot C_t}$$

$$Y_t'' = A_t$$

Por definición el componente aleatorio no es predecible, por lo que aislarlo no es de utilidad para preparar un pronóstico usando el método de descomposición. Sin embargo, proporciona información útil sobre la serie como su estocasticidad promedio o la estimación del tamaño de los errores y así anticiparse en futuros pronósticos realizados bajo el mismo método.

En el Capítulo 1, se refirió que el componente irregular se puede dividir en el error episódico y el residual, y que las variaciones episódicas podían ser identificadas a posteriori y que una vez eliminadas sólo quedaría el residual. El error residual no está correlacionado con valores anteriores o posteriores y que para se le denomine ruido blanco su media teórica debe de ser nula, su varianza debe mantenerse constante para toda t y por último debe de estar distribuida como una normal, esto es:

$$E[A_t] = 0 \quad \forall t$$

$$E[A_t, A_{t+n}] = 0 \quad \text{Para } n > 0$$

$$E[A_t^2] = \sigma^2 \quad \forall t$$

A_t se distribuye como una $N(0, \sigma)$

Los coeficientes de autocorrelación de una variable de ruido blanco serán iguales a cero, ya que $E[A_t, A_{t+n}] = 0$ para $n > 0$ y por lo tanto el correlograma aparecerá en blanco.

Los métodos de descomposición intentan recoger el comportamiento sistemático de la serie. El error es la diferencia entre la combinación de los componentes tendencia, ciclo y estacionalidad (en caso de existir) y los datos reales. Si el objetivo se consigue, entonces en los errores del pronóstico no quedarán vestigios de la conducta de la serie, al no estar correlacionados entre sí. Y por lo explicado arriba se comportarán como

ruido blanco y esto indicará que el modelo de descomposición es adecuado. Sin embargo, puede suceder que algunos coeficientes resulten mayores a cero, sin que se ponga en duda la exactitud del pronóstico.

En caso de que algunos coeficientes de autocorrelación fuesen distintos a cero, se les aplicaría una prueba de hipótesis. Dado que el ruido blanco se distribuye como una $N\left(0, \frac{1}{T}\right)$, se aplican bandas de confianza al autocorrelograma dadas por

$$\left(-\frac{1}{\sqrt{t}}Z^{\frac{\alpha}{2}}, +\frac{1}{\sqrt{t}}Z^{\frac{\alpha}{2}}\right)$$

Sin embargo, puede resultar que algunos coeficientes de autocorrelación estén fuera de esta banda de confianza y que el modelo se rechace de manera equivocada. Para evitar esto se realiza una prueba de hipótesis global a todos o a un número suficiente de coeficientes:

Hipótesis nula y alternativa para el contraste global de autocorrelación:

$$H_0: \quad \rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \dots = \rho_M = 0$$

$$H_1: \quad \text{No todos los } \rho_h \text{ son nulos}$$

El estadístico Q^* creado por Ljung-Box es el más adecuado:

$$Q^* = T(T - 2) \sum_{h=1}^M \frac{1}{t-h} \rho_h^2$$

Este estadístico Q^* se distribuye como una X^2 con M grados de libertad bajo la hipótesis nula. No existe regla fija para determinar el número (M) de coeficientes de autocorrelación a ser usados, por lo cual la prueba puede ser aplicada a varios valores de M .

La regla de decisión es:

Si $Q^* < \chi_{M,\alpha}^2$ no se rechaza H_0

Si $Q^* \geq \chi_{M,\alpha}^2$ se rechaza H_0

A continuación se expone el ejemplo del pronóstico de una serie de tiempo a través de la descomposición de sus componentes.

2.6 Descomposición de la serie de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX

Antes de iniciar con la descomposición de la serie arriba referida se explicará que los futuros son un derivado financiero utilizado para cubrir las posiciones largas o cortas del crudo comercializado por los productores y consumidores del mismo, o bien utilizado por los especuladores. Estos futuros se compran o venden en el New York Merchantile Exchange (NYMEX). En el NYMEX se comercializan más de 18 diferentes contratos de futuros de WTI de manera consecutiva, cada uno de ellos tiene una expiración diferente correspondiente a los diferentes meses del año a lo largo del tiempo. Por ejemplo, la primera semana de enero de 2005, se comercializan los futuros febrero, marzo y abril de 2005 y así consecutivamente; cada uno de los contratos expirará durante el mes anterior, es decir, el de febrero de 2005 expirará en enero de 2005 y el de marzo de 2005 durante febrero del mismo año y así sucesivamente. Al expirar cada uno de los contratos se comercializará uno nuevo.

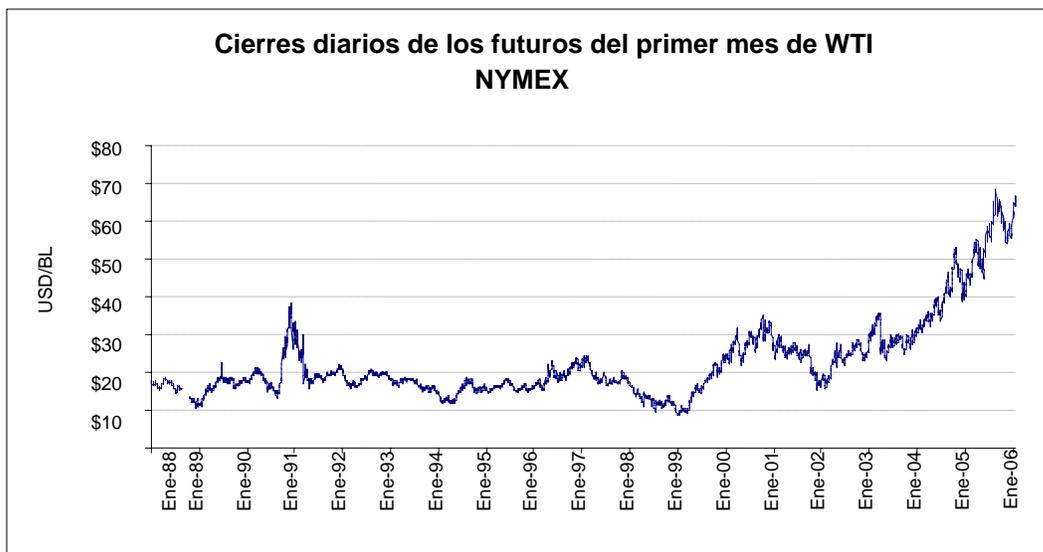
En este ejemplo, el contrato de febrero de 2005 se le considera el contrato del primer mes y al contrato del mes de marzo de ese año se le conoce el contrato del segundo mes y así sucesivamente. Al expirar el contrato de febrero de 2005, el contrato de marzo de 2005 se convierte en el contrato del primer mes y el de abril de 2005 deja de ser el contrato del tercer mes para convertirse en el contrato del segundo mes y así consecutivamente.

La serie de datos formados por los períodos en que cada contrato es el del primer mes se le conoce como el primer mes de los futuros, en este caso de WTI.

Los futuros de WTI se comercializaron por primera vez en enero de 1988.

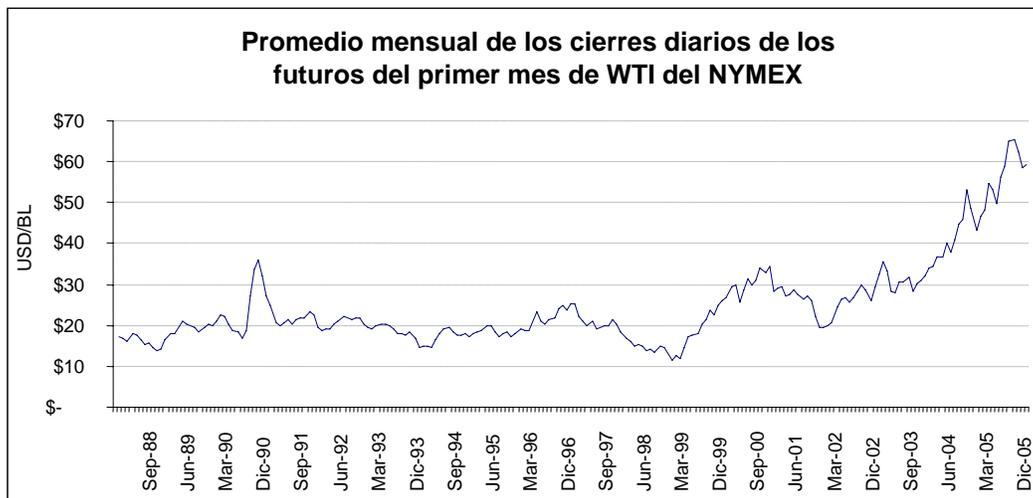
La siguiente gráfica (2-1) muestra los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX.

Gráfica (2-1)



El primer paso realizado a esta serie fue tomar los promedios mensuales de los cierres diarios, la gráfica (2-2) muestra dicha serie.

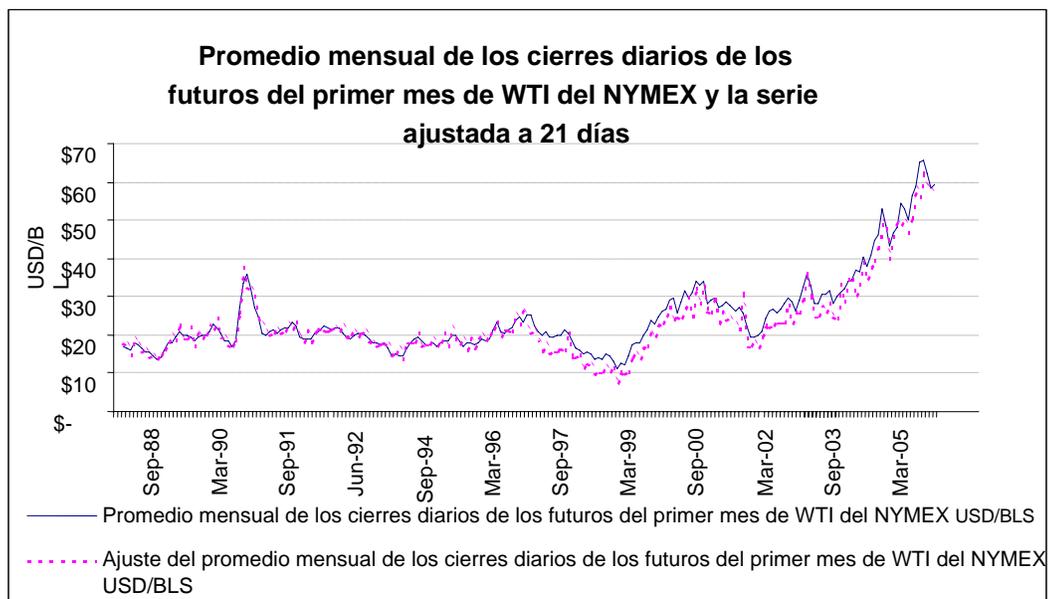
Gráfica (2-2)



Se nota que al tomar promedios mensuales la serie se suaviza, por lo que será la serie por descomponer y pronosticar.

Dado que cada uno de los promedios no fue formado por el mismo número de observaciones diarias, la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI se ajustará tal que cada uno de los promedios cuente con el mismo número de días, como se explicó en el capítulo 1. En el anexo se encuentra la tabla (2-1) que muestra el número de observaciones en cada promedio mensual y el promedio ajustado. De esta tabla se observa que la mayoría de los promedios es de 21 días, por lo cual los promedios se ajustarán a 21 días.

Gráfica (2-3)



La gráfica (2-3), en la página siguiente, muestra la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX y la serie ajustada a 21 días. Se observa que ambas series son parecidas. Se realizará la descomposición sobre la serie ajustada, la cual se denominará Y_t .

El siguiente paso será el análisis de la gráfica de la cual se observa que de 1988 a 1999 los promedios se encuentran en una banda de los 10 a los 30 dólares por barril, y después se presenta una tendencia creciente.

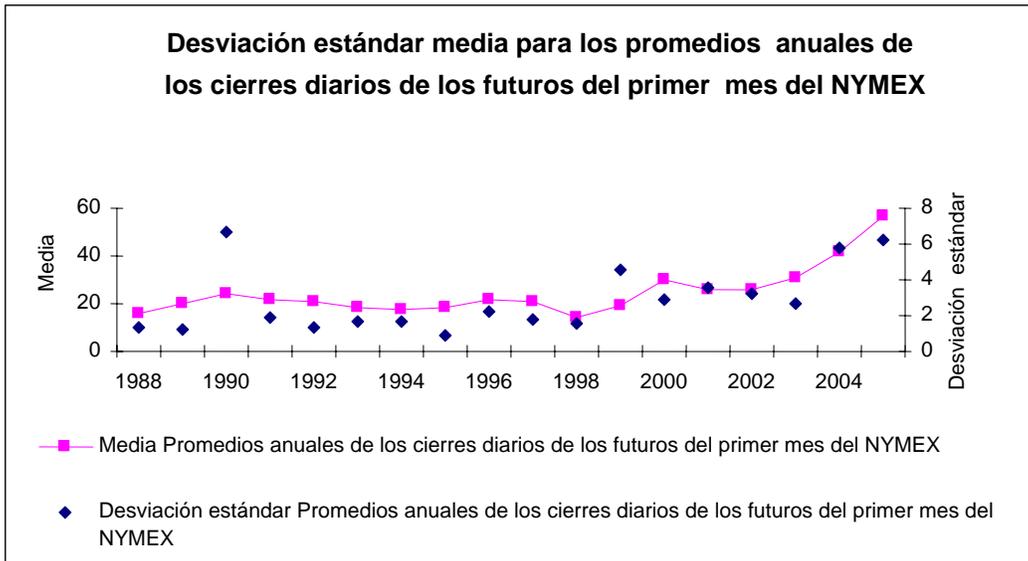
A continuación se identificará que modelo (aditivo o multiplicativo) es el que mejor ajusta la serie. El análisis de la gráfica de la serie no es claro con respecto a cuál utilizar, por lo cual se recurrirá a la gráfica de la desviación estándar media. La tabla (2-2) muestra las medias y las desviaciones estándares de 1988 a 2005.

Tabla (2-2)

	Promedios anuales de los Cierres diarios de los futuros de primer mes del NYMEX	
	Media	Desviación estándar
1988	15.95	1.37
1989	19.61	1.18
1990	24.50	6.62
1991	21.50	1.90
1992	20.58	1.29
1993	18.48	1.71
1994	17.19	1.70
1995	18.40	0.88
1996	22.03	2.23
1997	20.60	1.83
1998	14.40	1.56
1999	19.30	4.51
2000	30.24	2.93
2001	25.96	3.53
2002	26.16	3.20
2003	30.99	2.61
2004	41.47	5.78
2005	56.70	6.23

La gráfica (2-4) muestra la gráfica de la desviación estándar media para los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX.

Gráfica (2-4)



En esta gráfica se observa que las desviaciones estándares siguen a la media, que es creciente, por lo cual se podría decir que el modelo multiplicativo ajustará a la serie. Sin embargo, se aplicará el método de las diferencias y los cocientes estacionales para obtener así la confirmación de manera objetiva, pues el método del gráfico de desviación estándar media es un tanto subjetivo.

La tabla (2-3) (ver anexo) muestra la serie ajustada a 21 días de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX, las diferencias estacionales, $d(t)$, y los cocientes estacionales, $k(t)$. Debido a que la serie Y_t contiene observaciones mensuales, se observará que en cada una de estas nuevas series se pierden 12 observaciones.

Se calculan las medias y las desviaciones estándar de las series de las diferencias y de los cocientes estacionales para después cuantificar los coeficientes de variación para ambos. La tabla (2-4) contiene las medias y desviaciones estándar para las diferencias y cocientes estacionales, en la siguiente página.

Tabla (2-4)

	Media	Desviación estándar
d(t)	2.40	7.10
k(t)	1.12	0.32

La tabla (2-5) muestra los coeficientes de variación para las diferencias y cocientes estacionales.

Tabla (2-5)

CV(d)	2.96
CV(k)	0.28

Dado que CV(d) es mayor que CV(k) se confirma que el modelo que ajustará a la serie Y_t es el modelo multiplicativo.

Antes de ajustar la serie Y_t , ésta deberá de ser desestacionalizada. Se asume que la estacionalidad de la serie es mensual, por lo cual los promedios móviles centrados serán de orden 12. Para desestacionar la serie se deberán de calcular los índices brutos de variación estacional (IBVE), los índices de variación estacional (IVE) y los índices de variación estacional normalizados (IVEN). La tabla (2-6) muestra el cálculo de IBVE y se encuentra en el anexo.

Para el cálculo del IVE y el IVEN, se necesitaría de una tabla 21 columnas (una para indicar el meses, 18 para cada uno de los años, una para el IVE y una para IVEN) y 13 filas (una para los títulos y una para cada mes). Esta tabla no podría mostrarse completa por falta de espacio, por lo cual se partirá en tres: (2-7a), (2-7b) y (2-7c).

Tabla (2-7a)

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Enero		1.0355	1.0878	0.9235	0.8649	0.9799	0.8876
Febrero		1.1104	1.2149	0.8941	1.0095	1.0460	0.9599
Marzo		1.0214	0.9198	0.8496	0.8700	0.9811	0.7870
Abril		1.1901	0.8694	0.8457	0.9774	1.0421	1.0628
Mayo		1.0072	0.7489	0.8955	1.0670	1.0930	1.0474
Junio		0.9780	0.6917	0.9710	1.0354	0.9723	1.0590
Julio	1.0153	1.0911	0.7520	0.9659	1.0030	0.9740	1.1848
Agosto	0.8809	0.8359	1.0465	0.9916	1.0243	0.9570	0.9471
Septiembre	0.8865	1.0040	1.5024	1.1095	1.0516	1.0001	0.9683
Octubre	0.8301	0.9398	1.3194	1.0304	0.9914	1.0583	0.9651
Noviembre	0.8707	0.9794	1.2930	1.1393	1.0791	1.0371	1.0239
Diciembre	0.9540	1.1024	1.1879	0.9412	0.9381	0.8645	0.9237

Tabla (2-7b)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Enero	0.9736	0.9563	1.0740	1.0032	0.9322	1.0675	0.9675
Febrero	1.1137	0.9941	1.1040	1.0423	0.8642	1.1258	1.0984
Marzo	0.9186	1.0443	1.0058	0.8642	0.8363	0.9695	0.8788
Abril	1.1904	1.1206	0.8744	1.0039	1.0319	0.9730	0.9969
Mayo	1.0233	0.9026	0.9801	1.0075	1.0589	0.9230	0.9783
Junio	0.9480	0.9817	0.8792	0.8755	0.9127	0.9913	1.0216
Julio	1.0213	0.9534	0.9249	0.9305	1.0058	1.0748	1.0081
Agosto	0.8709	0.9208	0.9639	0.9474	0.9532	0.9266	0.9798
Septiembre	1.0159	1.0952	1.0334	1.0792	1.0518	1.1578	1.3598
Octubre	0.8718	0.9973	1.0383	0.9897	0.9587	1.0242	0.8161
Noviembre	0.9883	1.1480	1.2830	1.0243	1.0626	1.1710	0.8387
Diciembre	1.0356	1.1111	0.9742	0.7527	1.0283	0.9741	0.8745

Tabla (2-7c)

	2002	2003	2004	2005	IVE	IVEN
Enero	0.8048	1.0811	1.0873	0.9858	0.9831	0.9879
Febrero	0.9320	1.2932	1.0670	1.0319	1.0530	1.0582
Marzo	1.0442	1.0829	0.9075	0.9843	0.9392	0.9437
Abril	1.0207	0.9208	0.9453	0.9823	1.0028	1.0077
Mayo	1.0165	0.9080	1.0468	0.9069	0.9771	0.9819
Junio	1.0322	0.9740	0.9174	0.9601	0.9530	0.9576
Julio	1.0030	0.9256	0.9621		0.9880	0.9928
Agosto	0.9583	0.9931	0.9846		0.9519	0.9565
Septiembre	1.0709	0.8909	1.0228		1.0765	1.0817
Octubre	0.8926	0.8619	1.1448		0.9841	0.9889
Noviembre	0.9732	1.0949	1.0741		1.0636	1.0688
Diciembre	0.9800	0.9454	0.8944		0.9695	0.9743
				Suma	11.9418	12.0000

Como se observa en la tabla (2-7c) los IVE se ajustan para que sumen 12 o que su promedio sea igual a 1. Este se basa en una simple regla de tres, por ejemplo para calcular el IVEN para del mes junio se multiplica el IVE de ese mes, 0.9530, por 12 y se divide entre la suma de 11.9418.

Estos índices muestran que para enero, marzo, mayo a agosto, octubre y diciembre, los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTÍ del NYMEX son menores al promedio, mientras que para el resto de los meses son mayores.

Más adelante en este trabajo se encontrarán los IVEN mediales, al eliminar para cada mes el IVE menor y el mayor.

La desestacionalización de la serie se realizará al dividir cada una de las observaciones de la serie Y_t entre el IVEN correspondiente al mes. Todas las de enero se dividirán entre 0.9879, las de febrero entre 1.0582 y así sucesivamente.

La tabla (2-8) (ver anexo) muestra la desestacionalización de la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX. Para luego ajustarse a 21 días y proceder a estimar el pronóstico.

Debido a que de acuerdo a los coeficientes de variación para las diferencias y cocientes estacionales indicaron que el modelo que mejor ajusta es el multiplicativo, se usará la función exponencial para ajustar la curva pronóstico.

Se tomarán los logaritmos naturales de la serie desestacionalizada de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX ajustada a 21 días y sobre esa nueva serie se ajustará una recta por mínimos cuadrados a través de la ecuación

$$\hat{Y} = b_0 + b_1t$$

Esta recta aún no es el pronóstico de la serie, falta aplicarle la exponencial y volverla a “estacionalizar”.

La tabla (2-9) (ver anexo) contiene la recta calculada a través de la ecuación arriba descrita, la recta después de aplicar la función exponencial y la multiplicación de esta última serie por IVEN, que es el pronóstico.

Los valores de b_0 y b_1 son los siguientes:

$$b_0 = 2.7338 \text{ y}$$

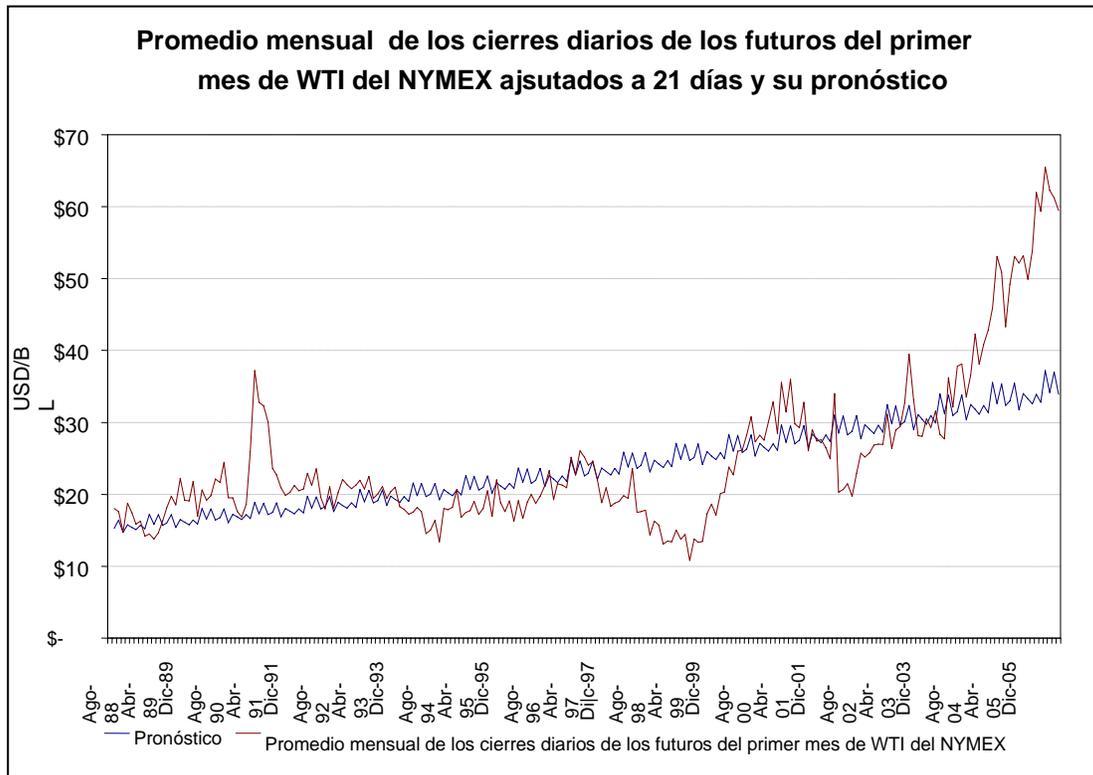
$$b_1 = 0.0038$$

Finalmente, la tabla (2-10) muestra la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI, su pronóstico y el error cuadrático. Ver anexo.

El Error Cuadrático Medio (ECM) de este pronóstico es 58.56, que para algunas personas puede sonar grande pero para otras, pequeño. La gráfica (2-5) muestra la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX y su pronóstico.

De la gráfica (2-5) se observa que el pronóstico no es bueno para la serie y esto se debe a que la estructura de la serie no se conserva a lo largo del tiempo, ésta se mantiene en una banda de 1988 a 1999 y después comienza una tendencia creciente. La gráfica se encuentra en la página siguiente.

Gráfica (2-5)



Enseguida se mostrará el cálculo del pronóstico sobre la misma serie pero usando los IVEN mediales. No se mostrarán todas las tablas, únicamente se presentarán la tabla del IVEN medial y la gráfica de la serie y su pronóstico, gráfica (2-6).

La tabla del IVEN Medial (tabla (2-11)) estará partida de nuevo en tres, por cuestiones de espacio y las celdas que contengan los valores mínimo y máximo de cada mes estarán vacío.

Tabla (2-11a)

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Enero		1.0355		0.9235	0.8649	0.9799	0.8876
Febrero		1.1104	1.2149	0.8941	1.0095	1.0460	0.9599
Marzo		1.0214	0.9198	0.8496	0.8700	0.9811	
Abril		1.1901	0.8694		0.9774	1.0421	1.0628
Mayo		1.0072		0.8955	1.0670		1.0474
Junio		0.9780		0.9710	1.0354	0.9723	
Julio	1.0153	1.0911		0.9659	1.0030	0.9740	
Agosto	0.8809			0.9916	1.0243	0.9570	0.9471
Septiembre		1.0040		1.1095	1.0516	1.0001	0.9683
Octubre	0.8301	0.9398		1.0304	0.9914	1.0583	0.9651
Noviembre	0.8707	0.9794		1.1393	1.0791	1.0371	1.0239
Diciembre	0.9540	1.1024		0.9412	0.9381	0.8645	0.9237

Tabla (2-11b)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Enero	0.9736	0.9563	1.0740	1.0032	0.9322	1.0675	0.9675
Febrero	1.1137	0.9941	1.1040	1.0423		1.1258	1.0984
Marzo	0.9186	1.0443	1.0058	0.8642	0.8363	0.9695	0.8788
Abril		1.1206	0.8744	1.0039	1.0319	0.9730	0.9969
Mayo	1.0233	0.9026	0.9801	1.0075	1.0589	0.9230	0.9783
Junio	0.9480	0.9817	0.8792	0.8755	0.9127	0.9913	1.0216
Julio	1.0213	0.9534	0.9249	0.9305	1.0058	1.0748	1.0081
Agosto	0.8709	0.9208	0.9639	0.9474	0.9532	0.9266	0.9798
Septiembre	1.0159	1.0952	1.0334	1.0792	1.0518	1.1578	1.3598
Octubre	0.8718	0.9973	1.0383	0.9897	0.9587	1.0242	
Noviembre	0.9883	1.1480	1.2830	1.0243	1.0626	1.1710	
Diciembre	1.0356	1.1111	0.9742		1.0283	0.9741	0.8745

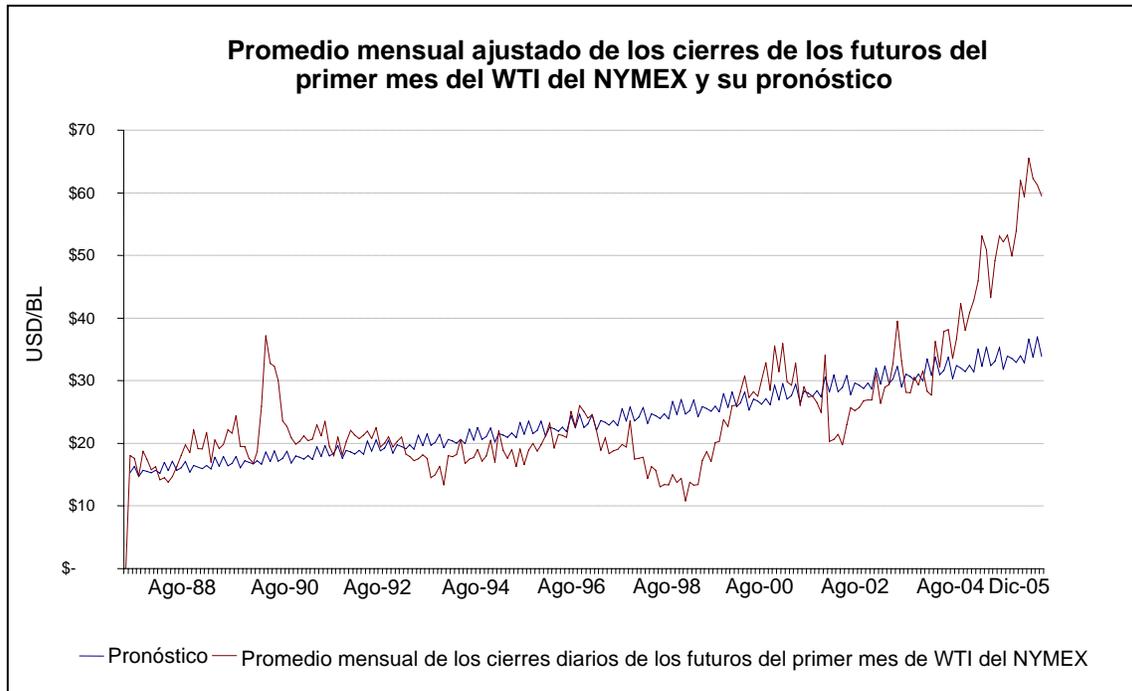
Tabla (2-11c)

	2002	2003	2004	2005	IVE	IVEN
Enero		1.0811	1.0873	0.9858	0.9880	0.9933
Febrero	0.9320		1.0670	1.0319	1.0496	1.0552
Marzo	1.0442		0.9075	0.9843	0.9397	0.9447
Abril	1.0207	0.9208	0.9453	0.9823	1.0008	1.0061
Mayo	1.0165	0.9080	1.0468	0.9069	0.9846	0.9899
Junio	1.0322	0.9740	0.9174	0.9601	0.9634	0.9685
Julio	1.0030	0.9256	0.9621		0.9906	0.9959
Agosto	0.9583	0.9931	0.9846		0.9533	0.9584
Septiembre	1.0709	0.8909	1.0228		1.0608	1.0664
Octubre	0.8926	0.8619	1.1448		0.9730	0.9782
Noviembre	0.9732	1.0949	1.0741		1.0633	1.0689
Diciembre	0.9800	0.9454	0.8944		0.9694	0.9746
				Total	11.9363	12.0000

El error cuadrático medio de este pronóstico es de 58.68 y la grafica de la serie y su pronóstico está

El EMC de este pronóstico es de 58.68 y la gráfica de la serie y su pronóstico es la (2-6).

Gráfica (2-6)



El uso de los IVEN o IVEN mediales prácticamente es indiferente pues ninguno de los dos pronósticos es un buen ajuste para la serie debido a que como se refirió atrás no conserva su estructura.

Debido a que la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX cambia su estructura, el siguiente paso será estimar el pronóstico de la serie del año de 1999 a 2005 y el pronóstico de 2002 a 2005. Los errores cuadráticos medios de las series ajustadas a 21 días en cada caso se muestran en la tabla (2-12), que está en la siguiente página.

Tabla (2-12)

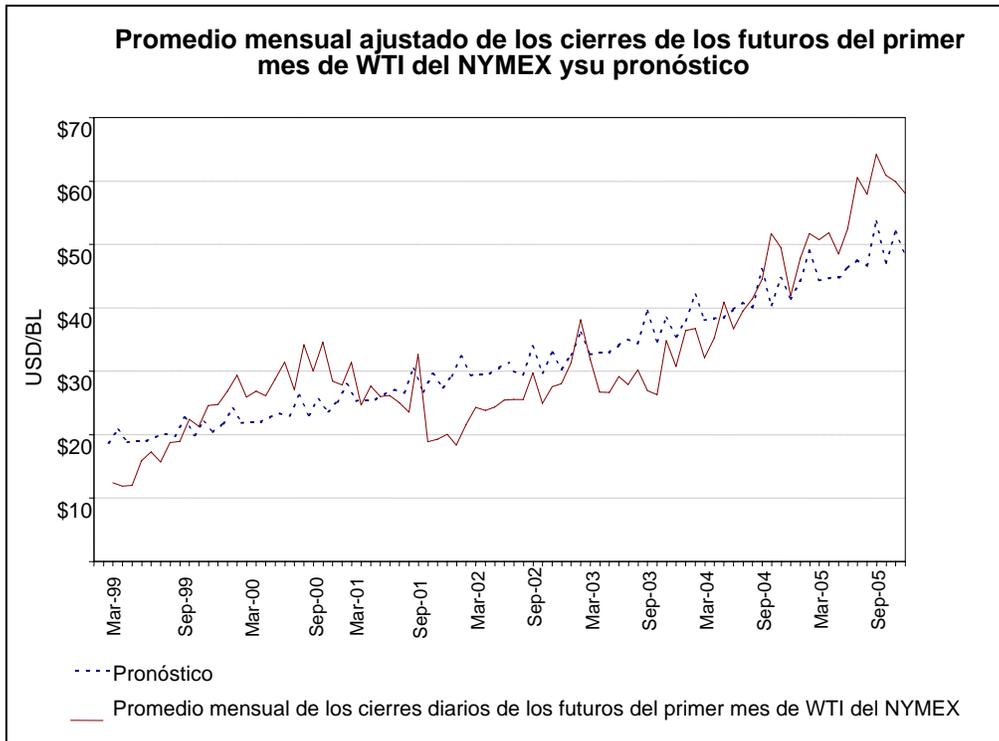
Período	Error cuadrático medio
1999 - 2005	36.06
2002 – 2005	12.43

El error cuadrático medio de cualquiera de estos dos últimos períodos es significativamente menor ya que el pronóstico está basado en el cambio de estructura de la serie, que es cuando empieza con una tendencia creciente.

La tabla (2-12) muestra que el error cuadrático medio del período de 2002 a 2005 es menor por lo que este pronóstico es mejor, por lo cual se muestran las tablas y gráficas de éste tal y como se presentaron para el período de 1988 a 2005, sin embargo, para el período de 1999 a 2005 sólo se graficará la serie y el pronóstico.

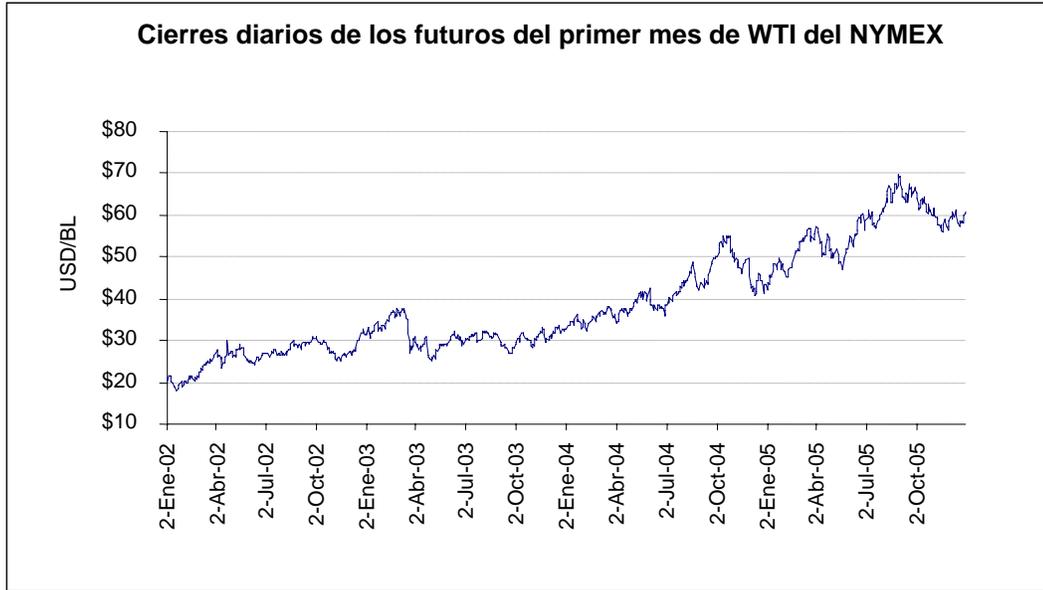
La gráfica (2-7) presenta la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX de 1999 a 2005 y su pronóstico.

Gráfica (2-7)



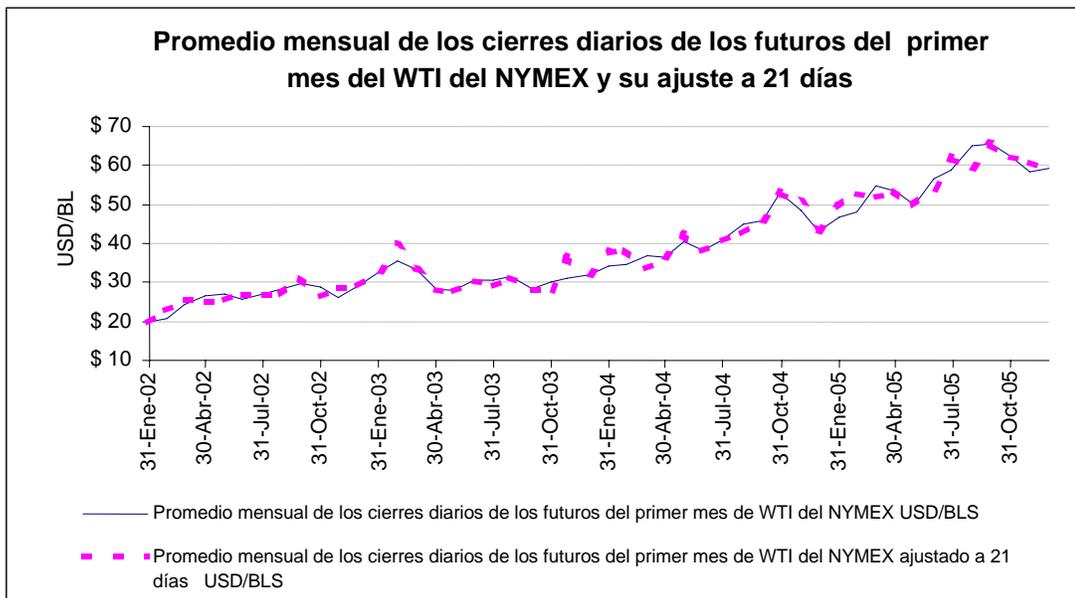
La siguiente gráfica (2-8) es muestra los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX.

Gráfica (2-8)



La tabla (2-13), en el anexo, muestra la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX y la serie ajustada a 21 días y el gráfica (2-9) representa los valores de dicha tabla.

Gráfica (2-9)



El siguiente paso es determinar cual modelo se ajusta a la serie, el multiplicativo o el aditivo. La tabla (2-14), ver anexo, muestra la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX ajustada a 21 días, las diferencias y los cocientes estacionales.

La tabla (2-15) contiene la media y la desviación estándar de las diferencias y cocientes estacionales para la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX ajustada a 21 días.

Tabla (2-15)

	Media	Desviación estándar
d(t)	10.15	6.90
k(t)	1.31	0.22

La siguiente tabla (2-16) muestra los coeficientes de variación para las diferencias y cocientes estacionales.

Tabla (2-16)

CV(d)	0.68
CV(k)	0.17

Dado que CV(d) es mayor que CV(k) se confirma que el modelo que ajustará a la serie Y_t es el multiplicativo.

La tabla (2-17), ver anexo, presenta la serie y los promedios móviles y móviles centrados de orden 12, así como el IBVE.

La tabla (2-18) muestra el cálculo de los IVEN, debido a que se cuentan con pocos IBVE, no se calcularán los IVEN mediales.

Tabla (2-18)

	2002	2003	2004	2005	IVE	IVEN
Enero		1.0811	1.0873	0.9858	1.0514	1.0586
Febrero		1.2932	1.0670	1.0319	1.1307	1.1384
Marzo		1.0829	0.9075	0.9843	0.9916	0.9984
Abril		0.9208	0.9453	0.9823	0.9495	0.9560
Mayo		0.9080	1.0468	0.9069	0.9539	0.9604
Junio		0.9740	0.9174	0.9601	0.9505	0.9570
Julio	1.0030	0.9256	0.9621		0.9636	0.9702
Agosto	0.9583	0.9931	0.9846		0.9787	0.9854
Septiembre	1.0709	0.8909	1.0228		0.9949	1.0017
Octubre	0.8926	0.8619	1.1448		0.9664	0.9730
Noviembre	0.9732	1.0949	1.0741		1.0474	1.0546
Diciembre	0.9800	0.9454	0.8944		0.9399	0.9464
Total					11.9185	12.0000

La tabla (2-19) muestra la desestacionalización de la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX ajustada a 21 días. Ver anexo.

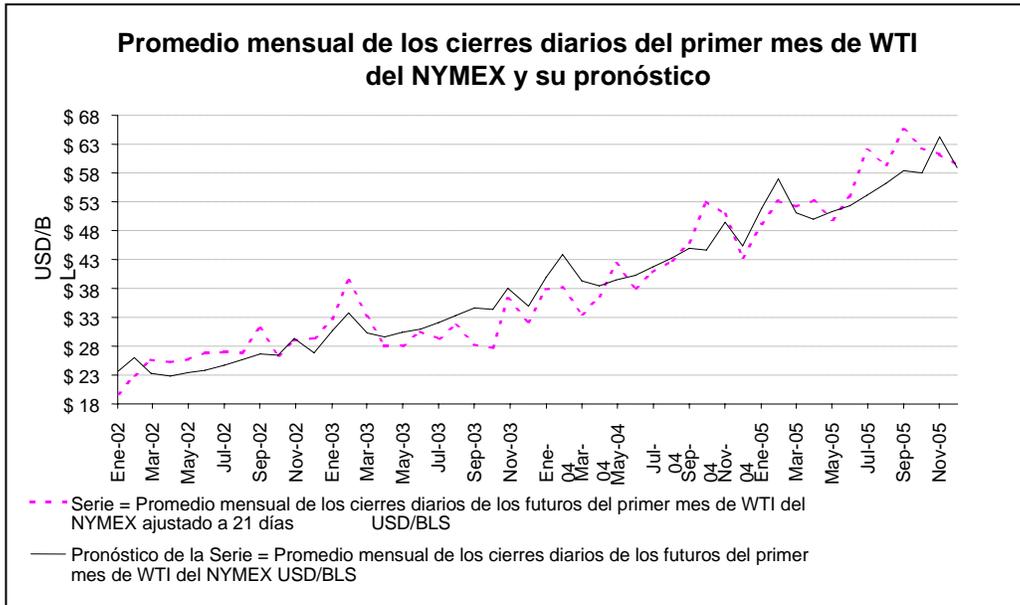
La tabla (2-20), ver anexo, presenta a la serie desestacionalizada, su logaritmo natural, la recta, la aplicación de la función exponencial y la estacionalización, que es el pronóstico.

La ecuación de la recta está dado por $Y_t = 3.0841 + 0.0218t$

La tabla (2-21) muestra la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX ajustada a 21 días, su pronóstico y el error cuadrático. Ver anexo.

La gráfica (2-10) presenta la serie estudiada y su pronóstico.

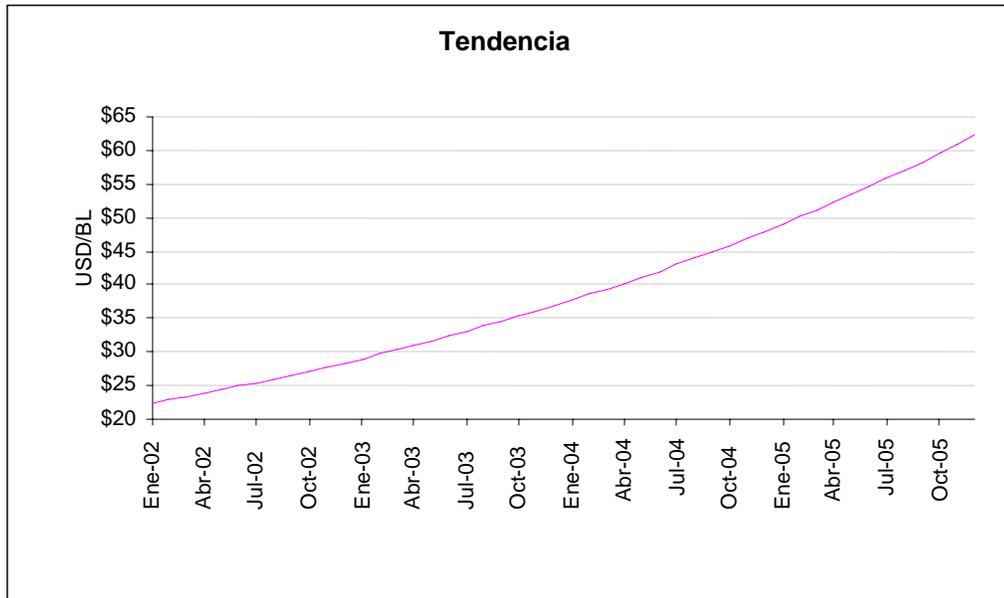
Gráfica (2-10)



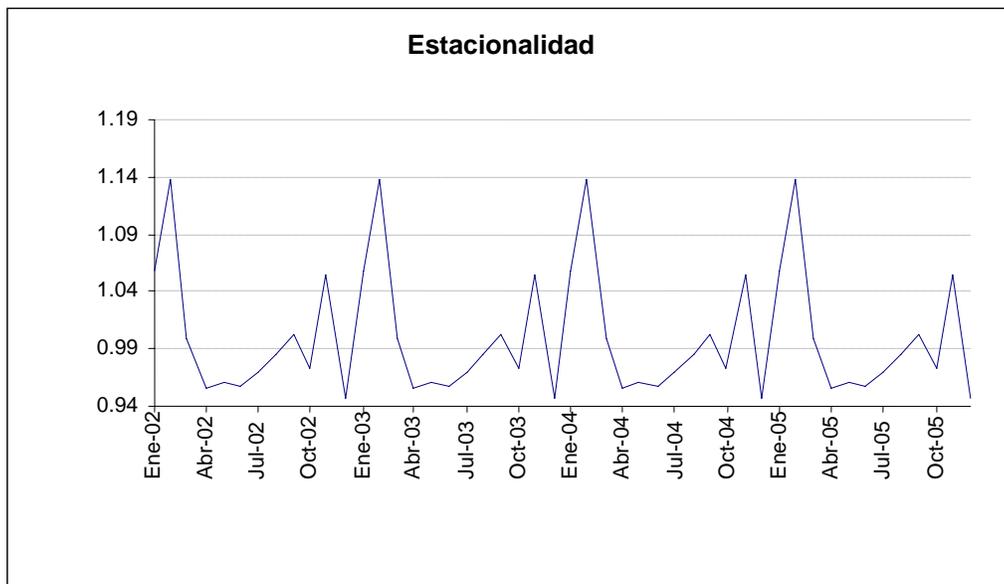
La tabla (2-22), en el anexo, muestra la descomposición de la serie. El ciclo resulta de tomar el promedio móvil centrado de orden 3 x 3 de la serie, es decir, tomar el promedio móvil centrado de orden 3 de la serie y luego sobre éste volver a tomar otro promedio móvil centrado de orden 3. El residuo resulta del cociente de la serie entre su pronóstico.

Las gráficas (2-11), (2-12), (2-13) y (2-14), en las siguientes páginas, muestran cada uno de los componentes de la tabla (2-22).

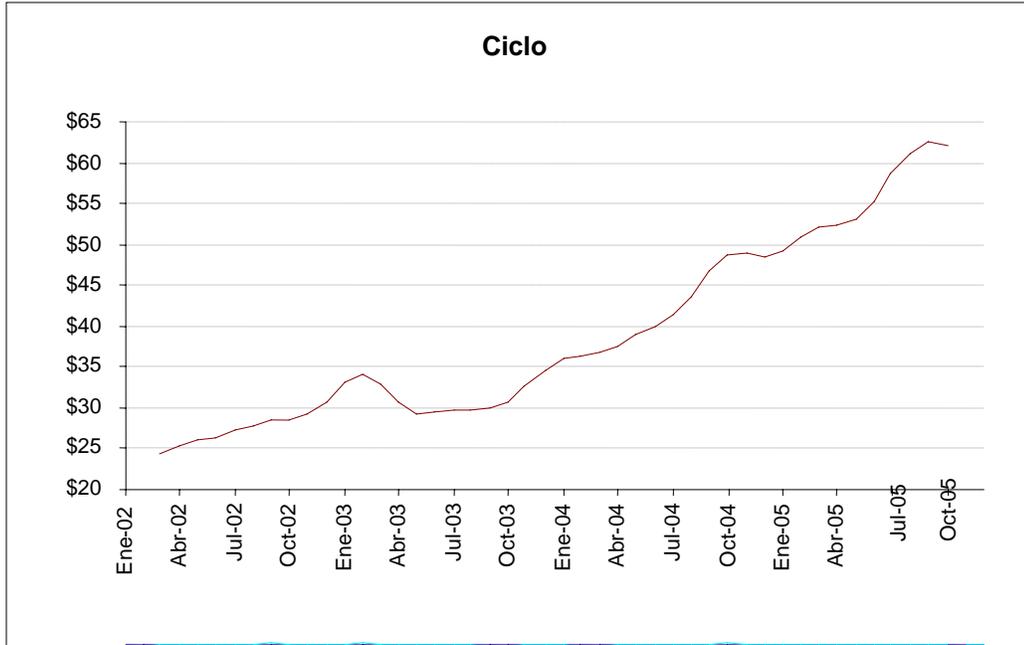
Gráfica (2-11)



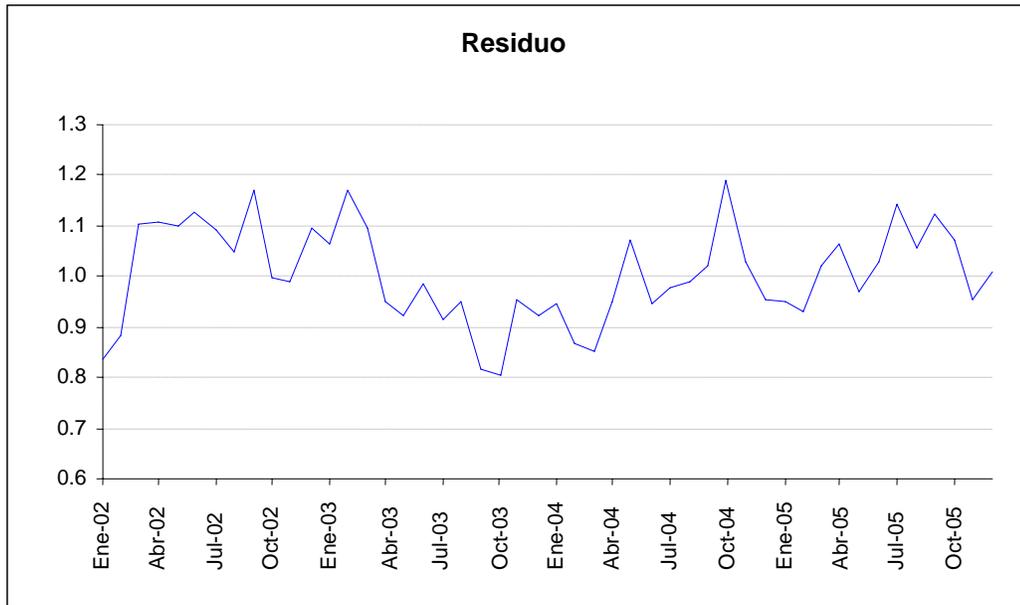
Gráfica (2-12)



Gráfica (2-13)



Gráfica (2-14)



De la gráfica del promedios mensuales de los cierres de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX se observa que muestra una tendencia, misma que fue confirmada en la gráfica (2-11).

La gráfica (2-12) presenta la estacionalidad que sube de diciembre a febrero, cae hasta abril, para aumentar hasta septiembre y luego descender hasta octubre y crecer en noviembre. Tal como se cotizan los contratos de los futuros del WTI en el NYMEX, existen también futuros para el “heating oil”, que es un combustible utilizado para calentar casas durante invierno en EUA, y para la gasolina. Estos productos petrolíferos tienen estacionalidad muy marcada, el “heating oil” es consumido durante el invierno, pero los inventarios se empiezan a construir durante otoño. Los inventarios de la gasolina empiezan a formarse en marzo/abril para preparar para el “driving season”, que comienza en el último domingo de mayo y es cuando los norteamericanos empiezan a conducir sus vehículos. Estos efectos se encuentran reflejados en la gráfica de estacionalidad del WTI, toda vez, que se encuentran correlacionados los unos con los otros, pues al refinar el petróleo crudo se obtiene una diversidad de productos tales como el “heating oil” y la gasolina. Además existe una temporada de mantenimiento de refinerías en la cual no se consume crudo. Las correlaciones de los futuros del WTI, “heating oil” y gasolina es el siguiente:

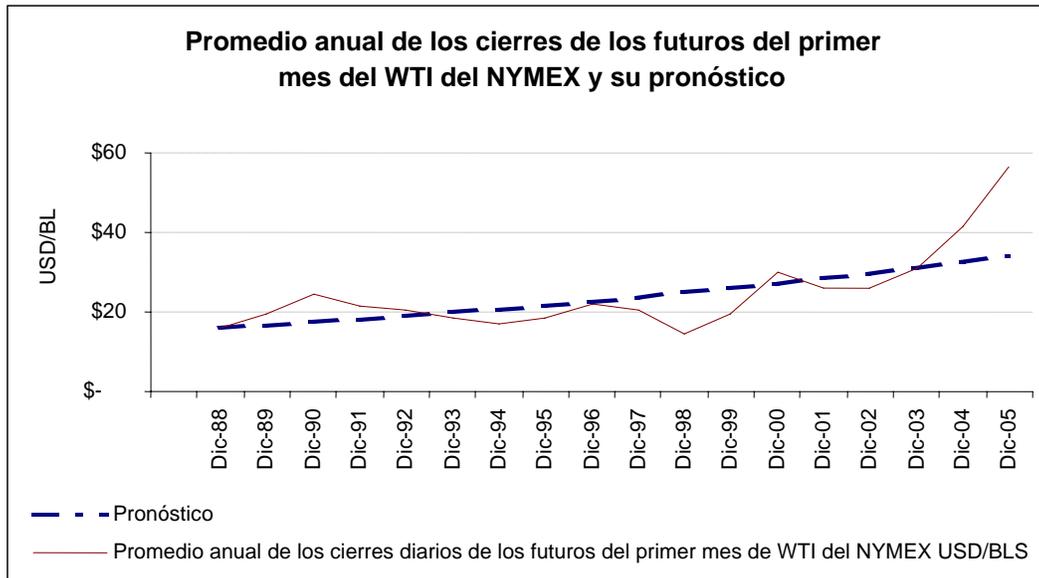
	“Heating oil”	Gasolina
WTI	0.990280	0.970121
“Heating oil”		0.956097

Al inicio del Capítulo se mencionó que si no se quería desestacionalizar la serie, se tomaran promedios anuales en vez de promedios mensuales, bimestrales o trimestrales. En el caso de la serie de los cierres diarios de los futuros del primer mes del NYMEX se realizó el análisis del pronóstico usando los promedios anuales y se llegó a lo siguiente:

1. Debido a que la serie es de 1988 a 2005 se cuentan únicamente con 18 observaciones, las cuales resultan pocas para un pronóstico,
2. Además de que la estructura de la serie no se conserva a lo largo de los 18 años, lo cual es otro factor en contra, y
3. El error cuadrático medio del pronóstico es 49.50.

La gráfica (2-15) muestra la serie de los promedios anuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX y su pronóstico.

Gráfica (2-15)



2.7 Pronóstico por el método de descomposición de la serie de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX

El pronóstico consistirá en estimar el promedio de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX para enero del 2006 en adelante. Dado que la observación de diciembre del 2005 es la número 48, $t = 48$, la predicción será para valores de t , con $t \geq 49$, $t \in \mathbb{N}$.

Se aplicará la ecuación de la recta calculada anteriormente por la descomposición de la serie de 2002 a 2005, la exponencial y finalmente se “estacionalizará” mediante el IVE correspondiente al mes pronosticado.

La ecuación de la recta está dado por $\hat{Y}_t = 3.0841 + 0.0218t$

El pronóstico para enero de 2006, sería igual a

$$\hat{Y}_{49} = \exp(3.0841 + 0.0218 \cdot 49) \cdot 1.0586$$

$$\hat{Y}_{49} = \exp(4.1532) \cdot 1.0586$$

$$\hat{Y}_{49} = \$ 67.3673 \text{ usd/bl}$$

El pronóstico por intervalos para enero de 2006 con un 90% de confianza se estima de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\left(\hat{Y}_{t+1} - t^{\frac{\alpha}{2}} \cdot \hat{\sigma} \cdot f_{t+1}, \hat{Y}_{t+1} + t^{\frac{\alpha}{2}} \cdot \hat{\sigma} \cdot f_{t+1} \right) \quad \text{ó}$$

$$\left(\hat{Y}_{49} - t^{\frac{10}{2}} \cdot \hat{\sigma} \cdot f_{49}, \hat{Y}_{49} + t^{\frac{10}{2}} \cdot \hat{\sigma} \cdot f_{49} \right)$$

$$\hat{Y}_{49} = 67.3673$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{614.01}{46}} = \sqrt{13.35} = 3.6535$$

$$f_{49} = \sqrt{1 + \frac{1}{48} + \frac{(48 + 1 - 24.50)^2}{9,212}} = 1.0421$$

$$t^{\frac{10}{2}} = 1.6787$$

El pronóstico por intervalos es:

$$(67.3673 - 1.6787 \cdot 1.0421 \cdot 3.6535, 67.3673 + 1.6787 \cdot 1.0421 \cdot 3.6535) =$$

$$(\$ 60.9759 \text{ usd/bl}, \$ 73.7587 \text{ usd/bl}).$$

El valor real del promedio de los cierres diarios de los futuros de WTI del NYMEX para enero de 2006 fue de \$ 65.54 usd/bl, que se encuentra dentro del intervalo de confianza.

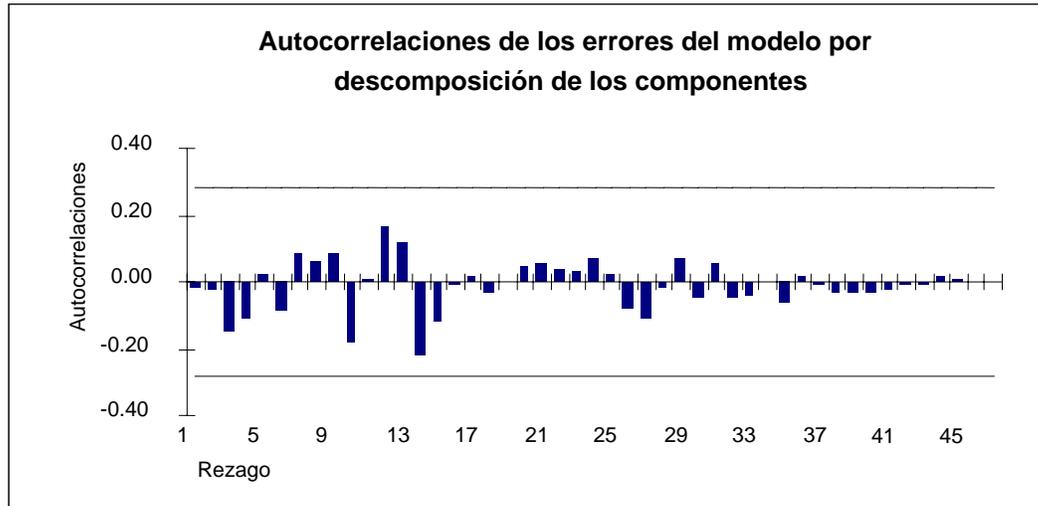
En el capítulo anterior se refirió que la validez de un modelo depende de que los errores no sean significativamente grandes, que exista estabilidad en la estructura de la serie y que los datos sean homogéneos en el tiempo. El siguiente paso será validar el modelo generado a través de sus errores, que deberán comportarse como una variable de ruido blanco.

Se calculan los coeficientes de autocorrelación para los errores, mismos que se espera que se comporten como ruido blanco y se distribuyan como una $N\left(0, \frac{1}{n}\right)$, y para esta serie de tiempo n es igual a 48, por lo que $N\left(0, \frac{1}{48}\right)$, es decir, $N(0, 0.0208)$.

Se establecen intervalos de confianza dados por $\left(-z^{\frac{\alpha}{2}} \frac{1}{\sqrt{n}}, z^{\frac{\alpha}{2}} \frac{1}{\sqrt{n}}\right)$ dentro de los cuales se espera que se encuentren todos los valores del autocorrelograma. Donde $z^{\frac{\alpha}{2}}$ es el valor teórico de una variable $N(0,1)$, que deja a su derecha una masa probabilística de $\frac{\alpha}{2}$. Entonces si se toma $\alpha = 0.05$, el intervalo o banda de confianza para el autocorrelograma es de $(-0.2829, 0.2829)$.

En la siguiente página se muestra el autocorrelograma para los errores (gráfica 2-16) del método de descomposición de los componentes.

Gráfica (2-16)



De la gráfica (2-16) se observa que los rezagos de las autocorrelaciones de los errores se encuentran dentro de la banda de confianza del 95%. Se puede decir que el modelo es válido para la serie del promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX.

Como se escribió en este capítulo, la validez también se puede realizar a través del estadístico Q^* para la prueba de hipótesis del contraste global de autocorrelación.

El estadístico Q^* se calcula como:

$$Q^* = T(T - 2) \sum_{h=1}^M \frac{1}{t-h} \rho_h^2$$

Los estadísticos para $M = 5, 10$ y 15 son:

M	Estadístico	Valor	$\chi_{M,95\%}^2$
5	Q^*_5	2.2601	11.07
10	Q^*_{10}	6.1507	18.31
15	Q^*_{15}	12.8388	25.00

En todos los casos el estadístico Q^* es siempre menor que la $\chi^2_{M,95\%}$ por lo cual no se rechaza la hipótesis nula y los errores se comportan como ruido blanco.

Capítulo 3

3 Pronóstico con métodos de alisado

Las técnicas de alisado son conocidos también como de suavizamiento. Estos métodos de pronóstico a corto plazo se retroalimentan a medida que se generan nuevos datos a través de fórmulas recurrentes.

Como se refirió en el Capítulo 1, los métodos de alisado permiten detectar claramente la tendencia de la serie y las estacionalidades, así como realizar pronósticos. Este capítulo se abocara al pronóstico.

Las técnicas de suavizamiento estudiadas en ese capítulo fueron: promedios simples, promedios móviles, promedios móviles centrados, promedios móviles con peso o ponderados, doble promedio móvil, suavizamiento exponencial simple, alisado exponencial doble, suavizamiento exponencial triple y diferenciación.

Algunas características de los métodos arriba referidos son las siguientes:

- Cuando las observaciones tienen una estructura inestable, los métodos de alisado tratan de combinar los datos pasados para descubrir el comportamiento de la serie de tiempo.
- Debido a que detectan rápidamente los cambios estructurales de la serie, predicen mejor el corto plazo.
- Producen resultados satisfactorios incluso cuando el número de observaciones es limitado.

La selección del mejor método depende del tipo de serie de tiempo por analizar por lo que se graficará y se analizará si es estacionaria, con tendencia o con tendencia y estacionalidad. Si la serie presenta tendencia se usará el doble suavizamiento exponencial o el método de Holt, mientras que si también tiene estacionalidad, el alisado por usar es el triple exponencial, conocido como Holt –Winters.

Aunque el término predicción suele asociarse a períodos futuros al tiempo actual del análisis, se distinguirán dos tipos, según el momento temporal para el cual se realicen:

- Predicciones intramuestrales, que corresponden a las estimaciones que se hacen de la variable dentro del período que abarque la muestra de observaciones. Por ejemplo, si se tienen N datos correspondientes a N períodos en el tiempo, la predicción intramuestral corresponderá a cualquiera de estos N datos.
- Predicciones extramuestrales que son realizadas para momentos futuros al período de observación. La predicción extramuestral corresponderá al tiempo N+1, si la serie de tiempo posee sólo N observaciones.

3.1 Métodos de pronóstico a través de suavizamiento para series estacionarias

Algunos métodos de suavizamiento son utilizados para la predicción de una serie de tiempo estacionaria, es decir que no presente una tendencia definida y estacionalidad; mientras que algunos son usados para una serie con tendencia. Esta sección se abocará al pronóstico corto del primer caso.

El esquema básico de referencia en estos modelos será el de una serie que oscila en torno a su valor medio, definiéndose como:

$$Y_t = a_t + \varepsilon_t$$

Donde

a_t es el valor medio de la serie y

ε_t designa a las desviaciones aleatorias que se producen alrededor de ese valor medio

Se asumirá que ε_t se distribuye como una $N(0, \sigma^2)$ y que no existe autocorrelación. La serie depende del tiempo para ajustarse conforme se vaya teniendo más información y por lo que al pasar el tiempo se vayan cambiando los pronósticos.

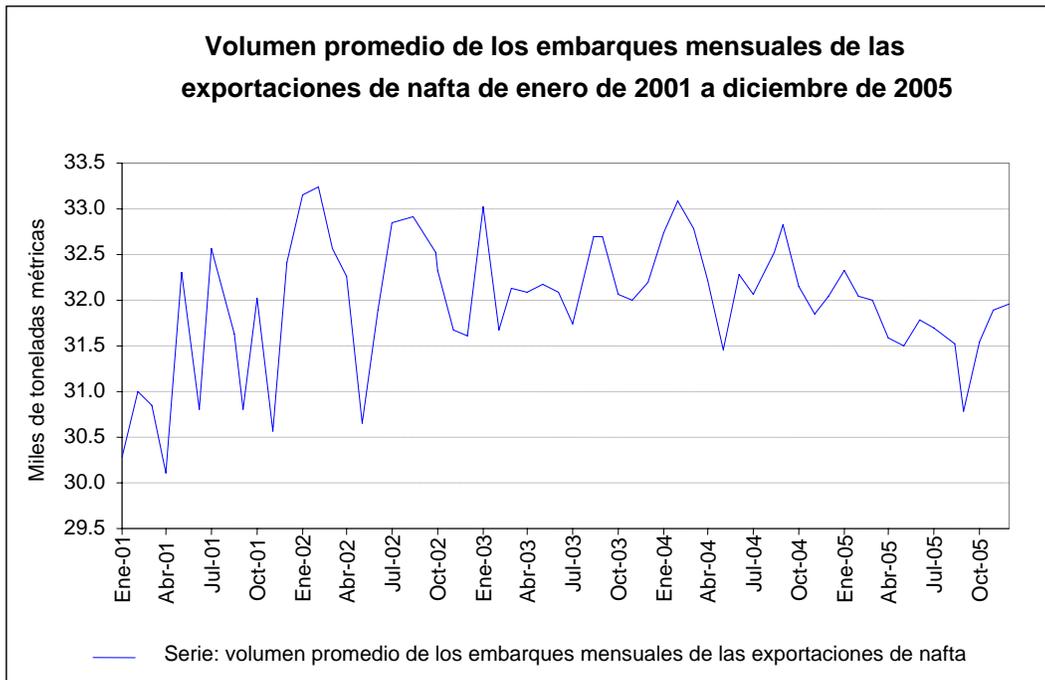
Estos métodos se podrán aplicar a series con tendencia, una vez que ésta se haya eliminado a través de diferenciación como se explica en el capítulo 1.

La tabla (3-1), ver anexo, contiene la serie de tiempo del volumen promedio de las embarcaciones mensuales de las exportaciones de nafta (expresado en miles de toneladas métricas, mtm) y se muestra en la gráfica (3-1), en la página siguiente.

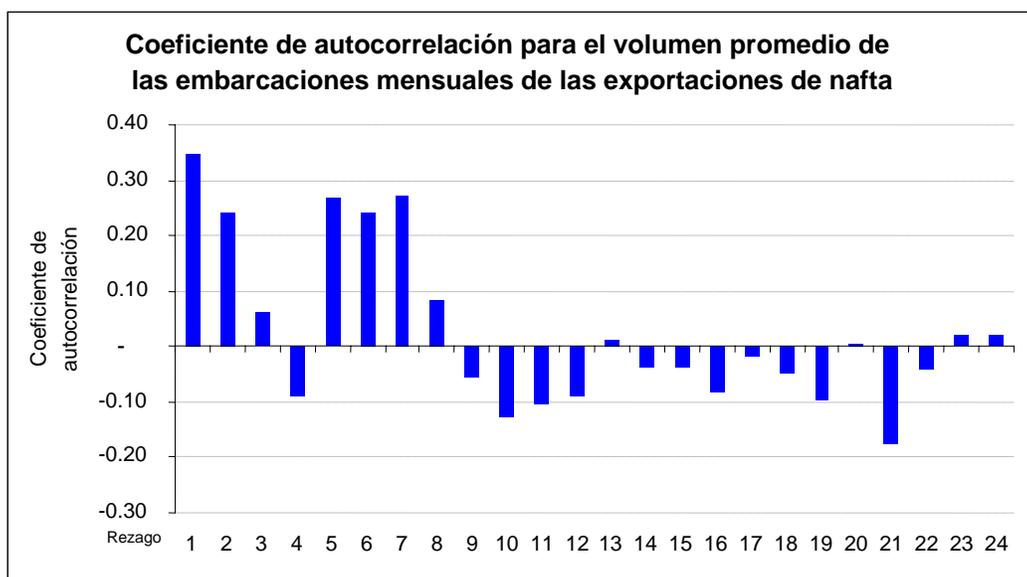
Los pronósticos por realizar estarán basados en suavizamientos para una serie estacionaria, de los cuales se llevarán a cabo el promedio simple, los promedios móviles de varios órdenes (3, 6 y 12) y los suavizamientos exponenciales con diversas α (se corren desde 0.01 hasta 0.99, pero se mostrarán algunos de ellas como 0.01, 0.10, 0.28, 0.31, 0.50, 0.60, 0.75, 0.90 y 0.99). Para cada técnica se presentarán la tabla de cálculo y la gráfica comparativa de la serie original y su pronóstico. Al finalizar cada uno de los suavizamientos, se analizará cuál de estos pronósticos es el mejor para la serie de datos arriba referida.

Como se observa de la gráfica (3-1), esta serie no presenta ni tendencia ni estacionalidad y como se repara en la gráfica (3-2) no tiene autocorrelación. Sin embargo, es muy probable que contenga fluctuaciones aleatorias que una vez removidas o minimizadas a través de algún método de suavizamiento, descubran el patrón subyacente.

Gráfica (3-1)

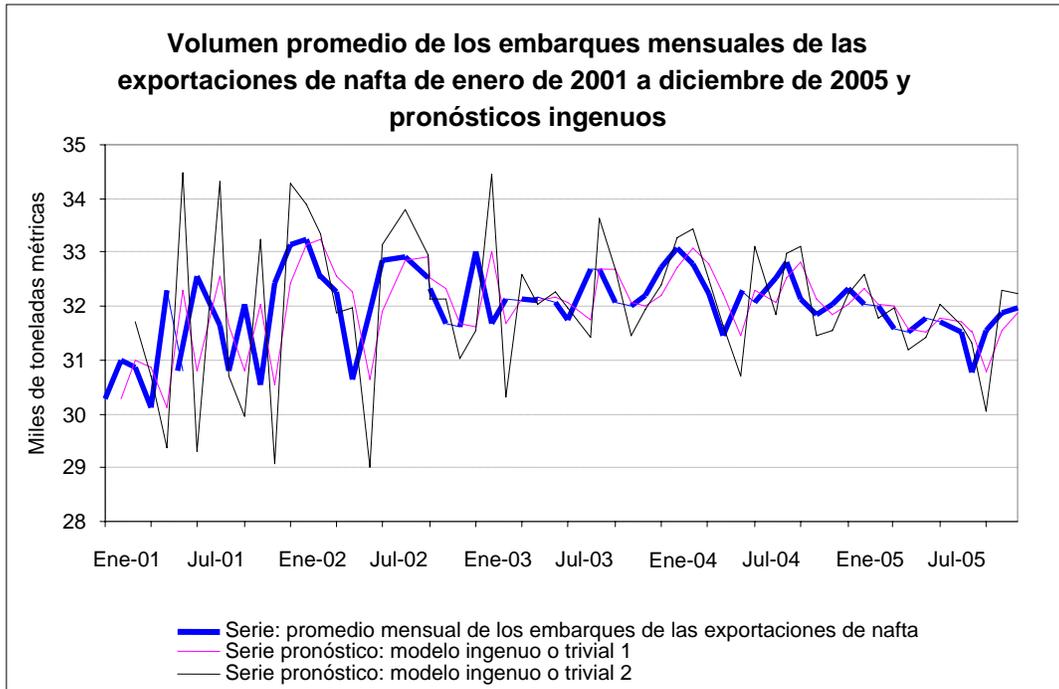


Gráfica (3-2)



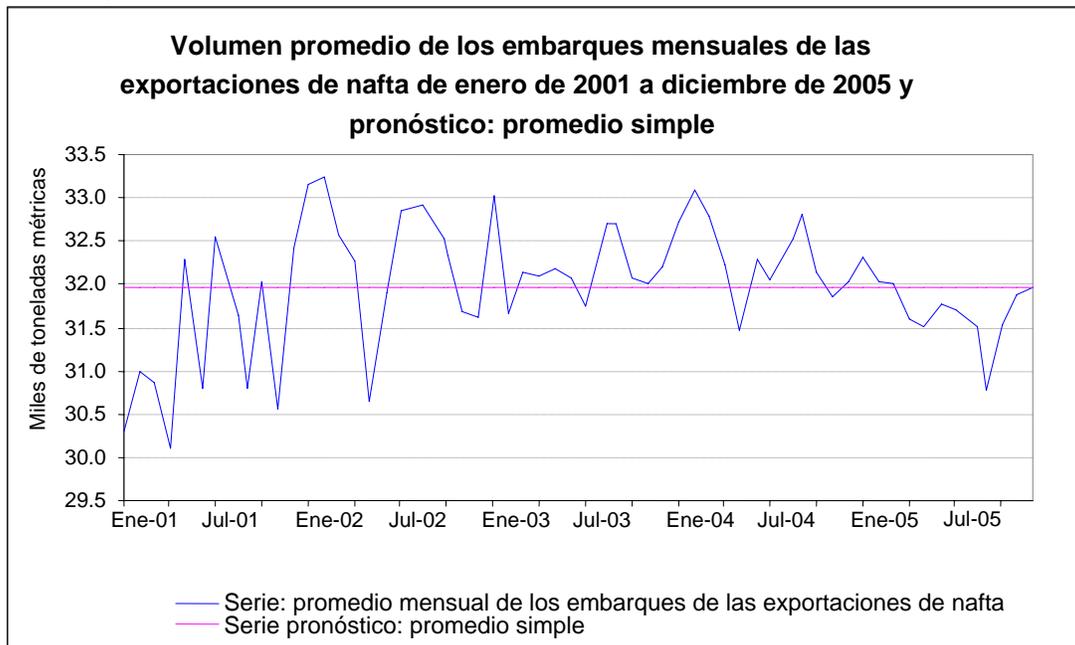
Antes de correr los modelos de suavizamiento, se realizarán los pronósticos ingenuos o triviales referidos en el capítulo 1. Ver gráfica (3-3) en la siguiente página y tabla (3-2) en el anexo.

Gráfica (3-3)



El primer pronóstico por realizar es el del promedio simple. De la gráfica (3-4) y la tabla (3-3), en el anexo, se observa que el pronóstico con el promedio simple es el mismo para todo el período.

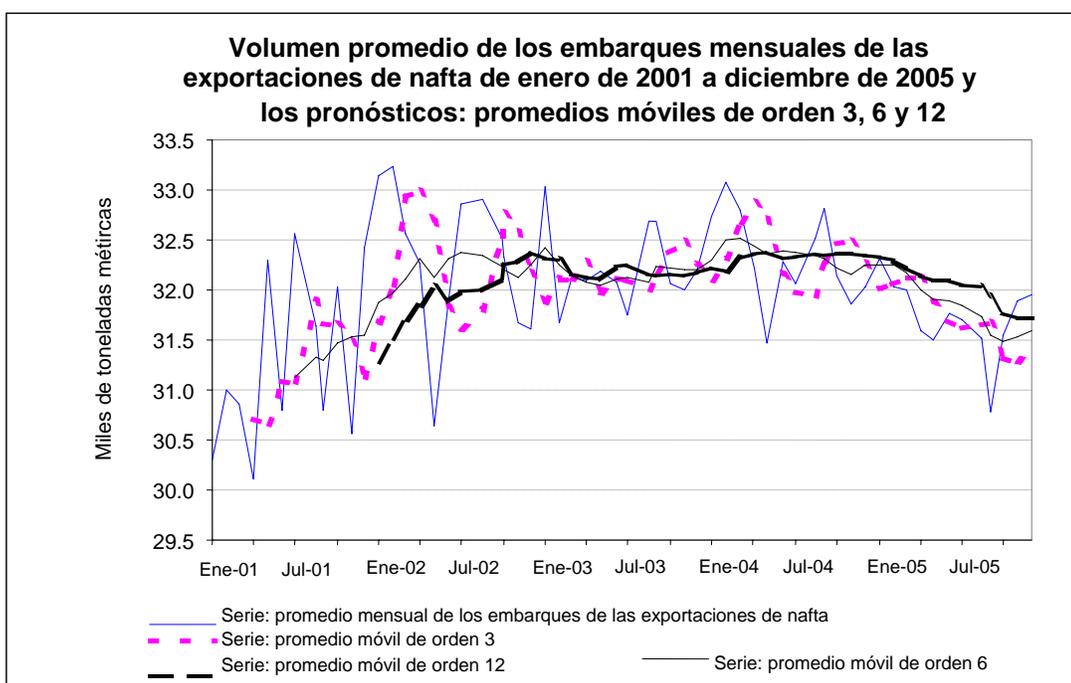
Gráfica (3-4)



Se observa que para la serie de tiempo, el promedio simple no es un buen pronóstico debido a que las diferencias entre éste y todas las observaciones son muy importantes.

Los siguientes pronósticos se realizarán a través de promedios móviles de orden 3, 6 y 12. Para comparar visualmente dichos cálculos se presenta la siguiente gráfica (3-5) y su correspondiente tabla (3-4) en el anexo, muestra los valores obtenidos.

Gráfica (3-5)



En el anexo, en la tabla (3-4) correspondiente a los promedios móviles de órdenes 3, 6 y 12 se observa que las primeras 3, 6 y 12 observaciones respectivamente no tienen pronóstico asociado y que este número de datos es igual al orden del promedio móvil.

Nótese que no se emplean los promedios móviles centrados pues éstos provocan que el pronóstico se desfase y las observaciones finales queden sin valor en cuestión. Por esta razón éstos reciben el nombre de promedios móviles asimétricos.

Se observa que la gráfica con los promedios móviles asimétricos alisan los valles y las crestas de la serie original y que entre mayor sea el orden, éstos se suavizan tanto que casi desaparecen. Mientras que entre más bajo sea el orden del promedio móvil asimétrico, el suavizamiento es menor. De aquí que, si se cree que la serie por pronosticar tiene gran aleatoriedad o que su patrón subyacente no ha cambiado sustancialmente a través del tiempo, el alisado debe de consistir en un promedio móvil de mayor orden. Mientras que en caso contrario se utilizaría un orden menor, para reaccionar a los cambios en la estructura de la serie.

A simple vista se podría decir que entre más grande fue el orden del promedio, mayor fue el alisado y el pronóstico siguió menos a la serie. Como ya se había referido, entre mayor sea la influencia del elemento aleatorio, superior deberá ser el orden del promedio y viceversa.

De las gráficas en las que se comparan la serie original con el promedio simple y con los diversos promedios móviles centrados de órdenes 3, 6 y 12, se podría decir que los últimos son un mejor pronóstico.

Los promedios móviles tienen dos grandes limitaciones al momento de realizar pronósticos. La primera es que dan la misma ponderación a toda la serie, sin importar que la historia más reciente pueda ser más relevante que la de las primeras observaciones de la serie. La segunda es que se deben almacenar todos los valores para poder realizar los pronósticos. El suavizamiento o alisado exponencial simple tiene la ventaja de vencer esas limitantes.

El modelo de referencia que se explicó al inicio del capítulo

$$Y_t = a_t + \varepsilon_t$$

Se sigue cumpliendo a través de la definición de S_{t+1} del capítulo 1:

$$a_t = S_{t+1} = \alpha Y_{t+1} + \alpha(1-\alpha)Y_t + \alpha(1-\alpha)^2 Y_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^3 Y_{t-2} + \dots + \alpha(1-\alpha)^t Y_1$$

$$a_t = S_{t+1} = \alpha \sum_{i=1}^{t+1} (1-\alpha)^{i-1} Y_i$$

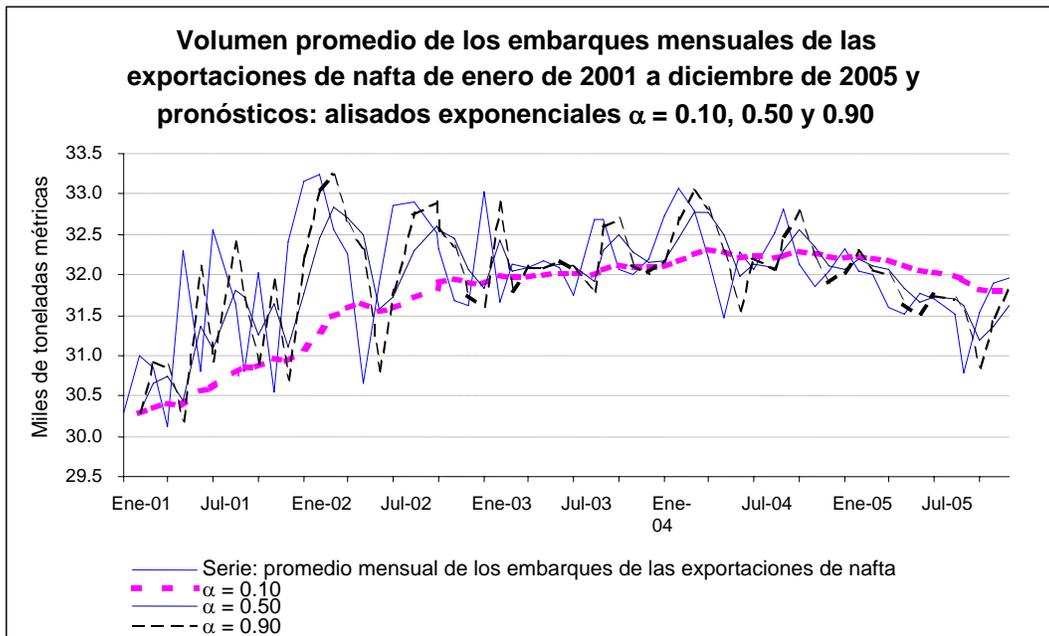
Como se explicó en el capítulo 1, las ponderaciones $(1-\alpha)^i$ siguen una progresión geométrica decreciente y su suma es la unidad. Por lo tanto el efecto de una α grande o pequeña es análogo a usar un orden pequeño o mayor en los promedios móviles, suavizando más o menos los valles y crestas.

Se corrieron los alisados exponenciales con α desde 0.01 hasta 0.99, sin embargo, las tablas (3-5) y (3-6) muestran los alisados exponenciales simples con α igual a 0.01, 0.10, 0.28, 0.31, 0.50, 0.60, 0.75, 0.90 y 0.99, ver anexo. A continuación se mostrarán las gráficas (3-6) y (3-7) que comparan la serie original y los suavizamientos exponenciales simples con α igual a 0.10, 0.50, 0.90 y 0.99, y 0.28, 0.31, 0.60 y 0.75.

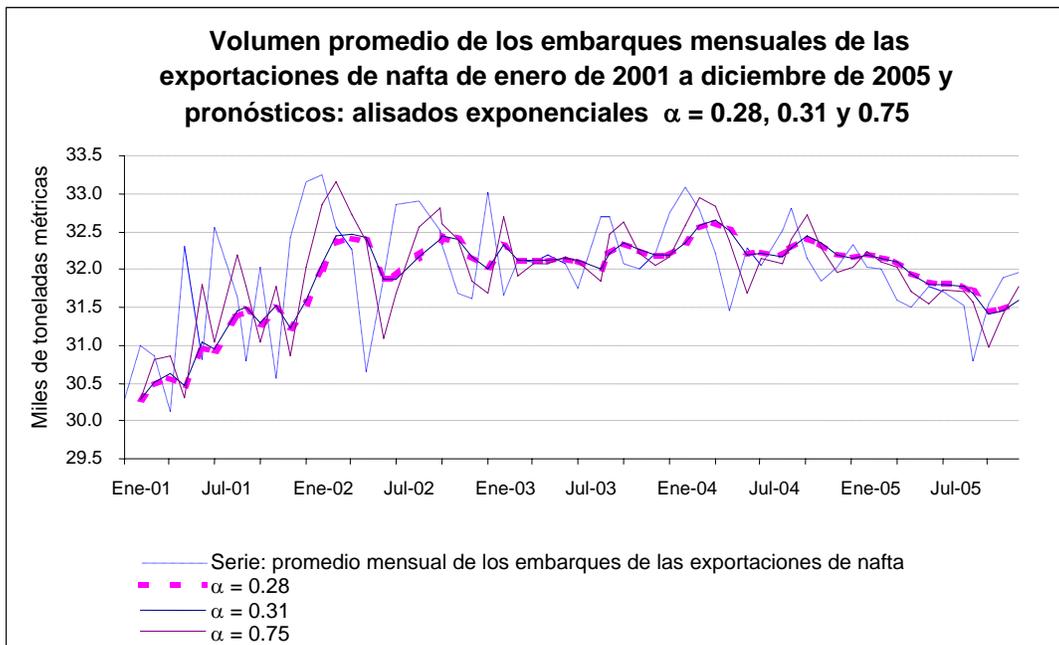
En el anexo se nota que el primer renglón de las tablas (3-5) y (3-6) carece de pronóstico debido a lo explicado en el capítulo 1.

De las gráficas comparativas de la serie original y los suavizamientos exponenciales con diversas α (que a continuación se presentan), se observa que con un valor igual a 0.10 se suaviza la serie, eliminando valles y crestas, mientras que las α iguales a 0.50 y 0.90 prácticamente siguen a la serie original suavizándola ligeramente pero manteniendo la estructura. De la fórmula de suavizamiento exponencial, $S_{t+1} = \alpha Y_{t+1} + (1-\alpha) S_t$, se observa que entre mayor sea α más peso se da a los datos Y_{t+1} y menos al pronóstico S_t .

Gráfica (3-7)



Gráfica (3-7)



A continuación se mostrará la validación de los pronósticos realizados y el modelo con menor error será el mejor para pronosticar la serie del volumen promedio de los embarques mensuales de nafta de enero de 2001 a diciembre de 2005.

3.2 Análisis del error en los pronósticos para la serie estacionaria

Se analizará cual de las técnicas usadas en el cálculo de los pronósticos de la serie del volumen promedio de los embarques mensuales de nafta de enero de 2001 a diciembre de 2005 es la mejor a través de los errores cuadrático medio y absoluto medio. La exactitud de la predicción dependerá totalmente del orden del promedio móvil y para el suavizamiento exponencial el valor de α . El orden del promedio móvil y α que resulten en un menor error, será el mejor pronóstico.

Las tablas con el cálculo de los errores cuadrático medio (ECM ó MSE) y error absoluto medio (ECM ó MAD) para los métodos de pronóstico utilizados para series estacionarias se presentan en el anexo.

La tabla (3-7) muestra los errores cuadrático y absoluto para los pronósticos ingenuos o triviales; la tabla (3-8) muestra los errores usando el promedio simple; las tablas (3-9) y (3-10) presentan los correspondientes a los distintos órdenes de promedios móviles; y las tablas (3-11) y (3-12), para distintas α (mostradas en las tablas (3-5) y (3-6)). Finalmente la tabla (3-13) muestra los errores cuadrático medio y absoluto medio de las 99 α .

De la tabla (3-13) se observa que el error cuadrático medio más pequeño corresponde a α igual a 0.31 y el menor error absoluto medio es de α igual a 0.28.

La tabla (3-14), en la siguiente página, contiene los pronósticos y compara los errores cuadráticos medio y absolutos medios para los pronósticos ingenuos o triviales 1 y 2, el promedio simple, los promedios móviles y los suavizamientos exponenciales de α igual a 0.28 y 0.31.

Tabla (3-14)

Método de pronóstico	Pronóstico (mtm)	Error cuadrático medio	Error absoluto medio
Pronóstico ingenuo o trivial 1	31.8874	0.6242	0.5918
Pronóstico ingenuo o trivial 2	32.2341	1.7969	0.9486
Promedio simple	31.9696	0.5048	0.5457
Promedio móvil asimétrico de orden 3	31.4026	0.5341	0.5649
Promedio móvil asimétrico de orden 6	31.5336	0.4106	0.4900
Promedio móvil asimétrico de orden 12	31.7248	0.4038	0.4768
Suavizamiento exponencial $\alpha = 0.28$	31.5913	0.4557	0.5040
Suavizamiento exponencial $\alpha = 0.31$	31.5852	0.4546	0.5043

De la tabla (3-14) se observa que los menores errores cuadrático medio y absoluto medio corresponden al promedio móvil asimétrico de orden 12, por lo cual este resulta ser el mejor pronóstico por suavizamiento, mientras que el segundo correspondería al promedio móvil asimétrico de orden 6.

3.3 Pronóstico por intervalos para algunos de los métodos arriba analizados

Se mostrará el cálculo de la predicción por intervalos para los pronósticos del promedio simple y suavizamiento exponencial. El volumen promedio real de las embarcaciones mensuales de las exportaciones de nafta para el mes de enero del 2006 fue de 32,590.54 toneladas métricas, para el siguiente mes fue de 32,602.51 y para marzo de 31,313.87 toneladas métricas.

3.3.1 Pronóstico por intervalos para promedio simple

El pronóstico basado en el promedio simple se mantendrá el mismo para cualquier período $t + m$, con $m \in \mathbb{N}$, hasta que se agregue un nuevo dato a la serie de datos. Por esta razón, con la información a diciembre de 2005, la predicción para enero del 2006 (o cualquier otro mes posterior a este mes) es de 31.9696 miles de toneladas métricas. El cálculo del pronóstico por intervalos para el promedio simple es el siguiente:

$$(\hat{Y}_{t+1} - t^{\frac{\alpha}{2}} \cdot \hat{\sigma} \cdot f_{t+1}, \hat{Y}_{t+1} + t^{\frac{\alpha}{2}} \cdot \hat{\sigma} \cdot f_{t+1})$$

Donde:

t	60
\hat{Y}_{61}	31.9696
T de Student con 59 grados de libertad y 90% de confianza	1.6711
$\hat{\sigma}$ (varianza del error, ver Capítulo 2)	0.7165
f_{61}	$\sqrt{1 + \frac{1}{t}}$
f_{61}	1.0083

$$(31.9696 - 1.6711 \cdot 0.7165 \cdot 1.0083, 31.9696 + 1.6711 \cdot 0.7165 \cdot 1.0083)$$

De aquí que el pronóstico por intervalos con un 90% de probabilidad para la serie volumen promedio de las embarcaciones mensuales de las exportaciones de nafta está dado por (30.7624, 33.1768) miles de toneladas métricas. El valor real para los meses de enero, febrero y marzo del 2006 cae dentro de este intervalo.

En caso de tener un dato nuevo, éste podrá agregarse de manera sencilla a la que ya se tiene y por ende el pronóstico puntual se calculará como

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{\sum_{t=1}^{T+1} Y_t}{T+1}$$

$$= \frac{T \cdot \hat{Y}_t + Y_{t+1}}{T+1}$$

$$= \frac{T}{T+1} \hat{Y}_t + \frac{Y_{t+1}}{T+1}$$

Donde

t observación en el tiempo t

T número de observaciones

\hat{Y}_t pronóstico para la serie con T observaciones en el tiempo t

3.3.2 Pronóstico por intervalos para suavizamiento exponencial simple

Los mejores suavizamientos exponenciales simples fueron con α igual a 0.28 y a 0.31, con pronósticos de 31.5913 y 31.5852 miles de toneladas respectivamente. Para cada caso se realiza el pronóstico intervalar. El intervalo de confianza está dado por:

$$(\hat{Y}_{t+m} - Z^{\frac{\alpha}{2}} \cdot \text{ECM} \cdot g_m, \hat{Y}_{t+m} + Z^{\frac{\alpha}{2}} \cdot \text{ECM} \cdot g_m)$$

Donde

\hat{Y}_{t+m} es el pronóstico para el tiempo t + m, $m \in \mathbb{N}$. Este pronóstico será el mismo para todos los períodos hasta que se añada una nueva observación a la serie

$Z^{\frac{\alpha}{2}}$ es el valor de las tablas de una $N(0,1)$, tal que deja a su derecha $\frac{\alpha}{2}$ de la masa probabilística

ECM es el error cuadrático medio del pronóstico

g_m es el valor de la covarianza entre Y_t y Y_{t+m} , sin embargo para los modelos de suavizamiento exponencial simple toma el valor de 1.25

De lo anterior y de las tablas mostradas en este capítulo se tiene que el intervalo de predicción del 90% para α de 0.28 es de

$$(31.5913 - 1.645 \cdot 0.4557 \cdot 1.25, 31.5913 + 1.645 \cdot 0.4557 \cdot 1.25) =$$

(30.6543, 32.5283) miles de toneladas métricas

De manera similar para α igual a 0.31 y para ambas alfas con un intervalo de confianza de 99%, y los resultados (en miles de toneladas métricas) se encuentran en la tabla de abajo:

Tabla (3-15)

α	Intervalo de confianza	
	90%	99%
0.28	(30.6543, 32.5283)	(30.1239, 33.0587)
0.31	(30.6504, 32.5201)	(30.1214, 33.0490)

El valor real del mes de enero del 2006 queda por afuera de ambos intervalos de predicción del 90%, sin embargo queda adentro si el intervalo de predicción es del 99% de confianza.

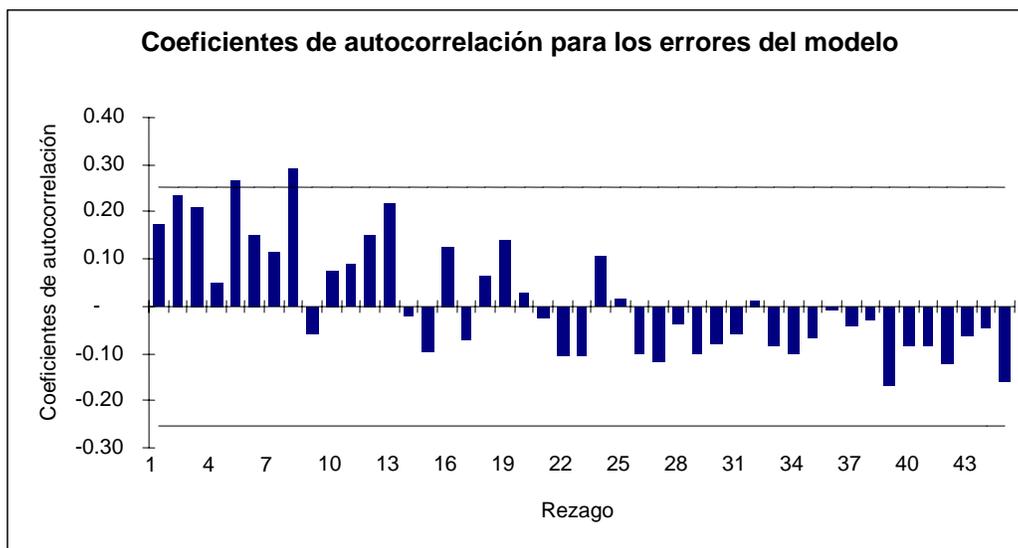
3.4 Validación de los pronósticos

Al igual que en el capítulo 2, se analizarán los coeficientes de autocorrelación de los errores y se aplicará la prueba de hipótesis para rechazar el contraste global de autocorrelación para los modelos del promedio simple, promedios móviles asimétricos

de orden 12 y suavizamientos exponenciales simples. Para cada validación se presentará el autocorrelograma y se mostrarán algunos estadísticos Q^* y se determinará si se rechaza o no la prueba de hipótesis para el contraste global de autocorrelación.

3.4.1 Validación del modelo promedio simple

Gráfica (3-8)



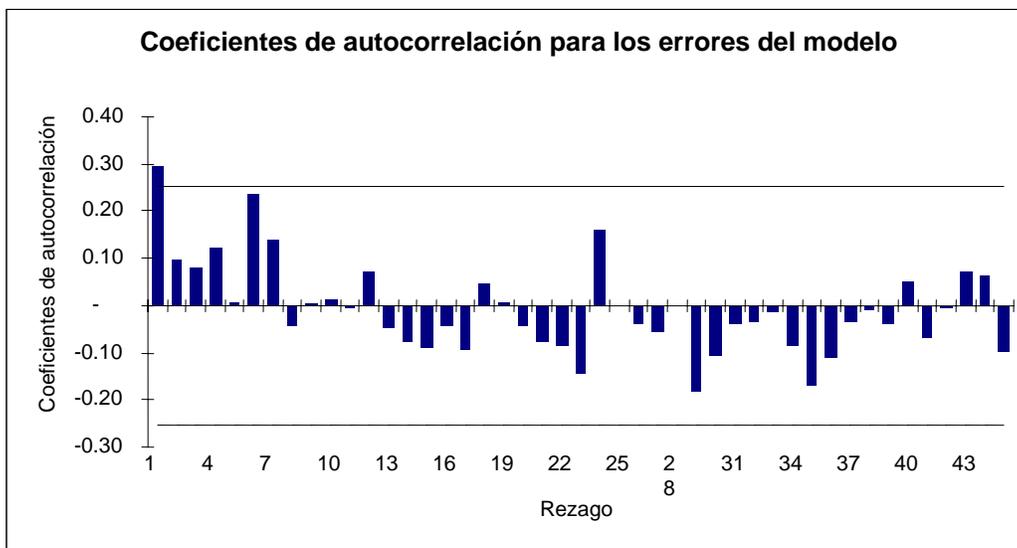
De acuerdo a la gráfica anterior, el modelo del promedio simple no es válido pues en un par de ocasiones excede a la banda de confianza del 95%. Se corrieron estadísticos Q^* y se compararon contra la χ^2 con varios grados de libertad para 95 y 99% de confianza, y en ambos casos el modelo se debe de rechazar pues para algunos estadísticos Q^* es mayor.

3.4.2 Validación del modelo promedio móvil asimétrico de orden 12

De acuerdo a la gráfica (3-9) en la siguiente página, los coeficientes de autocorrelación de los errores se encuentran todos menos el primero dentro de la banda de confianza del 95%. La prueba de hipótesis para los contrastes de

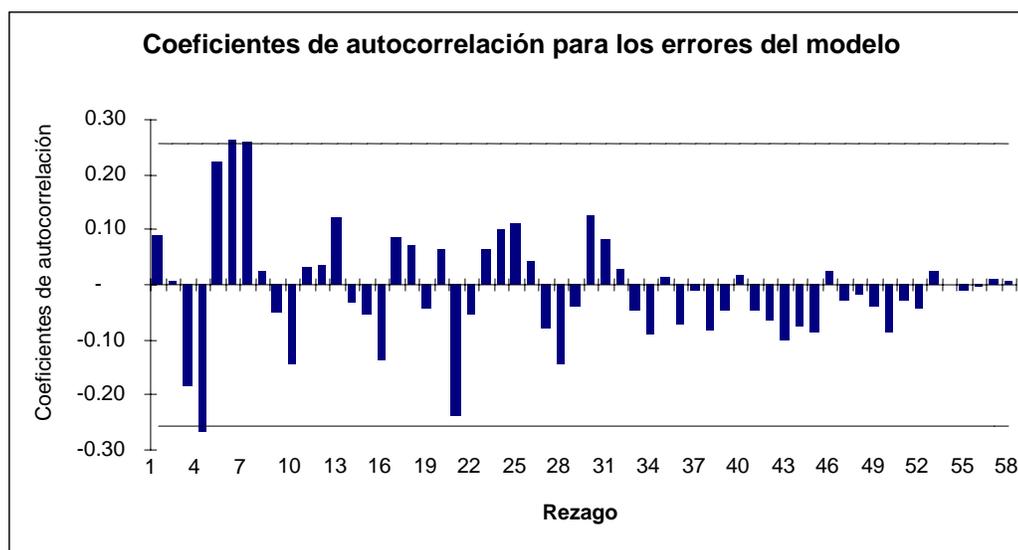
significación globales indicarán si el modelo del promedio móvil asimétrico de orden 12 es válido o no. De igual manera se corren diversos estadísticos Q^* y se comparan contra la χ^2 con varios grados de libertad en 95 y 99% de confianza y todos los casos para la hipótesis no se rechaza.

Gráfica (3-9)



3.4.3 Validación del modelo suavizamiento exponencial simple con $\alpha = 0.28$

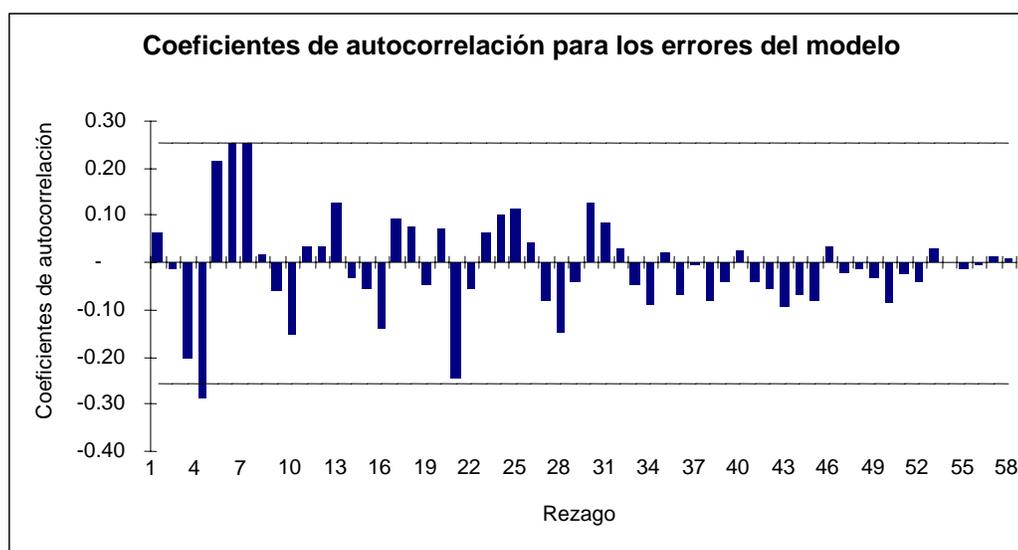
Gráfica (3-10)



De acuerdo a la gráfica (3-10), tres coeficientes de autocorrelación de los errores se encuentran afuera de la banda de confianza del 95%. Se corrió la prueba de hipótesis para 5, 10 y 15 contrastes de significación globales. Para 5 y 15, el modelo no debe de rechazarse.

3.4.4 Validación del modelo suavizamiento exponencial simple con $\alpha = 0.31$

Gráfica (3-11)



De acuerdo a la gráfica de arriba (3-11), sólo un coeficiente de autocorrelación de los errores excede la banda de confianza del 95%. Se corrieron las pruebas de hipótesis para una con 5, 10 y 15 grados de libertad, y este modelo no se rechaza para 5 y 15 coeficientes contrastados.

El anterior análisis muestra que el modelo del promedio móvil asimétrico de orden 12 es el mejor, toda vez que tiene los ECM y EAM más pequeños y que no se rechaza al validarse. El error entre el valor real del mes de enero y su pronóstico es de 0.8657 miles de toneladas métricas.

Capítulo 4

4 Pronóstico con métodos de alisado para series con tendencia y/o estacionalidad

Como se refirió en el capítulo anterior los métodos de alisado para serie con tendencia con o sin estacionalidad serán tratados en esta sección. Si la serie presenta tendencia se usarán los métodos de Brown y Holt, mientras que si también tiene estacionalidad, el modelo de Holt–Winters deberá aplicarse. Estas técnicas de pronóstico a corto plazo también se retroalimentan a medida que se generan nuevos datos a través de fórmulas recurrentes.

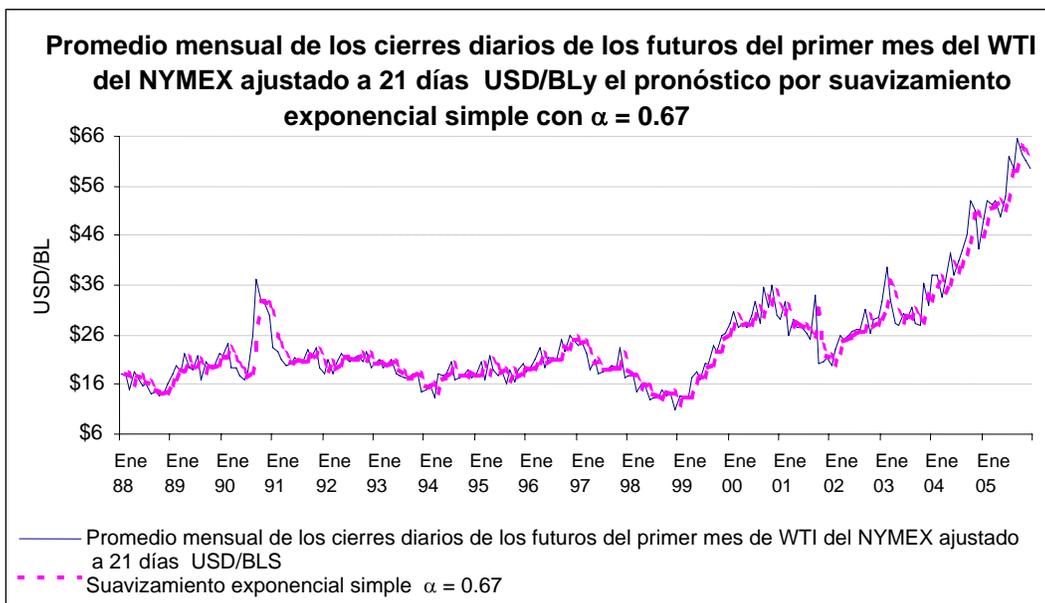
La serie de tiempo que se pronosticará usando los modelos arriba mencionados es la de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX ajustados a 21 días. En los casos de Brown y Holt se ignorará el hecho de que presenta estacionalidad.

Primero, se pronostica esta serie a través del suavizamiento exponencial simple a fin de compararla con los modelos que se estudiarán en este capítulo. No se muestran las tablas del suavizamiento ni los errores cuadráticos medios de las noventa y nueve α usadas. Con α igual a 0.67 se obtiene el menor error cuadrático medio, que es 9.1454 y los cálculos se presentan en la tabla (4-1), ver anexo.

El pronóstico es de \$ 61.7229 usd/bl.

La gráfica (4-1) muestra el pronóstico por suavizamiento exponencial simple con α igual a 0.67.

Gráfica (4-1)



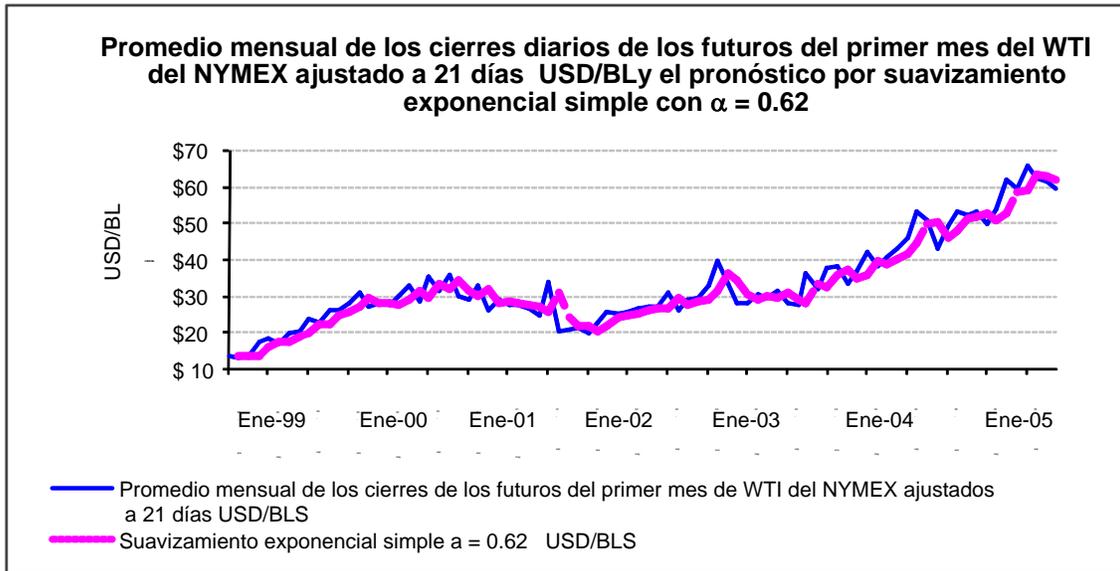
Se observa que el alisado va siguiendo a la serie por pronosticar, sin embargo, los métodos por analizar más adelante se ajustan mejor pues consideran la tendencia y/o la estacionalidad a diferencia del suavizamiento exponencial simple.

A pesar de que gráficamente se observa que el pronóstico sigue a la serie, al aplicar el estadístico Q^* de Ljung-Box, el modelo debe de rechazarse.

Se corre el modelo de suavizamiento exponencial simple con la misma serie del WTI, sólo que a partir de 1999. De igual manera que en el caso anterior, sólo se presenta la tabla (4-2), ver anexo, con el pronóstico y ECM. El menor error cuadrático medio se obtiene con alfa igual a 0.62 y equivale a 3.7371.

La gráfica (4-2) muestra la serie y su pronóstico y se encuentra en la página siguiente.

Gráfica (4-2)



En este caso, al aplicar la prueba de hipótesis usando el estadístico Q^* de Ljung-Box, el modelo no se rechaza con un 99% de confianza.

El pronóstico es de \$ 61.7586 usd/bl. El pronóstico por intervalos para enero del 2006 con un 90% de confianza, es:

$$(61.7586 - 1.645 \cdot 3.7371 \cdot 1.25, 61.7586 + 1.645 \cdot 3.7371 \cdot 1.25) \text{ usd/bl} =$$

$$(\$ 54.07, \$ 69.44) \text{ usd/bl}$$

Y el pronóstico por intervalos con un 99% de confianza es:

$$(61.7586 - 2.576 \cdot 3.7371 \cdot 1.25, 61.7586 + 2.576 \cdot 3.7371 \cdot 1.25) \text{ usd/bl} =$$

$$(\$ 49.73, \$ 73.79) \text{ usd/bl,}$$

El valor para enero de 2006 se encuentra en ambos casos dentro de los intervalos de confianza.

Debido a que los modelos descritos en este capítulo son para series con tendencia, se supondrá que el esquema básico de la serie Y_t está compuesto por una ecuación lineal, que se actualiza en cada período:

$$Y_t = a_t + b_t t$$

razón por la cual los parámetros a_t y b_t cuentan con el subíndice t , atribuyendo mayor relevancia a las observaciones que se aproximen más al período por pronosticar. Debido a que estos modelos son recursivos, la ordenada al origen se ajusta en cada período, al añadir una nueva observación.

4.1 Método de Brown para series con tendencia

El Método de Brown o de doble suavizamiento realiza dos alisados a la serie.

El primer suavizamiento están dado por S' , tal cual como en el alisado exponencial simple:

$$S'_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) S'_{t-1}$$

El segundo alisado se aplica a este suavizamiento, denominado $S''(t)$:

$$S''_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) S''_{t-1}$$

El parámetro α debe de ser $0 < \alpha < 1$

Nótese que el parámetro de alisado es el mismo para ambos suavizamientos.

Dado que el modelo es lineal $Y_t = a_t + b_t t$, se debe de encontrar las relaciones entre S'_t y S''_t . A través de procedimientos estadísticos se encuentra que

$$a_t = 2S'_t - S''_t$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot (S'_t - S''_t)$$

a_t es la ordenada al origen en el período t , es la estimación de la tendencia.

b_t es la pendiente de la recta.

El pronóstico se calcula de manera recursiva:

1. se calculan S'_t y S''_t
2. se ajustan a_t y b_t
3. se estiman Y_t como

$$Y_t = a_t + b_t t$$

y para observaciones futuras, Y_{t+m} como $a_t + b_t(t+m)$ con $m \in \mathbb{N}$

Nótese que los subíndices t indican el período sobre el cual está basada la predicción y que m es el número de períodos en el futuro. Por esta razón para Y_t , t es igual a 1 y Y_{t+m} pronostica m períodos en el futuro a partir de la observación t , es una extrapolación.

Para iniciar la recursión, los valores iniciales de S'_0 y S''_0 estarán dados por

$$S'_0 = a - b \cdot \frac{1-\alpha}{\alpha} \quad y$$

$$S''_0 = a - 2b \cdot \frac{1-\alpha}{\alpha}$$

Donde a y b son los parámetros de la ecuación de la recta sobre toda la serie.

De nuevo el mejor pronóstico está dado por la α que genere el menor error cuadrático medio. En la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX, ajustada a 21 días, la mejor α es igual a 0.29. Como para encontrar la α óptima se necesitan correr noventa y nueve de ellas y toda vez que la serie es por 18 años, únicamente se muestra la tabla que contiene dichos cálculos para la obtención de esta α mencionada.

Primero se calculan los valores a y b de la recta por mínimos cuadrados.

$$a \quad 12.65$$

$$b \quad 0.11$$

Luego se calculan los valores iniciales de S'_0 y S''_0 :

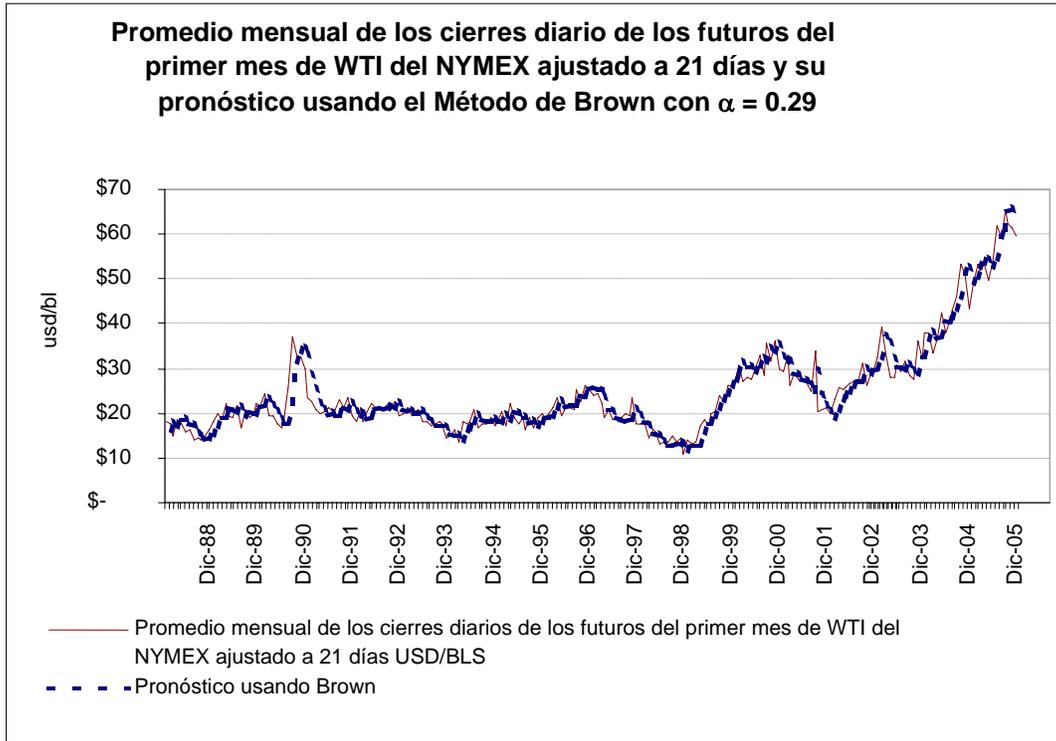
$$S'_0 \quad 12.65 - 0.11 \cdot \frac{1-0.29}{0.29} = 12.37$$

$$S''_0 \quad 12.65 - 2 \cdot 0.11 \cdot \frac{1-0.29}{0.29} = 12.10$$

La tabla (4-3), ver anexo, muestra la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX ajustados a 21 días, los valores de S'_t , S''_t , a y b, así como el pronóstico del método de Brown y el error cuadrático medio. Este es de 10.0031.

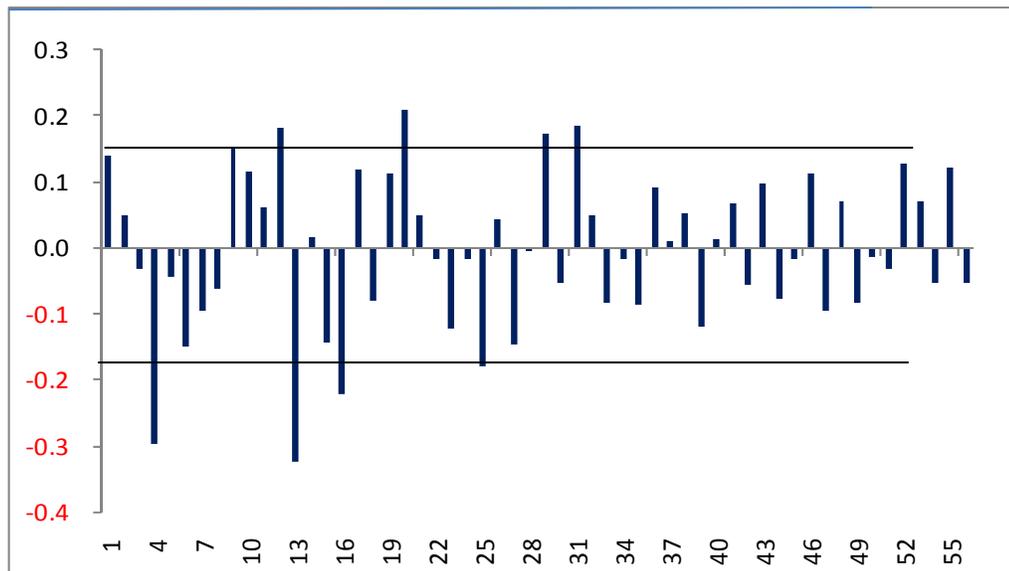
La gráfica (4-3) muestra la serie y su pronóstico se encuentra en la página que sigue.

Gráfica (4-3)



Antes de proceder a realizar los pronósticos puntual y por intervalos, se validará este modelo, y en caso de no rechazarse, se realizarán dichos pronósticos.

Gráfica (4-4)



La gráfica (4-4), de la página anterior, muestra las autocorrelaciones de los errores del modelo de Brown para la serie desde 1988.

Se aplica el estadístico Q^* de Ljung-Box y toda vez que éste es mayor que el valor de χ^2 para varios grados de libertad (hasta 15), se debe de rechazar el modelo.

Se vuelve a correr el modelo de Brown en la serie de de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX ajustados a 21 días, sólo que a partir de 1999.

Una vez más se volvieron a correr las 99 alfas y la α que menor error cuadrático medio presenta es 0.24 y su error es de 3.6845. La tabla (4-4), en el anexo, muestra los cálculos de los valores de S'_t , S''_t , a y b, así como el pronóstico del método de Brown y el error cuadrático medio.

El cálculo de a y b, los valores de la recta por mínimos cuadrados es:

$$a \quad 15.48$$

$$b \quad 0.42$$

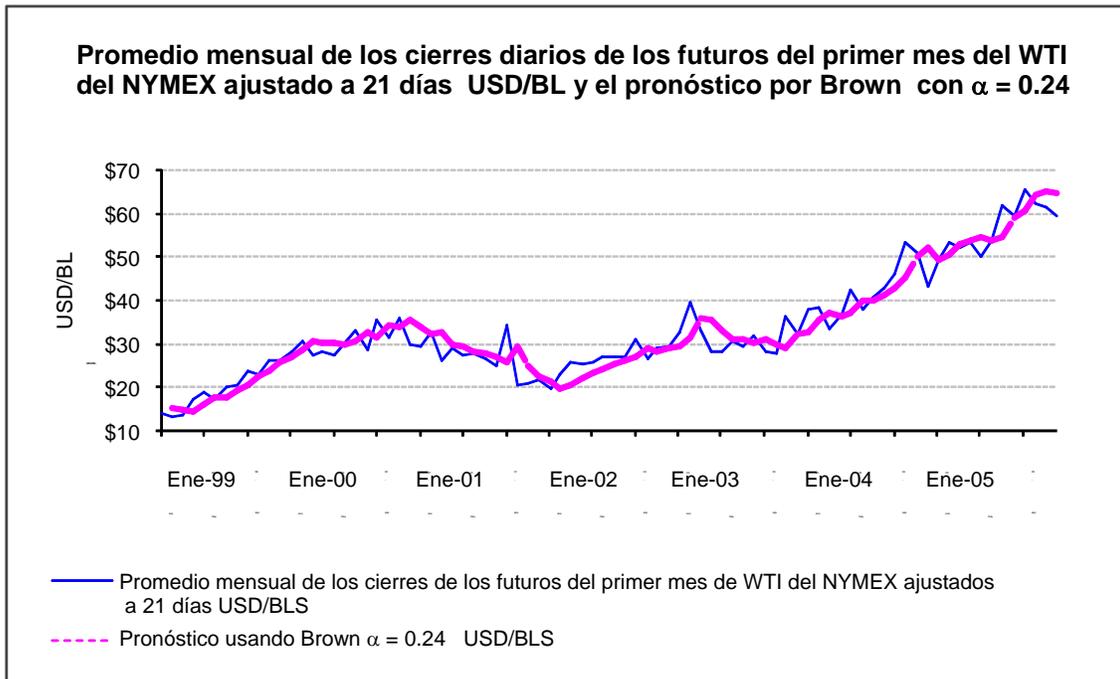
los valores iniciales de S'_0 y S''_0 son:

$$S'_0 \quad 15.48 - 0.42 \cdot \frac{1-0.24}{0.24} = 11.71$$

$$S''_0 \quad 15.48 - 2 \cdot 0.42 \cdot \frac{1-0.24}{0.24} = 7.93$$

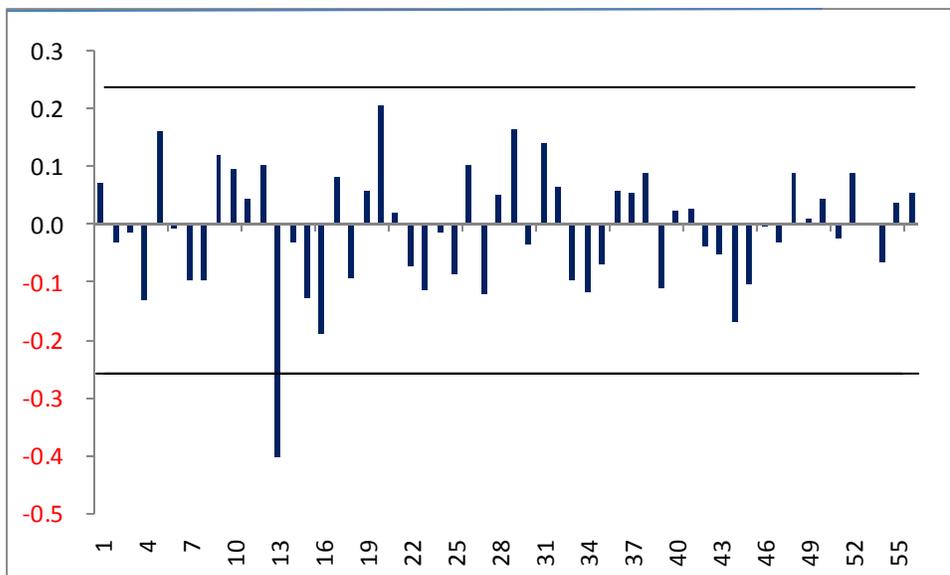
La gráfica (4-5) muestra los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX ajustados a 21 días y su pronóstico, a partir de 1999.

Gráfica (4-5)



La gráfica (4-6) mostrará la autocorrelación de los errores del pronóstico de Brown.

Gráfica (4-6)



De la gráfica (4-6) se observa que sólo el rezago número trece sobrepasa la banda de confianza del 99%. Se realiza la prueba de hipótesis usando el estadístico Q^* de Ljung-Box y para niveles de confianza del 97.5 y 99% el modelo no se rechaza.

En virtud de que el modelo de Brown para a de 0.24 no se rechaza para la serie en cuestión a partir de 1999, se procede a realizar los pronósticos puntuales y por intervalos.

El pronóstico $\hat{Y}(t+m)$ está dado por:

$$\hat{Y}_{t+m} = a + b(t+m) \quad m \in \mathbb{N}$$

Algunos ejemplos de pronósticos puntuales son:

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{t+1} &= 62.49 + 1.01 \cdot 1 \\ &= 63.50 \text{ usd/bl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{t+2} &= 62.49 + 1.01 \cdot 2 \\ &= 64.51 \text{ usd/bl} \end{aligned}$$

El pronóstico por intervalos está dado por

$$\left(\hat{Y}_{t+m} - Z^{\frac{\alpha}{2}} \cdot \text{ECM} \cdot g_m, \hat{Y}_{t+m} + Z^{\frac{\alpha}{2}} \cdot \text{ECM} \cdot g_m \right)$$

Donde

$$\hat{Y}_{t+m} \quad \text{es el pronóstico para el tiempo } t+m, m \in \mathbb{N}$$

$Z^{\frac{\alpha}{2}}$

es el valor de tablas de una $N(0,1)$, tal que deja a su derecha $\frac{\alpha}{2}$ % de la masa probabilística

ECM es el error cuadrático medio

$$g_m = 1.25 \sqrt{\frac{1 + \frac{\alpha}{(2-\alpha)^3} \cdot [1 + 4(1-\alpha) + 5(1-\alpha)^2 + 2\alpha(4-3\alpha)m + 2\alpha^2m^2]}{1 + \frac{\alpha}{(2-\alpha)^3} \cdot [1 + 4(1-\alpha) + 5(1-\alpha)^2 + 2\alpha(4-3\alpha) + 2\alpha]}}$$

De lo anterior y de las tablas mostradas en este capítulo se tiene que el intervalo de predicción del 97.50% con α de 0.24 para $m = 1$ y $m = 2$ son de

Para enero de 2006, m igual a 1:

$$(63.50 - 1.96 \cdot 3.6845 \cdot 1.25, 63.50 + 1.96 \cdot 3.6845 \cdot 1.25) = (\$ 54.47, \$72.53) \text{ usd/bl}$$

Para febrero 2006, m igual a 2:

$$(64.51 - 1.96 \cdot 3.6845 \cdot 1.31, 64.51 + 1.96 \cdot 3.6845 \cdot 1.31) = (\$ 55.05, \$ 73.97) \text{ usd/bl}$$

Los valores reales para enero y febrero de 2006 son \$ 65.64 usd/bl y 61.93 usd/bl, respectivamente, y ambos valores caen dentro de su pronóstico por intervalos.

4.2 Método de Holt para series con tendencia

El método de Holt toma la idea del suavizamiento exponencial simple (estudiado en el capítulo anterior) y lo adapta para captar la tendencia.

El esquema básico de referencia en este modelo es suavizamiento doble que capture la tendencia. El pronóstico se basa en la suma de dos ecuaciones, una que capta la tendencia y otra que suaviza a la serie, llamada de nivel.

Las ecuaciones son:

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t \quad \text{para el nivel,}$$

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

$$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad \text{para la tendencia y}$$

$$F_{t+1} = L_t + T_t \quad \text{para el pronóstico}$$

Ambos parámetros α y β son positivos y menores a 1.

Para pronósticos k períodos en el futuro:

$$F_{t+k} = L_t + k T_t$$

Los valores de inicio están dados por:

$$L_2 = Y_2$$

T_2 puede ser calculada por cualquiera de estas maneras:

$$T_2 = Y_2 - Y_1 \quad \text{o}$$

$$T_2 = \frac{Y_2 - Y_1 + Y_3 - Y_2 + Y_4 - Y_3}{3} \quad \text{o}$$

$$T_2 = \frac{Y_4 - Y_1}{3} \quad \text{o}$$

$$T_2 = \frac{Y_n - Y_1}{n - 1}$$

y

$$F_3 = L_2 + T_2$$

El método de Holt, por tener un doble alisado como el de Brown, se le denomina como suavizamiento exponencial doble con dos parámetros, que ponderan tanto el nivel como la tendencia, permitiendo que el modelo de Holt se adapte con mayor flexibilidad a los valores de la serie.

El modelo desarrollado por Holt representa una recta, es decir, está formado por una media y una pendiente o tendencia: $F_{t+1} = L_t + T_t$. Por esta razón algunos autores sugieren que los valores de L_2 y T_2 se calculen como los parámetros de la ecuación de la recta por mínimo cuadrados $Y = ax + b$: siendo a igual a L_2 , b sea T_2 y x sea t .

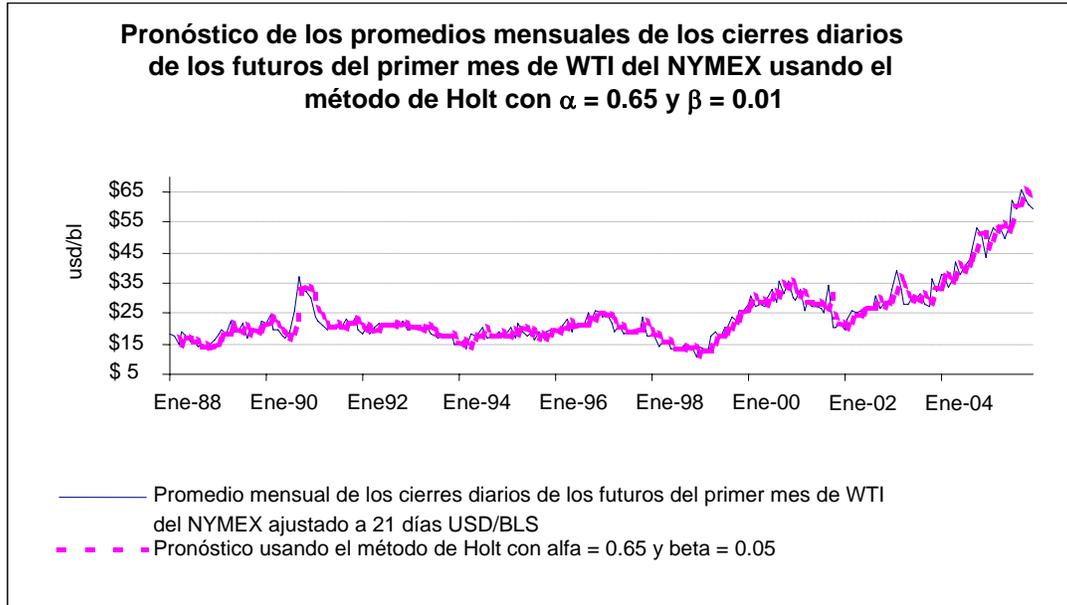
El nivel representa a la media. Esta ecuación es una versión del suavizamiento exponencial simple, excepto que la tendencia es sumada al alisado del nivel previo para formar el componente afectado por el parámetro $1 - \alpha$, que suaviza la ecuación. Con esto se elimina el rezago y se coloca a L_t en el nivel apropiado.

La ecuación de la tendencia en cada tiempo t , la calcula como la diferencia entre el nivel actual y el anterior más la tendencia del período anterior, ambos suavizados por los parámetros β y $(1-\beta)$.

En este algoritmo se actualiza primero el nivel, para luego ajustar la tendencia y finalmente el pronóstico.

Se corrieron varias α y β , en este modelo se utilizaron como valores de inicio para el nivel y la tendencia, los valores de la recta calculada por mínimos cuadrados. La tabla (4-5) (ver anexo) muestra el mejor pronóstico con $\alpha = 0.65$ y $\beta = 0.01$. En ella se presenta la serie, el nivel, la tendencia, el pronóstico y el error cuadrático. La gráfica (4-7) se encuentra en la página que sigue.

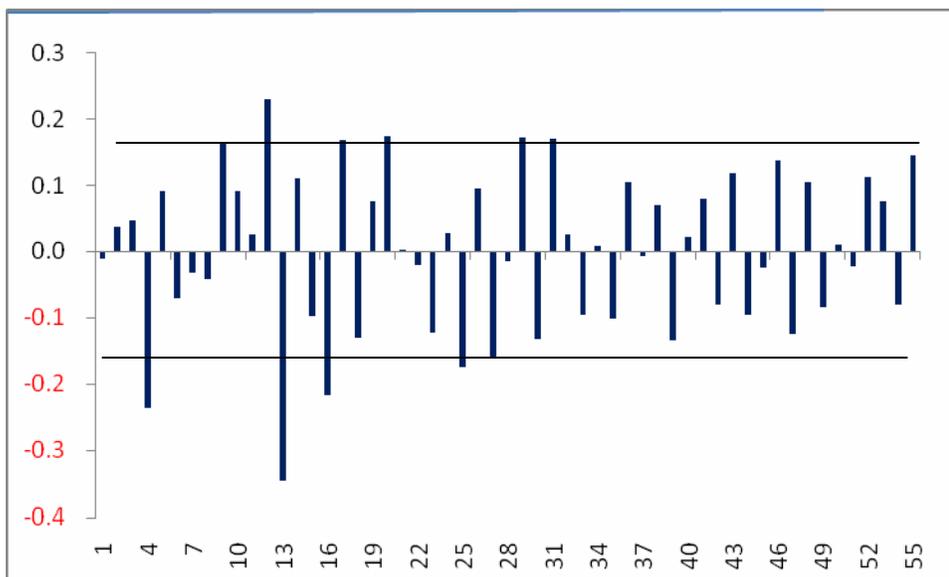
Gráfica (4-7)



El error cuadrático medio para la serie usando el modelo de Holt es de 3.0154. Y el pronóstico para diciembre del 2005 es \$ 63.25 usd/bl.

Antes de continuar, se validará el modelo a través de la gráfica de autocorrelación del error del pronóstico y del estadístico Q^* de Ljung-Box. El autocorrelograma se muestra en la gráfica (4-8).

Gráfica (4-8)



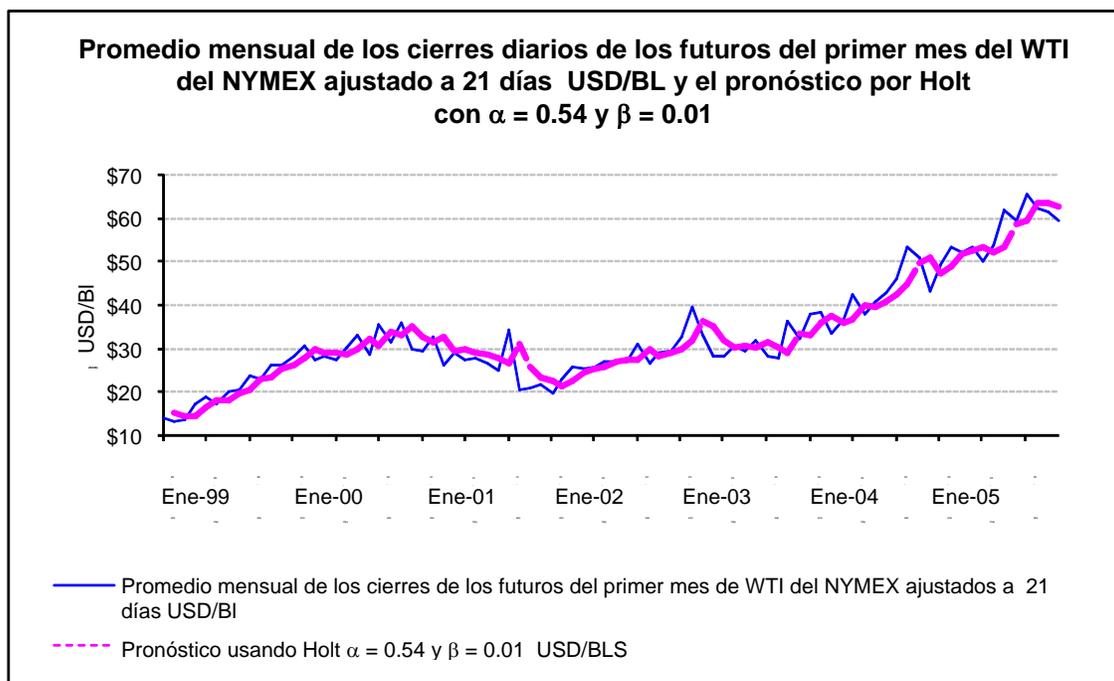
Como se observa en la gráfica (4-8), varios coeficientes de autocorrelación salen de la banda de confianza del 99%, por lo cual el modelo debería de rechazarse.

El estadístico Q* de Ljung-Box muestra que el modelo debe de rechazarse, toda vez, que éste es mayor los valores de una χ^2 para varios grados de libertad.

Se corre la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX, ajustada a 21 días a partir de 1999 con el modelo de Holt.

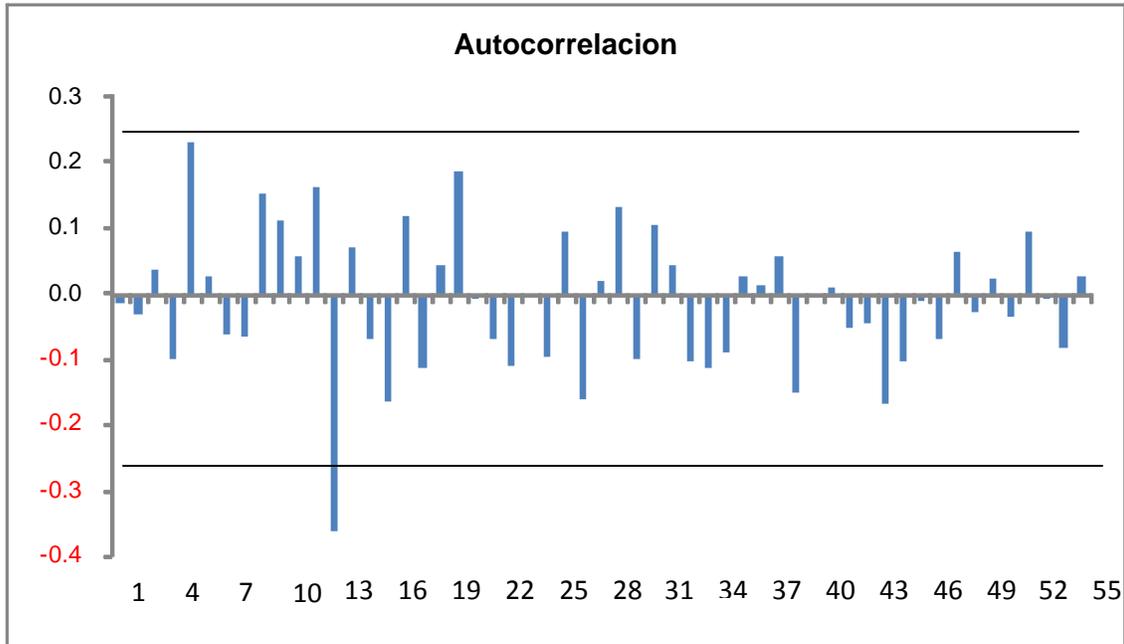
Una vez más, los valores iniciales de nivel y tendencia serán los de la recta por mínimos cuadrados. Se corren las noventa y nueve alfas y betas y sólo se muestran las que tienen el menor error cuadrático medio. Los valores óptimos resultan de α igual a 0.54 y β de 0.01. El error cuadrático medio es 3.6315. En la Tabla (4-6) se presentan los valores de nivel y tendencia, el pronóstico y el error cuadrático de este último. La gráfica (4-9) muestra los resultados de la serie y su pronóstico.

Gráfica (4-9)



Primero se validará el modelo de Holt para los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX, ajustada a 21 días a partir de 1999. Se graficará su autocorrelograma, ver gráfica (4-10).

Gráfica (4-10)



Sólo un coeficiente sobresale la banda de confianza de 99%. Se aplica la prueba de hipótesis al estadístico Q^* de Ljung-Box y muestra que no se debe de rechazar el modelo de Holt a partir de 1999 con un nivel de confianza de 97.5 y 99%.

La predicción para \hat{Y}_{t+m} , $m \in \mathbb{N}$, está dado por:

$$\hat{Y}_{t+m} = L_t + m \cdot T_t$$

El pronóstico para enero del 2006, $t = 84$ y $m = 1$, es:

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{84+1} &= L_{84} + T_{84} \\ &= 60.96 + 0.52 \\ &= \$ 61.48 \text{ usd/bl} \end{aligned}$$

El pronóstico para febrero del 2006, $t = 84$ y $m = 2$, es:

$$\begin{aligned}\hat{Y}_{84+2} &= L_{84} + 2 \cdot T_{84} \\ &= 60.96 + 2 \cdot 0.52 \\ &= \$ 62.01 \text{ usd/bl}\end{aligned}$$

Para el pronóstico por intervalos se puede usar la misma fórmula que en el método de Brown a pesar de que ambos modelos no tienen la misma base estadística teórica. Sin embargo, la fórmula de la predicción por intervalos muestra buenos resultados también para Holt.

De lo anterior y de las tablas mostradas en este capítulo se tiene que el intervalo de predicción del 97.50% con α de 0.54 y β de 0.01 para $m = 1$ y $m = 2$ son de:

Para m igual a 1:

$$(61.48 - 1.96 \cdot 3.6315 \cdot 1.25, 61.48 + 1.96 \cdot 3.6315 \cdot 1.25) = (\$ 52.59, \$ 70.38) \text{ usd/bl}$$

Para m igual a 2:

$$(62.01 - 1.96 \cdot 3.6315 \cdot 1.54, 62.01 + 1.96 \cdot 3.6315 \cdot 1.54) = (\$ 51.05, \$ 72.97) \text{ usd/bl}$$

Los valores reales de la serie estudiada caen dentro de estos intervalos, respectivamente.

4.3 Método de Holt-Winters para series con tendencia y estacionalidad

En el caso de que la serie presente estacionalidad y tendencia, Winters adecuó al modelo de Holt una ecuación que captura la estacionalidad de la serie. La estacionalidad puede ser aditiva o multiplicativa y en cualquiera de los dos casos se ajusta al modelo conocido como Holt-Winters.

El modelo de Holt-Winters se basa en cuatro ecuaciones, una para el nivel, una para la tendencia, una para la estacionalidad y una para el pronóstico.

En algunos casos, la variación estacional es tan fuerte que obscurece tendencias y/o ciclos. Winters la remueve permitiendo observar la fluctuación de la serie. Como se explicó en capítulos anteriores, una manera sencilla para detectar la tendencia en una serie con estacionalidad, es el tomar promedios de los períodos, si éstos varían en el tiempo, es debido a la existencia de una tendencia.

Las ecuaciones del modelo de Holt-Winters para el modelo multiplicativo son:

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-m}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad \text{para el nivel}$$

$$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1-\beta) T_{t-1} \quad \text{para la tendencia}$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1-\gamma) S_{t-m} \quad \text{para la estacionalidad}$$

$$F_{t+k} = (L_t + kT_t) S_{t-m+k} \quad \text{para el pronóstico:}$$

Las ecuaciones del modelo de Holt-Winters para el modelo aditivo son:

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-m}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad \text{para el nivel}$$

$$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1-\beta) T_{t-1} \quad \text{para la tendencia}$$

$$S_t = \gamma (Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-m} \quad \text{para la estacionalidad}$$

$$F_{t+k} = L_t + T_{t+k} + S_{t-m+k} \quad \text{para el pronóstico:}$$

Donde k es el número de períodos en el futuro por pronosticar y m representa el número de estaciones en el año, por lo que $m = 4$ si la estacionalidad es trimestral y $m = 12$, si ésta fuera mensual. S_{t-m} es el factor estacional para el año anterior en el mismo período.

En cada ecuación, los parámetros de suavizamiento, α , β y γ son mayores que cero, y menores a 1.

Tanto el modelo multiplicativo como el aditivo de Holt-Winters consisten de una tendencia ajustada por un parámetro estacional.

Para el modelo multiplicativo, la ecuación del nivel es casi igual a la propuesta por Holt, sólo que Y_t se divide entre la estacionalidad del año previo en el mismo período, S_{t-m} , desestacionalizándola. Si se dividiese entre S_t se hubiese tenido que resolver un sistema de ecuaciones simultáneas.

La tendencia es suavizada tal como en el modelo de Holt.

El suavizamiento estacional se compone de la serie suavizada por el nivel, eliminando así la tendencia, y el alisado del factor estacional en el período estacional previo. Los componentes estacionales se normalizan tal que los factores S_t promedien 1, en el modelo multiplicativo y sumen 1, en el aditivo.

Dada una serie Y_t con h años y con estacionalidad m , los valores iniciales se calculan como:

$$T_0 = \frac{(\text{Promedio de } m \text{ observaciones del año } h) - (\text{Promedio de } m \text{ observaciones del año } 1)}{(h - 1) \cdot m}$$

$$L_0 = \frac{(\text{Promedio de } m \text{ observaciones del año } 1) - T_{m+1}}{\frac{m}{2}}$$

Estos valores se calculan con la serie desestacionalizada.

En el cálculo de T_0 , la diferencia del promedio anual del último año y del primero, al ser dividida por el número de períodos transcurridos indica el promedio del incremento de cada año, y se toma como valor inicial de la pendiente.

Para correr el método de Holt-Winters se necesita de al menos tantos datos para capturar una estación completa y poder determinar los valores iniciales de S . Se sugiere que los primeros m factores estacionales que ajusten el pronóstico, sean los índices normalizados de variación estacional (IVEN).

En el caso de $m = 4$, las ecuaciones están dadas por:

$$L_{10} = \frac{Y_8 + 2Y_9 + 2Y_{10} + 2Y_{11} + Y_{12}}{8}$$

$$T_{10} = L_{10} - L_9 \quad \text{como el ajuste de la tendencia en el período } 10$$

Y para las estaciones, se muestran los ajustes estacionales para los períodos 7, 8, 9 y 10:

$$S_7 = \frac{\frac{Y_7}{L_7} + \frac{Y_3}{L_3}}{2}$$

$$S_8 = \frac{\frac{Y_8}{L_8} + \frac{Y_4}{L_4}}{2}$$

$$S_9 = \frac{\frac{Y_9}{L_9} + \frac{Y_5}{L_5}}{2}$$

$$S_{10} = \frac{\frac{Y_{10}}{L_{10}} + \frac{Y_6}{L_6}}{2}$$

En caso de que la estacionalidad fuera mensual:

$$L_{30} = \frac{Y_{24} + 2Y_{25} + 2Y_{26} + \dots + 2Y_{34} + 2Y_{35} + Y_{36}}{12} \quad \text{para el nivel en el período 30}$$

$$T_{30} = L_{30} - L_{29} \quad \text{para la tendencia en el período 30}$$

y

$$S_{19} = \frac{\frac{Y_{19}}{L_{19}} + \frac{Y_7}{L_7}}{2}$$

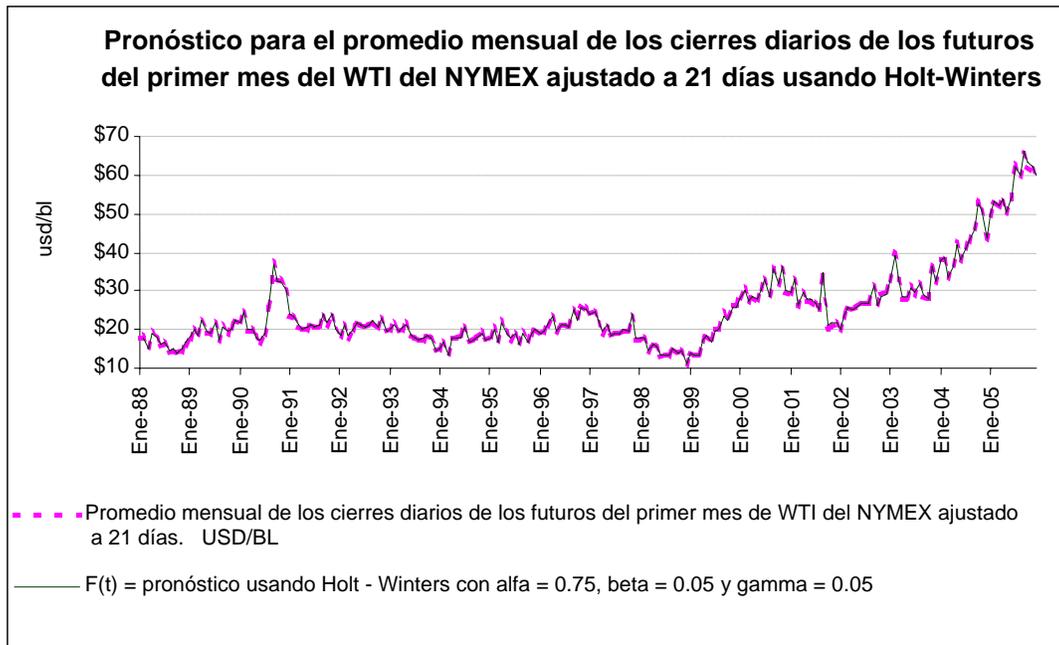
El pronóstico para la serie se encuentra en la tabla (4-7) y la gráfica (4-11) muestra ambos. De igual manera que en los modelos anteriores, se corrieron todas las combinaciones de α , β y γ para la obtención de la mejor combinación, que fue $\alpha = 0.75$, $\beta = 0.05$ y $\gamma = 0.05$. El error cuadrático de este modelo fue 7.1744.

En la tabla (4-7), que se encuentra en el anexo, se observa que los primeros doce renglones contienen IVEN calculados en el capítulo 2 y un par de número más que son los valores iniciales del pronóstico.

T_0 es el promedio del año 2005 menos el de 1988 entre el producto de 12 meses por el total de años $- 1$, que equivale a 17.

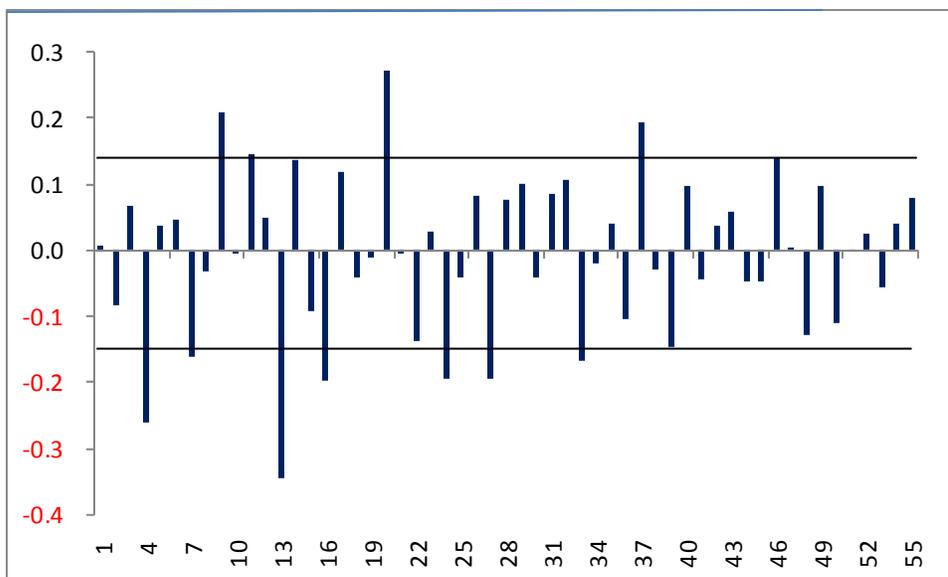
L_0 es el cociente de la diferencia del promedio de 1988 menos T_0 entre la mitad de la estacionalidad.

Gráfica (4-11)



A continuación se presenta el autocorrelograma de los errores del pronóstico en la Gráfica (4-12).

Gráfica (4-12)

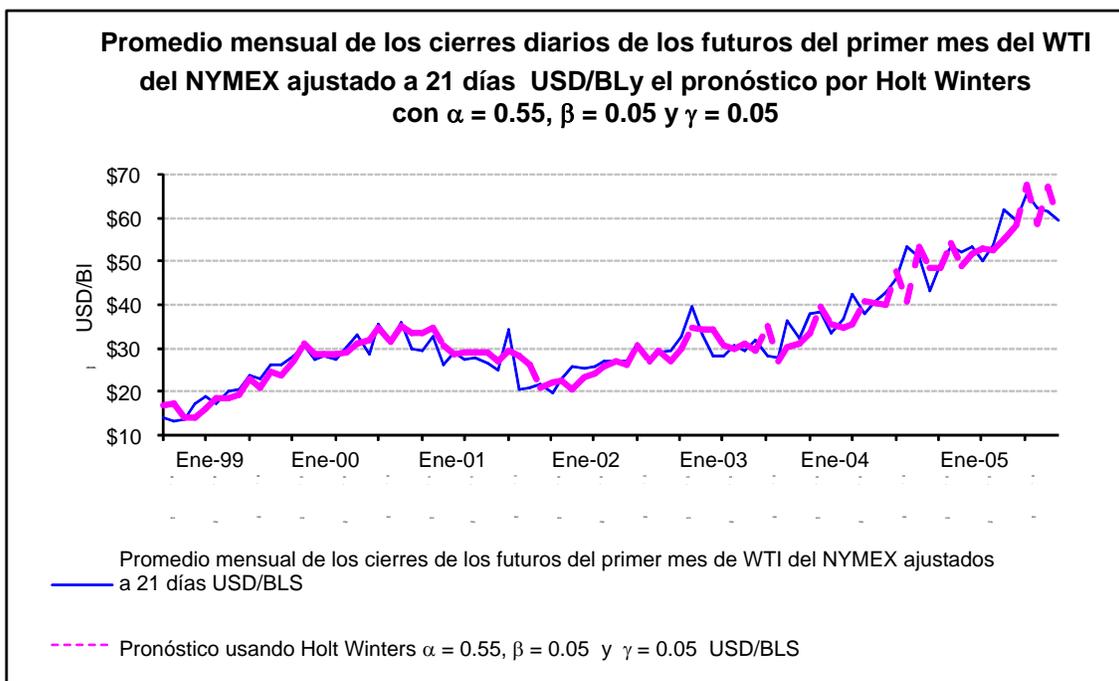


Se observa claramente que varios coeficientes de autocorrelación sobre salen de la banda de confianza del 99%. Se aplica el estadístico de Q^* de Ljung-Box y resulta en que el modelo debe de rechazarse.

Al igual que en los modelos arriba mencionado, se corre la misma serie a partir de 1999 usando el modelo de Holt Winters.

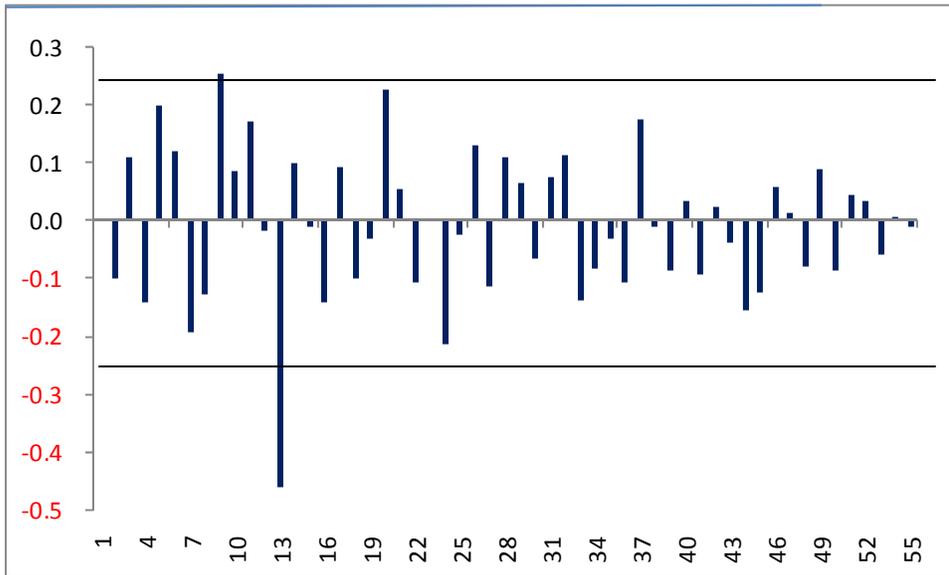
En la tabla (4-8) se muestran los cálculos del pronóstico que presenta el menor error cuadrático medio. De nuevo se vuelven a utilizar los IVEN para la serie a partir de 1999. Las α , β y γ utilizadas son 0.55, 0.05 y 0.05, respectivamente, generan un error cuadrático medio de 10.4809. La gráfica (4-13) compara la serie y el pronóstico usando Holt Winters.

Gráfica (4-13)



La gráfica (4-14), en la siguiente página, muestra el autocorrelograma para los errores del pronóstico.

Gráfica (4-14)



Un par de los coeficientes de autocorrelación sobresalen a la banda de confianza del 99%. Se realiza la prueba de hipótesis utilizando el estadístico de Q* Ljung-Box y resulta que para 15 grados de libertad de la χ^2 con una confianza del 99%, se debe rechazar el modelo.

De manera ilustrativa se muestra el cálculo de los pronósticos puntuales de este modelo.

El pronóstico para enero del 2006 está dado por

$$\hat{Y}_{t+k} = (L_t + kT_t) \bullet 4S_{t-m+k}$$

$$\hat{Y}_{\text{enero 2006}} = (62.51 + 1 \bullet 0.9187) \bullet 0.9972 = \$ 63.26 \text{ usd/bl}$$

$$\hat{Y}_{\text{febrero 2006}} = (62.51 + 2 \bullet 0.9187) \bullet 1.0879 = \$ 70.01 \text{ usd/bl}$$

$$\hat{Y}_{\text{marzo 2006}} = (62.51 + 3 \bullet 0.9187) \bullet 0.9794 = \$ 63.92 \text{ usd/bl}$$

Debido a que el encontrar los tres parámetros óptimos no es fácil, una alternativa es desestacionalizar primero la serie, luego aplicar el método de Brown o el de Holt y una vez obtenido el pronóstico, estacionalizarlo de nuevo.

La tabla (4-9) contiene un comparativo de los pronósticos para el mes de enero de 2006 con cada uno de los modelos aplicado a la serie a partir de 1999 y el error cuadrático medio correspondiente. No se muestran los resultados para la serie a partir de 1988, pues todos de los modelos se rechazaron. El valor real de enero del 2006 fue 65.5375 usd/bl.

Tabla (4-9)

Modelo	Pronóstico enero 2006	Error cuadrático
Suavizamiento exponencial simple	61.76 usd/bl	14.29
Brown	63.50 usd/bl	4.16
Holt	61.48 usd/bl	16.48
Holt Winters	63.26 usd/bl	5.20

Si el error cuadrático es de 10, se puede suponer que el error es de 3 usd/bl, entonces los pronósticos puntuales no están lejanos del valor real. Sin embargo se encuentra dentro de los pronosticados por intervalos.

Se observa que el mejor modelo fue el de Brown, pues el pronóstico para enero de 2006 fue el más cercano al valor real.

Cabe recordar que los métodos expuestos son de alcance corto y tienen la virtud de pronosticar rápidamente.

Conclusiones

En los capítulos anteriores se estudiaron métodos de pronósticos cortos para diversos tipos de series, estacionarias, con tendencia y con tendencia y estacionalidad. Los métodos descritos tienen la virtud de ser sencillos y rápidos de ejecutar.

Para las series estacionarias, estudiadas en el capítulo 3, se analizaron métodos de pronóstico ingenuos así como filtros lineales basados en promedios y suavizamiento exponencial simple. Los pronósticos triviales arrojaron errores cuadráticos superiores a los otros métodos. Como se observó en las gráficas del Capítulo 3, el promedio simple se mantiene fijo a lo largo del tiempo, mientras que los promedios móviles siguen a la serie original con un rezago suavizándola poco o mucho dependiendo del orden, mientras que el suavizamiento exponencial también sigue a la serie sin perder tantos datos como los promedios móviles.

En la Tabla (3-14) del Capítulo 3 se muestran el pronóstico generado por cada uno de los diversos métodos incluyendo los ingenuos y sus errores cuadrático y absoluto. El modelo con menor error cuadrático es el de los promedios asimétricos móviles de orden 12, sin embargo, el pronóstico más cercano al valor real de la serie para enero de 2006 es el del modelo ingenuo 2. Sin embargo, los errores cuadráticos medios de todos estos modelos son relativamente pequeños a excepción del pronóstico ingenuo 2. Algunas veces sucede que a pesar de que los errores muestren que un determinado modelo es el de menor error, esto no significa que es el que mejor pronósticos arroje.

Los promedios móviles asimétricos de órdenes 12 y 6 mostraron ser las mejores predicciones por tener los errores cuadrático medio más pequeños, además de que el modelo se valida con el orden 12. Los modelos de promedio simple y suavizamiento exponencial simple, a pesar de que sus errores cuadrático medio fueron también pequeños y se encontraron a décimas del error del promedio móvil asimétrico de orden 12, no se validaron.

En el capítulo 2 se estudió la descomposición de una serie en sus componentes y se observó que debido a un cambio en la estructura de la serie de 1988 a 2005, el pronóstico resulta malo, sin embargo, una vez reduciendo el período de 2002 a 2005, el error cuadrático medio se minimiza (12.43), y pronóstico para enero del 2006 es de 67.37 usd/bl, estando poco menos de 2 dólares por arriba del valor real. Lo interesante de este capítulo fue la descomposición de la serie en sus componentes, apreciándose la tendencia, estacionalidad, ciclo y componente irregular en las gráficas (2-11, 2-12, 2-13 y 2-14, respectivamente).

Debido a los cambios de estructura que tiene la serie de los promedios mensuales de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX, el período utilizando en el modelo de descomposición no coincide con el período utilizado en los métodos de Brown, Holt y Holt Winters.

En el Capítulo 4 se analizaron los métodos de Brown y de Holt, para tendencia y de Holt-Winters para series con tendencia y estacionalidad. A pesar de que la serie estudiada es estacional, se le corrieron los modelos Holt y Brown bajo el supuesto de que no existía tal componente. Se corrieron varios períodos, pero por el cambio estructural que sufre la serie, los menores errores cuadráticos medio y la validación del modelo, el mejor período fue de 1999 a 2005. Los modelos de Brown y Holt se validaron en este período, sin embargo, el modelo de Holt Winters no se validó. El modelo de Brown aparentemente resulta ser el mejor pues su pronóstico fue el más cercano al valor real de la serie para enero de 2006 y su ECM el menor de los errores cuadrático medio.

En todos los modelos se observó que los pronósticos puntuales están lejanos a los valores reales, sin embargo, los pronósticos por intervalos muestran que con un determinado grado de confianza el valor real se encontrará en esa banda. Lo que provee de mayor confianza al pronóstico.

Se puede concluir que:

- Cuando las observaciones tienen una estructura inestable, los métodos de alisado tratan de combinar las observaciones pasadas para descubrir la estructura de la serie de datos.
- Debido a que detectan rápidamente los cambios estructurales de la serie, predicen mejor el corto plazo.
- Producen resultados satisfactorios incluso cuando el número de observaciones es limitado.

ANEXOS

Anexo para el Capítulo 2

Tabla (2-1)

Muestra el número de observaciones en cada promedio mensual y el promedio ajustado de la serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI.

Mes-Año	Días en el mes	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Ajuste del promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS
ene-88	20	\$17.15	\$18.01
feb-88	20	\$16.76	\$17.60
mar-88	23	\$16.18	\$14.77
abr-88	20	\$17.84	\$18.74
may-88	21	\$17.44	\$17.44
jun-88	22	\$16.54	\$15.78
jul-88	20	\$15.47	\$16.25
ago-88	23	\$15.53	\$14.18
sep-88	21	\$14.49	\$14.49
oct-88	21	\$13.81	\$13.81
nov-88	20	\$13.98	\$14.68
dic-88	21	\$16.28	\$16.28
ene-89	21	\$18.05	\$18.05
feb-89	19	\$17.86	\$19.74
mar-89	22	\$19.42	\$18.54
abr-89	20	\$21.11	\$22.17
may-89	22	\$20.12	\$19.20
jun-89	22	\$20.00	\$19.09
jul-89	19	\$19.66	\$21.73
ago-89	23	\$18.55	\$16.93
sep-89	20	\$19.60	\$20.58
oct-89	22	\$20.11	\$19.19
nov-89	21	\$19.83	\$19.83
dic-89	20	\$21.09	\$22.14

Cont. tabla (2-1)

Mes-Año	Días en el mes	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Ajuste del promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS
ene-90	22	\$22.64	\$21.61
feb-90	19	\$22.11	\$24.43
mar-90	22	\$20.41	\$19.48
abr-90	20	\$18.58	\$19.51
may-90	22	\$18.46	\$17.62
jun-90	21	\$16.86	\$16.86
jul-90	21	\$18.64	\$18.64
ago-90	22	\$27.18	\$25.95
sep-90	19	\$33.69	\$37.23
oct-90	23	\$35.92	\$32.79
nov-90	21	\$32.30	\$32.30
dic-90	19	\$27.16	\$30.02
ene-91	22	\$24.70	\$23.58
feb-91	19	\$20.54	\$22.70
mar-91	20	\$19.88	\$20.88
abr-91	22	\$20.82	\$19.87
may-91	22	\$21.25	\$20.28
jun-91	20	\$20.20	\$21.21
jul-91	22	\$21.43	\$20.45
ago-91	22	\$21.68	\$20.70
sep-91	20	\$21.86	\$22.95
oct-91	23	\$23.23	\$21.21
nov-91	20	\$22.43	\$23.55
dic-91	21	\$19.53	\$19.53
ene-92	22	\$18.82	\$17.96
feb-92	19	\$19.01	\$21.01
mar-92	22	\$18.95	\$18.09
abr-92	21	\$20.26	\$20.26
may-92	20	\$21.00	\$22.05
jun-92	22	\$22.36	\$21.34
jul-92	22	\$21.74	\$20.76
ago-92	21	\$21.29	\$21.29
sep-92	21	\$21.92	\$21.92
oct-92	22	\$21.71	\$20.72
nov-92	19	\$20.36	\$22.51
dic-92	21	\$19.41	\$19.41

Cont. tabla (2-1)

Mes-Año	Días en el mes	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Ajuste del promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS
ene-93	20	\$19.07	\$20.03
feb-93	20	\$20.07	\$21.07
mar-93	22	\$20.35	\$19.42
abr-93	21	\$20.33	\$20.33
may-93	20	\$19.98	\$20.98
jun-93	22	\$19.13	\$18.26
jul-93	21	\$17.90	\$17.90
ago-93	22	\$18.01	\$17.19
sep-93	21	\$17.52	\$17.52
oct-93	21	\$18.17	\$18.17
nov-93	20	\$16.74	\$17.57
dic-93	21	\$14.53	\$14.53
ene-94	21	\$15.02	\$15.02
feb-94	19	\$14.78	\$16.34
mar-94	23	\$14.65	\$13.38
abr-94	19	\$16.33	\$18.04
may-94	21	\$17.83	\$17.83
jun-94	22	\$19.07	\$18.20
jul-94	20	\$19.66	\$20.64
ago-94	23	\$18.38	\$16.78
sep-94	21	\$17.47	\$17.47
oct-94	21	\$17.71	\$17.71
nov-94	20	\$18.10	\$19.00
dic-94	21	\$17.16	\$17.16
ene-95	21	\$17.99	\$17.99
feb-95	19	\$18.53	\$20.49
mar-95	23	\$18.55	\$16.94
abr-95	19	\$19.89	\$21.98
may-95	22	\$19.74	\$18.84
jun-95	22	\$18.40	\$17.56
jul-95	19	\$17.26	\$19.07
ago-95	23	\$17.81	\$16.26
sep-95	20	\$18.21	\$19.12
oct-95	22	\$17.40	\$16.61
nov-95	20	\$18.00	\$18.90
dic-95	20	\$19.04	\$19.99

Cont. tabla (2-1)

Mes-Año	Días en el mes	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Ajuste del promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS
ene-96	21	\$18.70	\$18.70
feb-96	20	\$18.78	\$19.72
mar-96	21	\$21.18	\$21.18
abr-96	21	\$23.30	\$23.30
may-96	23	\$21.10	\$19.26
jun-96	20	\$20.43	\$21.45
jul-96	21	\$21.25	\$21.25
ago-96	22	\$21.91	\$20.91
sep-96	20	\$23.93	\$25.13
oct-96	23	\$24.90	\$22.73
nov-96	19	\$23.55	\$26.03
dic-96	21	\$25.12	\$25.12
ene-97	22	\$25.18	\$24.04
feb-97	19	\$22.17	\$24.51
mar-97	20	\$20.97	\$22.02
abr-97	22	\$19.73	\$18.83
may-97	21	\$20.87	\$20.87
jun-97	22	\$19.23	\$18.35
jul-97	22	\$19.66	\$18.77
ago-97	22	\$19.93	\$19.02
sep-97	21	\$19.78	\$19.78
oct-97	23	\$21.28	\$19.43
nov-97	18	\$20.22	\$23.59
dic-97	22	\$18.32	\$17.49
ene-98	20	\$16.73	\$17.56
feb-98	19	\$16.08	\$17.77
mar-98	22	\$15.04	\$14.36
abr-98	20	\$15.47	\$16.25
may-98	20	\$14.93	\$15.68
jun-98	22	\$13.67	\$13.05
jul-98	22	\$14.10	\$13.46
ago-98	21	\$13.38	\$13.38
sep-98	21	\$15.00	\$15.00
oct-98	22	\$14.42	\$13.76
nov-98	19	\$13.04	\$14.41
dic-98	22	\$11.33	\$10.81

Cont. tabla (2-1)

Mes-Año	Días en el mes	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Ajuste del promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS
ene-99	19	\$12.49	\$13.81
feb-99	19	\$12.02	\$13.29
mar-99	23	\$14.68	\$13.41
abr-99	21	\$17.30	\$17.30
may-99	20	\$17.77	\$18.66
jun-99	22	\$17.92	\$17.11
jul-99	21	\$20.10	\$20.10
ago-99	22	\$21.28	\$20.31
sep-99	21	\$23.79	\$23.79
oct-99	21	\$22.67	\$22.67
nov-99	20	\$24.77	\$26.00
dic-99	21	\$26.10	\$26.10
ene-00	20	\$26.90	\$28.24
feb-00	20	\$29.30	\$30.76
mar-00	23	\$29.89	\$27.29
abr-00	19	\$25.54	\$28.22
may-00	22	\$28.81	\$27.50
jun-00	22	\$31.53	\$30.10
jul-00	19	\$29.72	\$32.84
ago-00	23	\$31.14	\$28.43
sep-00	20	\$33.87	\$35.56
oct-00	22	\$32.93	\$31.44
nov-00	20	\$34.26	\$35.98
dic-00	20	\$28.40	\$29.82
ene-01	21	\$29.26	\$29.26
feb-01	19	\$29.64	\$32.77
mar-01	22	\$27.27	\$26.03
abr-01	20	\$27.62	\$29.00
may-01	22	\$28.68	\$27.38
jun-01	21	\$27.58	\$27.58
jul-01	21	\$26.47	\$26.47
ago-01	23	\$27.31	\$24.93
sep-01	16	\$25.93	\$34.03
oct-01	23	\$22.21	\$20.28
nov-01	20	\$19.67	\$20.65
dic-01	19	\$19.40	\$21.45

Cont. tabla (2-1)

Mes-Año	Días en el mes	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Ajuste del promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS
ene-02	21	\$19.73	\$19.73
feb-02	19	\$20.76	\$22.94
mar-02	20	\$24.44	\$25.66
abr-02	22	\$26.42	\$25.22
may-02	22	\$26.95	\$25.73
jun-02	20	\$25.55	\$26.82
jul-02	21	\$26.94	\$26.94
ago-02	22	\$28.20	\$26.92
sep-02	20	\$29.67	\$31.15
oct-02	23	\$28.86	\$26.35
nov-02	19	\$26.19	\$28.95
dic-02	21	\$29.39	\$29.39
ene-03	21	\$32.70	\$32.70
feb-03	19	\$35.73	\$39.49
mar-03	21	\$33.16	\$33.16
abr-03	21	\$28.14	\$28.14
may-03	21	\$28.07	\$28.07
jun-03	21	\$30.52	\$30.52
jul-03	22	\$30.70	\$29.31
ago-03	21	\$31.60	\$31.60
sep-03	21	\$28.31	\$28.31
oct-03	23	\$30.35	\$27.71
nov-03	18	\$31.06	\$36.23
dic-03	21	\$32.14	\$32.14
ene-04	19	\$34.22	\$37.83
feb-04	19	\$34.50	\$38.13
mar-04	23	\$36.72	\$33.53
abr-04	21	\$36.62	\$36.62
may-04	20	\$40.28	\$42.29
jun-04	21	\$38.05	\$38.05
jul-04	21	\$40.81	\$40.81
ago-04	22	\$44.88	\$42.84
sep-04	21	\$45.94	\$45.94
oct-04	21	\$53.09	\$53.09
nov-04	20	\$48.48	\$50.90
dic-04	21	\$43.26	\$43.26

Cont. tabla (2-1)

Mes-Año	Días en el mes	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Ajuste del promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS
ene-05	20	\$46.85	\$49.19
feb-05	19	\$48.05	\$53.11
mar-05	22	\$54.63	\$52.15
abr-05	21	\$53.22	\$53.22
may-05	21	\$49.87	\$49.87
jun-05	22	\$56.42	\$53.86
jul-05	20	\$59.03	\$61.98
ago-05	23	\$64.99	\$59.34
sep-05	21	\$65.55	\$65.55
oct-05	21	\$62.27	\$62.27
nov-05	20	\$58.34	\$61.26
dic-05	21	\$59.45	\$59.45

Tabla (2-3)

Serie ajustada a 21 días de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	d(t)	k(t)
Ene-88	\$18.01		
Feb-88	\$17.60		
Mar-88	\$14.77		
Abr-88	\$18.74		
May-88	\$17.44		
Jun-88	\$15.78		
Jul-88	\$16.25		
Ago-88	\$14.18		
Sep-88	\$14.49		
Oct-88	\$13.81		
Nov-88	\$14.68		
Dic-88	\$16.28		
Ene-89	\$18.05	0.04	1.00
Feb-89	\$19.74	2.14	1.12
Mar-89	\$18.54	3.76	1.25
Abr-89	\$22.17	3.43	1.18
May-89	\$19.20	1.76	1.10
Jun-89	\$19.09	3.31	1.21
Jul-89	\$21.73	5.48	1.34
Ago-89	\$16.93	2.76	1.19
Sep-89	\$20.58	6.09	1.42
Oct-89	\$19.19	5.38	1.39
Nov-89	\$19.83	5.15	1.35
Dic-89	\$22.14	5.86	1.36
Ene-90	\$21.61	3.56	1.20
Feb-90	\$24.43	4.69	1.24
Mar-90	\$19.48	0.95	1.05
Abr-90	\$19.51	(2.65)	0.88
May-90	\$17.62	(1.58)	0.92
Jun-90	\$16.86	(2.23)	0.88
Jul-90	\$18.64	(3.09)	0.86
Ago-90	\$25.95	9.01	1.53
Sep-90	\$37.23	16.66	1.81
Oct-90	\$32.79	13.60	1.71
Nov-90	\$32.30	12.47	1.63
Dic-90	\$30.02	7.88	1.36

Cont. Tabla (2-3)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	d(t)	k(t)
Ene-91	\$23.58	1.97	1.09
Feb-91	\$22.70	(1.73)	0.93
Mar-91	\$20.88	1.39	1.07
Abr-91	\$19.87	0.36	1.02
May-91	\$20.28	2.66	1.15
Jun-91	\$21.21	4.35	1.26
Jul-91	\$20.45	1.81	1.10
Ago-91	\$20.70	(5.25)	0.80
Sep-91	\$22.95	(14.28)	0.62
Oct-91	\$21.21	(11.59)	0.65
Nov-91	\$23.55	(8.75)	0.73
Dic-91	\$19.53	(10.49)	0.65
Ene-92	\$17.96	(5.61)	0.76
Feb-92	\$21.01	(1.69)	0.93
Mar-92	\$18.09	(2.79)	0.87
Abr-92	\$20.26	0.39	1.02
May-92	\$22.05	1.77	1.09
Jun-92	\$21.34	0.13	1.01
Jul-92	\$20.76	0.30	1.01
Ago-92	\$21.29	0.59	1.03
Sep-92	\$21.92	(1.03)	0.95
Oct-92	\$20.72	(0.49)	0.98
Nov-92	\$22.51	(1.04)	0.96
Dic-92	\$19.41	(0.13)	0.99
Ene-93	\$20.03	2.06	1.11
Feb-93	\$21.07	0.07	1.00
Mar-93	\$19.42	1.33	1.07
Abr-93	\$20.33	0.07	1.00
May-93	\$20.98	(1.07)	0.95
Jun-93	\$18.26	(3.08)	0.86
Jul-93	\$17.90	(2.86)	0.86
Ago-93	\$17.19	(4.09)	0.81
Sep-93	\$17.52	(4.40)	0.80
Oct-93	\$18.17	(2.55)	0.88
Nov-93	\$17.57	(4.93)	0.78
Dic-93	\$14.53	(4.87)	0.75

Cont. Tabla (2-3)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	d(t)	k(t)
Ene-94	\$15.02	(5.01)	0.75
Feb-94	\$16.34	(4.74)	0.78
Mar-94	\$13.38	(6.04)	0.69
Abr-94	\$18.04	(2.28)	0.89
May-94	\$17.83	(3.15)	0.85
Jun-94	\$18.20	(0.06)	1.00
Jul-94	\$20.64	2.74	1.15
Ago-94	\$16.78	(0.41)	0.98
Sep-94	\$17.47	(0.05)	1.00
Oct-94	\$17.71	(0.46)	0.97
Nov-94	\$19.00	1.43	1.08
Dic-94	\$17.16	2.62	1.18
Ene-95	\$17.99	2.97	1.20
Feb-95	\$20.49	4.15	1.25
Mar-95	\$16.94	3.56	1.27
Abr-95	\$21.98	3.94	1.22
May-95	\$18.84	1.02	1.06
Jun-95	\$17.56	(0.64)	0.96
Jul-95	\$19.07	(1.57)	0.92
Ago-95	\$16.26	(0.52)	0.97
Sep-95	\$19.12	1.65	1.09
Oct-95	\$16.61	(1.10)	0.94
Nov-95	\$18.90	(0.10)	0.99
Dic-95	\$19.99	2.83	1.17
Ene-96	\$18.70	0.71	1.04
Feb-96	\$19.72	(0.76)	0.96
Mar-96	\$21.18	4.24	1.25
Abr-96	\$23.30	1.31	1.06
May-96	\$19.26	0.42	1.02
Jun-96	\$21.45	3.89	1.22
Jul-96	\$21.25	2.18	1.11
Ago-96	\$20.91	4.65	1.29
Sep-96	\$25.13	6.01	1.31
Oct-96	\$22.73	6.13	1.37
Nov-96	\$26.03	7.13	1.38
Dic-96	\$25.12	5.13	1.26

Cont. Tabla (2-3)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	d(t)	k(t)
Ene-97	\$24.04	5.34	1.29
Feb-97	\$24.51	4.78	1.24
Mar-97	\$22.02	0.84	1.04
Abr-97	\$18.83	(4.47)	0.81
May-97	\$20.87	1.61	1.08
Jun-97	\$18.35	(3.10)	0.86
Jul-97	\$18.77	(2.48)	0.88
Ago-97	\$19.02	(1.89)	0.91
Sep-97	\$19.78	(5.35)	0.79
Oct-97	\$19.43	(3.30)	0.85
Nov-97	\$23.59	(2.44)	0.91
Dic-97	\$17.49	(7.64)	0.70
Ene-98	\$17.56	(6.47)	0.73
Feb-98	\$17.77	(6.73)	0.73
Mar-98	\$14.36	(7.66)	0.65
Abr-98	\$16.25	(2.58)	0.86
May-98	\$15.68	(5.19)	0.75
Jun-98	\$13.05	(5.31)	0.71
Jul-98	\$13.46	(5.30)	0.72
Ago-98	\$13.38	(5.64)	0.70
Sep-98	\$15.00	(4.78)	0.76
Oct-98	\$13.76	(5.67)	0.71
Nov-98	\$14.41	(9.18)	0.61
Dic-98	\$10.81	(6.68)	0.62
Ene-99	\$13.81	(3.76)	0.79
Feb-99	\$13.29	(4.49)	0.75
Mar-99	\$13.41	(0.96)	0.93
Abr-99	\$17.30	1.06	1.07
May-99	\$18.66	2.98	1.19
Jun-99	\$17.11	4.06	1.31
Jul-99	\$20.10	6.63	1.49
Ago-99	\$20.31	6.93	1.52
Sep-99	\$23.79	8.79	1.59
Oct-99	\$22.67	8.91	1.65
Nov-99	\$26.00	11.59	1.80
Dic-99	\$26.10	15.29	2.41

Cont. Tabla (2-3)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	d(t)	k(t)
Ene-00	\$28.24	14.44	2.05
Feb-00	\$30.76	17.48	2.32
Mar-00	\$27.29	13.89	2.04
Abr-00	\$28.22	10.92	1.63
May-00	\$27.50	8.84	1.47
Jun-00	\$30.10	12.99	1.76
Jul-00	\$32.84	12.75	1.63
Ago-00	\$28.43	8.12	1.40
Sep-00	\$35.56	11.77	1.49
Oct-00	\$31.44	8.76	1.39
Nov-00	\$35.98	9.97	1.38
Dic-00	\$29.82	3.72	1.14
Ene-01	\$29.26	1.02	1.04
Feb-01	\$32.77	2.00	1.07
Mar-01	\$26.03	(1.26)	0.95
Abr-01	\$29.00	0.78	1.03
May-01	\$27.38	(0.12)	1.00
Jun-01	\$27.58	(2.51)	0.92
Jul-01	\$26.47	(6.38)	0.81
Ago-01	\$24.93	(3.50)	0.88
Sep-01	\$34.03	(1.53)	0.96
Oct-01	\$20.28	(11.15)	0.65
Nov-01	\$20.65	(15.32)	0.57
Dic-01	\$21.45	(8.37)	0.72
Ene-02	\$19.73	(9.53)	0.67
Feb-02	\$22.94	(9.82)	0.70
Mar-02	\$25.66	(0.37)	0.99
Abr-02	\$25.22	(3.78)	0.87
May-02	\$25.73	(1.65)	0.94
Jun-02	\$26.82	(0.76)	0.97
Jul-02	\$26.94	0.47	1.02
Ago-02	\$26.92	1.98	1.08
Sep-02	\$31.15	(2.87)	0.92
Oct-02	\$26.35	6.07	1.30
Nov-02	\$28.95	8.29	1.40
Dic-02	\$29.39	7.95	1.37

Cont. Tabla (2-3)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	d(t)	k(t)
Ene-03	\$32.70	12.97	1.66
Feb-03	\$39.49	16.55	1.72
Mar-03	\$33.16	7.49	1.29
Abr-03	\$28.14	2.91	1.12
May-03	\$28.07	2.34	1.09
Jun-03	\$30.52	3.70	1.14
Jul-03	\$29.31	2.37	1.09
Ago-03	\$31.60	4.68	1.17
Sep-03	\$28.31	(2.84)	0.91
Oct-03	\$27.71	1.35	1.05
Nov-03	\$36.23	7.29	1.25
Dic-03	\$32.14	2.75	1.09
Ene-04	\$37.83	5.13	1.16
Feb-04	\$38.13	(1.36)	0.97
Mar-04	\$33.53	0.37	1.01
Abr-04	\$36.62	8.48	1.30
May-04	\$42.29	14.22	1.51
Jun-04	\$38.05	7.53	1.25
Jul-04	\$40.81	11.50	1.39
Ago-04	\$42.84	11.25	1.36
Sep-04	\$45.94	17.63	1.62
Oct-04	\$53.09	25.39	1.92
Nov-04	\$50.90	14.67	1.40
Dic-04	\$43.26	11.11	1.35
Ene-05	\$49.19	11.37	1.30
Feb-05	\$53.11	14.98	1.39
Mar-05	\$52.15	18.62	1.56
Abr-05	\$53.22	16.60	1.45
May-05	\$49.87	7.58	1.18
Jun-05	\$53.86	15.81	1.42
Jul-05	\$61.98	21.17	1.52
Ago-05	\$59.34	16.50	1.39
Sep-05	\$65.55	19.62	1.43
Oct-05	\$62.27	9.17	1.17
Nov-05	\$61.26	10.36	1.20
Dic-05	\$59.45	16.19	1.37

Tabla (2-6)

Cálculo de IBVE

Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Serie Y(T) = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	Promedio móvil de orden 12 sobre Y(t)	Promedio móvil de orden 12 sobre Y(t)	Promedio móvil centrado de orden 12 sobre Y(t)	IBVE = Y(t) / Promedio móvil centrado de orden 12
Ene-88	\$18.01				
Feb-88	\$17.60				
Mar-88	\$14.77				
Abr-88	\$18.74				
May-88	\$17.44				
Jun-88	\$15.78	\$16.00			
Jul-88	\$16.25	\$16.01	\$16.00	\$16.00	1.0153
Ago-88	\$14.18	\$16.18	\$16.01	\$16.10	0.8809
Sep-88	\$14.49	\$16.50	\$16.18	\$16.34	0.8865
Oct-88	\$13.81	\$16.78	\$16.50	\$16.64	0.8301
Nov-88	\$14.68	\$16.93	\$16.78	\$16.86	0.8707
Dic-88	\$16.28	\$17.21	\$16.93	\$17.07	0.9540
Ene-89	\$18.05	\$17.66	\$17.21	\$17.44	1.0355
Feb-89	\$19.74	\$17.89	\$17.66	\$17.78	1.1104
Mar-89	\$18.54	\$18.40	\$17.89	\$18.15	1.0214
Abr-89	\$22.17	\$18.85	\$18.40	\$18.62	1.1901
May-89	\$19.20	\$19.28	\$18.85	\$19.06	1.0072
Jun-89	\$19.09	\$19.77	\$19.28	\$19.52	0.9780
Jul-89	\$21.73	\$20.06	\$19.77	\$19.91	1.0911
Ago-89	\$16.93	\$20.45	\$20.06	\$20.26	0.8359
Sep-89	\$20.58	\$20.53	\$20.45	\$20.49	1.0040
Oct-89	\$19.19	\$20.31	\$20.53	\$20.42	0.9398
Nov-89	\$19.83	\$20.18	\$20.31	\$20.25	0.9794
Dic-89	\$22.14	\$19.99	\$20.18	\$20.09	1.1024
Ene-90	\$21.61	\$19.74	\$19.99	\$19.87	1.0878
Feb-90	\$24.43	\$20.49	\$19.74	\$20.11	1.2149
Mar-90	\$19.48	\$21.88	\$20.49	\$21.18	0.9198
Abr-90	\$19.51	\$23.01	\$21.88	\$22.44	0.8694
May-90	\$17.62	\$24.05	\$23.01	\$23.53	0.7489
Jun-90	\$16.86	\$24.71	\$24.05	\$24.38	0.6917
Jul-90	\$18.64	\$24.87	\$24.71	\$24.79	0.7520
Ago-90	\$25.95	\$24.72	\$24.87	\$24.80	1.0465
Sep-90	\$37.23	\$24.84	\$24.72	\$24.78	1.5024
Oct-90	\$32.79	\$24.87	\$24.84	\$24.86	1.3194
Nov-90	\$32.30	\$25.09	\$24.87	\$24.98	1.2930
Dic-90	\$30.02	\$25.46	\$25.09	\$25.27	1.1879

Cont. Tabla (2-6)

Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Serie Y(T) = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	Promedio móvil de orden 12 sobre Y(t)	Promedio móvil de orden 12 sobre Y(t)	Promedio móvil centrado de orden 12 sobre Y(t)	IBVE = Y(t) / Promedio móvil centrado de orden 12
Ene-91	\$23.58	\$25.61	\$25.46	\$25.53	0.9235
Feb-91	\$22.70	\$25.17	\$25.61	\$25.39	0.8941
Mar-91	\$20.88	\$23.98	\$25.17	\$24.57	0.8496
Abr-91	\$19.87	\$23.01	\$23.98	\$23.50	0.8457
May-91	\$20.28	\$22.28	\$23.01	\$22.65	0.8955
Jun-91	\$21.21	\$21.41	\$22.28	\$21.85	0.9710
Jul-91	\$20.45	\$20.94	\$21.41	\$21.18	0.9659
Ago-91	\$20.70	\$20.80	\$20.94	\$20.87	0.9916
Sep-91	\$22.95	\$20.57	\$20.80	\$20.68	1.1095
Oct-91	\$21.21	\$20.60	\$20.57	\$20.58	1.0304
Nov-91	\$23.55	\$20.75	\$20.60	\$20.67	1.1393
Dic-91	\$19.53	\$20.76	\$20.75	\$20.75	0.9412
Ene-92	\$17.96	\$20.78	\$20.76	\$20.77	0.8649
Feb-92	\$21.01	\$20.83	\$20.78	\$20.81	1.0095
Mar-92	\$18.09	\$20.75	\$20.83	\$20.79	0.8700
Abr-92	\$20.26	\$20.71	\$20.75	\$20.73	0.9774
May-92	\$22.05	\$20.62	\$20.71	\$20.66	1.0670
Jun-92	\$21.34	\$20.61	\$20.62	\$20.61	1.0354
Jul-92	\$20.76	\$20.78	\$20.61	\$20.69	1.0030
Ago-92	\$21.29	\$20.79	\$20.78	\$20.78	1.0243
Sep-92	\$21.92	\$20.90	\$20.79	\$20.84	1.0516
Oct-92	\$20.72	\$20.90	\$20.90	\$20.90	0.9914
Nov-92	\$22.51	\$20.81	\$20.90	\$20.86	1.0791
Dic-92	\$19.41	\$20.56	\$20.81	\$20.68	0.9381
Ene-93	\$20.03	\$20.32	\$20.56	\$20.44	0.9799
Feb-93	\$21.07	\$19.98	\$20.32	\$20.15	1.0460
Mar-93	\$19.42	\$19.61	\$19.98	\$19.79	0.9811
Abr-93	\$20.33	\$19.40	\$19.61	\$19.50	1.0421
May-93	\$20.98	\$18.99	\$19.40	\$19.19	1.0930
Jun-93	\$18.26	\$18.58	\$18.99	\$18.78	0.9723
Jul-93	\$17.90	\$18.16	\$18.58	\$18.37	0.9740
Ago-93	\$17.19	\$17.77	\$18.16	\$17.97	0.9570
Sep-93	\$17.52	\$17.27	\$17.77	\$17.52	1.0001
Oct-93	\$18.17	\$17.08	\$17.27	\$17.17	1.0583
Nov-93	\$17.57	\$16.81	\$17.08	\$16.94	1.0371
Dic-93	\$14.53	\$16.81	\$16.81	\$16.81	0.8645

Cont. Tabla (2-6)

Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Serie Y(T) = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	Promedio móvil de orden 12 sobre Y(t)	Promedio móvil de orden 12 sobre Y(t)	Promedio móvil centrado de orden 12 sobre Y(t)	IBVE = Y(t) / Promedio móvil centrado de orden 12
Ene-94	\$15.02	\$17.04	\$16.81	\$16.92	0.8876
Feb-94	\$16.34	\$17.00	\$17.04	\$17.02	0.9599
Mar-94	\$13.38	\$17.00	\$17.00	\$17.00	0.7870
Abr-94	\$18.04	\$16.96	\$17.00	\$16.98	1.0628
May-94	\$17.83	\$17.08	\$16.96	\$17.02	1.0474
Jun-94	\$18.20	\$17.30	\$17.08	\$17.19	1.0590
Jul-94	\$20.64	\$17.54	\$17.30	\$17.42	1.1848
Ago-94	\$16.78	\$17.89	\$17.54	\$17.72	0.9471
Sep-94	\$17.47	\$18.19	\$17.89	\$18.04	0.9683
Oct-94	\$17.71	\$18.52	\$18.19	\$18.35	0.9651
Nov-94	\$19.00	\$18.60	\$18.52	\$18.56	1.0239
Dic-94	\$17.16	\$18.55	\$18.60	\$18.57	0.9237
Ene-95	\$17.99	\$18.42	\$18.55	\$18.48	0.9736
Feb-95	\$20.49	\$18.37	\$18.42	\$18.39	1.1137
Mar-95	\$16.94	\$18.51	\$18.37	\$18.44	0.9186
Abr-95	\$21.98	\$18.42	\$18.51	\$18.47	1.1904
May-95	\$18.84	\$18.41	\$18.42	\$18.41	1.0233
Jun-95	\$17.56	\$18.65	\$18.41	\$18.53	0.9480
Jul-95	\$19.07	\$18.71	\$18.65	\$18.68	1.0213
Ago-95	\$16.26	\$18.64	\$18.71	\$18.67	0.8709
Sep-95	\$19.12	\$19.00	\$18.64	\$18.82	1.0159
Oct-95	\$16.61	\$19.10	\$19.00	\$19.05	0.8718
Nov-95	\$18.90	\$19.14	\$19.10	\$19.12	0.9883
Dic-95	\$19.99	\$19.46	\$19.14	\$19.30	1.0356
Ene-96	\$18.70	\$19.65	\$19.46	\$19.55	0.9563
Feb-96	\$19.72	\$20.03	\$19.65	\$19.84	0.9941
Mar-96	\$21.18	\$20.53	\$20.03	\$20.28	1.0443
Abr-96	\$23.30	\$21.04	\$20.53	\$20.79	1.1206
May-96	\$19.26	\$21.64	\$21.04	\$21.34	0.9026
Jun-96	\$21.45	\$22.07	\$21.64	\$21.85	0.9817
Jul-96	\$21.25	\$22.51	\$22.07	\$22.29	0.9534
Ago-96	\$20.91	\$22.91	\$22.51	\$22.71	0.9208
Sep-96	\$25.13	\$22.98	\$22.91	\$22.94	1.0952
Oct-96	\$22.73	\$22.61	\$22.98	\$22.79	0.9973
Nov-96	\$26.03	\$22.74	\$22.61	\$22.67	1.1480
Dic-96	\$25.12	\$22.48	\$22.74	\$22.61	1.1111

Cont. Tabla (2-6)

Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Serie Y(T) = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	Promedio móvil de orden 12 sobre Y(t)	Promedio móvil de orden 12 sobre Y(t)	Promedio móvil centrado de orden 12 sobre Y(t)	IBVE = Y(t) / Promedio móvil centrado de orden 12
Ene-97	\$24.04	\$22.28	\$22.48	\$22.38	1.0740
Feb-97	\$24.51	\$22.12	\$22.28	\$22.20	1.1040
Mar-97	\$22.02	\$21.67	\$22.12	\$21.90	1.0058
Abr-97	\$18.83	\$21.40	\$21.67	\$21.54	0.8744
May-97	\$20.87	\$21.19	\$21.40	\$21.30	0.9801
Jun-97	\$18.35	\$20.56	\$21.19	\$20.88	0.8792
Jul-97	\$18.77	\$20.02	\$20.56	\$20.29	0.9249
Ago-97	\$19.02	\$19.46	\$20.02	\$19.74	0.9639
Sep-97	\$19.78	\$18.82	\$19.46	\$19.14	1.0334
Oct-97	\$19.43	\$18.60	\$18.82	\$18.71	1.0383
Nov-97	\$23.59	\$18.17	\$18.60	\$18.39	1.2830
Dic-97	\$17.49	\$17.73	\$18.17	\$17.95	0.9742
Ene-98	\$17.56	\$17.29	\$17.73	\$17.51	1.0032
Feb-98	\$17.77	\$16.82	\$17.29	\$17.05	1.0423
Mar-98	\$14.36	\$16.42	\$16.82	\$16.62	0.8642
Abr-98	\$16.25	\$15.95	\$16.42	\$16.18	1.0039
May-98	\$15.68	\$15.18	\$15.95	\$15.56	1.0075
Jun-98	\$13.05	\$14.63	\$15.18	\$14.90	0.8755
Jul-98	\$13.46	\$14.31	\$14.63	\$14.47	0.9305
Ago-98	\$13.38	\$13.94	\$14.31	\$14.12	0.9474
Sep-98	\$15.00	\$13.86	\$13.94	\$13.90	1.0792
Oct-98	\$13.76	\$13.95	\$13.86	\$13.90	0.9897
Nov-98	\$14.41	\$14.19	\$13.95	\$14.07	1.0243
Dic-98	\$10.81	\$14.53	\$14.19	\$14.36	0.7527
Ene-99	\$13.81	\$15.09	\$14.53	\$14.81	0.9322
Feb-99	\$13.29	\$15.66	\$15.09	\$15.37	0.8642
Mar-99	\$13.41	\$16.40	\$15.66	\$16.03	0.8363
Abr-99	\$17.30	\$17.14	\$16.40	\$16.77	1.0319
May-99	\$18.66	\$18.10	\$17.14	\$17.62	1.0589
Jun-99	\$17.11	\$19.38	\$18.10	\$18.74	0.9127
Jul-99	\$20.10	\$20.58	\$19.38	\$19.98	1.0058
Ago-99	\$20.31	\$22.04	\$20.58	\$21.31	0.9532
Sep-99	\$23.79	\$23.20	\$22.04	\$22.62	1.0518
Oct-99	\$22.67	\$24.11	\$23.20	\$23.65	0.9587
Nov-99	\$26.00	\$24.84	\$24.11	\$24.47	1.0626
Dic-99	\$26.10	\$25.92	\$24.84	\$25.38	1.0283

Cont. Tabla (2-6)

Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Serie Y(T) = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	Promedio móvil de orden 12 sobre Y(t)	Promedio móvil de orden 12 sobre Y(t)	Promedio móvil centrado de orden 12 sobre Y(t)	IBVE = Y(t) / Promedio móvil centrado de orden 12
Ene-00	\$28.24	\$26.99	\$25.92	\$26.46	1.0675
Feb-00	\$30.76	\$27.66	\$26.99	\$27.33	1.1258
Mar-00	\$27.29	\$28.64	\$27.66	\$28.15	0.9695
Abr-00	\$28.22	\$29.37	\$28.64	\$29.01	0.9730
May-00	\$27.50	\$30.21	\$29.37	\$29.79	0.9230
Jun-00	\$30.10	\$30.52	\$30.21	\$30.36	0.9913
Jul-00	\$32.84	\$30.60	\$30.52	\$30.56	1.0748
Ago-00	\$28.43	\$30.77	\$30.60	\$30.68	0.9266
Sep-00	\$35.56	\$30.66	\$30.77	\$30.71	1.1578
Oct-00	\$31.44	\$30.73	\$30.66	\$30.69	1.0242
Nov-00	\$35.98	\$30.72	\$30.73	\$30.72	1.1710
Dic-00	\$29.82	\$30.51	\$30.72	\$30.61	0.9741
Ene-01	\$29.26	\$29.98	\$30.51	\$30.24	0.9675
Feb-01	\$32.77	\$29.68	\$29.98	\$29.83	1.0984
Mar-01	\$26.03	\$29.56	\$29.68	\$29.62	0.8788
Abr-01	\$29.00	\$28.63	\$29.56	\$29.09	0.9969
May-01	\$27.38	\$27.35	\$28.63	\$27.99	0.9783
Jun-01	\$27.58	\$26.65	\$27.35	\$27.00	1.0216
Jul-01	\$26.47	\$25.86	\$26.65	\$26.26	1.0081
Ago-01	\$24.93	\$25.04	\$25.86	\$25.45	0.9798
Sep-01	\$34.03	\$25.01	\$25.04	\$25.02	1.3598
Oct-01	\$20.28	\$24.69	\$25.01	\$24.85	0.8161
Nov-01	\$20.65	\$24.56	\$24.69	\$24.63	0.8387
Dic-01	\$21.45	\$24.49	\$24.56	\$24.52	0.8745
Ene-02	\$19.73	\$24.53	\$24.49	\$24.51	0.8048
Feb-02	\$22.94	\$24.70	\$24.53	\$24.62	0.9320
Mar-02	\$25.66	\$24.46	\$24.70	\$24.58	1.0442
Abr-02	\$25.22	\$24.96	\$24.46	\$24.71	1.0207
May-02	\$25.73	\$25.66	\$24.96	\$25.31	1.0165
Jun-02	\$26.82	\$26.32	\$25.66	\$25.99	1.0322
Jul-02	\$26.94	\$27.40	\$26.32	\$26.86	1.0030
Ago-02	\$26.92	\$28.78	\$27.40	\$28.09	0.9583
Sep-02	\$31.15	\$29.40	\$28.78	\$29.09	1.0709
Oct-02	\$26.35	\$29.65	\$29.40	\$29.52	0.8926
Nov-02	\$28.95	\$29.84	\$29.65	\$29.74	0.9732
Dic-02	\$29.39	\$30.15	\$29.84	\$29.99	0.9800

Cont. Tabla (2-6)

Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Serie Y(T) = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	Promedio móvil de orden 12 sobre Y(t)	Promedio móvil de orden 12 sobre Y(t)	Promedio móvil centrado de orden 12 sobre Y(t)	IBVE = Y(t) / Promedio móvil centrado de orden 12
Ene-03	\$32.70	\$30.35	\$30.15	\$30.25	1.0811
Feb-03	\$39.49	\$30.74	\$30.35	\$30.54	1.2932
Mar-03	\$33.16	\$30.50	\$30.74	\$30.62	1.0829
Abr-03	\$28.14	\$30.61	\$30.50	\$30.56	0.9208
May-03	\$28.07	\$31.22	\$30.61	\$30.92	0.9080
Jun-03	\$30.52	\$31.45	\$31.22	\$31.33	0.9740
Jul-03	\$29.31	\$31.88	\$31.45	\$31.66	0.9256
Ago-03	\$31.60	\$31.76	\$31.88	\$31.82	0.9931
Sep-03	\$28.31	\$31.79	\$31.76	\$31.78	0.8909
Oct-03	\$27.71	\$32.50	\$31.79	\$32.15	0.8619
Nov-03	\$36.23	\$33.68	\$32.50	\$33.09	1.0949
Dic-03	\$32.14	\$34.31	\$33.68	\$34.00	0.9454
Ene-04	\$37.83	\$35.27	\$34.31	\$34.79	1.0873
Feb-04	\$38.13	\$36.21	\$35.27	\$35.74	1.0670
Mar-04	\$33.53	\$37.68	\$36.21	\$36.94	0.9075
Abr-04	\$36.62	\$39.79	\$37.68	\$38.73	0.9453
May-04	\$42.29	\$41.01	\$39.79	\$40.40	1.0468
Jun-04	\$38.05	\$41.94	\$41.01	\$41.48	0.9174
Jul-04	\$40.81	\$42.89	\$41.94	\$42.41	0.9621
Ago-04	\$42.84	\$44.14	\$42.89	\$43.51	0.9846
Sep-04	\$45.94	\$45.69	\$44.14	\$44.91	1.0228
Oct-04	\$53.09	\$47.07	\$45.69	\$46.38	1.1448
Nov-04	\$50.90	\$47.70	\$47.07	\$47.39	1.0741
Dic-04	\$43.26	\$49.02	\$47.70	\$48.36	0.8944
Ene-05	\$49.19	\$50.78	\$49.02	\$49.90	0.9858
Feb-05	\$53.11	\$52.16	\$50.78	\$51.47	1.0319
Mar-05	\$52.15	\$53.79	\$52.16	\$52.98	0.9843
Abr-05	\$53.22	\$54.56	\$53.79	\$54.18	0.9823
May-05	\$49.87	\$55.42	\$54.56	\$54.99	0.9069
Jun-05	\$53.86	\$56.77	\$55.42	\$56.10	0.9601
Jul-05	\$61.98				
Ago-05	\$59.34				
Sep-05	\$65.55				
Oct-05	\$62.27				
Nov-05	\$61.26				
Dic-05	\$59.45				

Tabla (2-8)

Desestacionalización de la serie

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	IVEN	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX Desestacionalizada por IVEN USD/BLS
Ene-88	\$18.01	0.9879	\$18.23
Feb-88	\$17.60	1.0582	\$16.63
Mar-88	\$14.77	0.9437	\$15.65
Abr-88	\$18.74	1.0077	\$18.59
May-88	\$17.44	0.9819	\$17.76
Jun-88	\$15.78	0.9576	\$16.48
Jul-88	\$16.25	0.9928	\$16.37
Ago-88	\$14.18	0.9565	\$14.82
Sep-88	\$14.49	1.0817	\$13.39
Oct-88	\$13.81	0.9889	\$13.97
Nov-88	\$14.68	1.0688	\$13.73
Dic-88	\$16.28	0.9743	\$16.71
Ene-89	\$18.05	0.9879	\$18.28
Feb-89	\$19.74	1.0582	\$18.66
Mar-89	\$18.54	0.9437	\$19.64
Abr-89	\$22.17	1.0077	\$22.00
May-89	\$19.20	0.9819	\$19.56
Jun-89	\$19.09	0.9576	\$19.94
Jul-89	\$21.73	0.9928	\$21.89
Ago-89	\$16.93	0.9565	\$17.70
Sep-89	\$20.58	1.0817	\$19.02
Oct-89	\$19.19	0.9889	\$19.41
Nov-89	\$19.83	1.0688	\$18.55
Dic-89	\$22.14	0.9743	\$22.73
Ene-90	\$21.61	0.9879	\$21.88
Feb-90	\$24.43	1.0582	\$23.09
Mar-90	\$19.48	0.9437	\$20.65
Abr-90	\$19.51	1.0077	\$19.36
May-90	\$17.62	0.9819	\$17.95
Jun-90	\$16.86	0.9576	\$17.61
Jul-90	\$18.64	0.9928	\$18.78
Ago-90	\$25.95	0.9565	\$27.13
Sep-90	\$37.23	1.0817	\$34.42
Oct-90	\$32.79	0.9889	\$33.16
Nov-90	\$32.30	1.0688	\$30.22
Dic-90	\$30.02	0.9743	\$30.82

Cont. Tabla (2-8)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	IVEN	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX Desestacionalizada por IVEN USD/BLS
----------------	---	-------------	---

Ene-91	\$23.58	0.9879	\$23.87
Feb-91	\$22.70	1.0582	\$21.45
Mar-91	\$20.88	0.9437	\$22.12
Abr-91	\$19.87	1.0077	\$19.72
May-91	\$20.28	0.9819	\$20.65
Jun-91	\$21.21	0.9576	\$22.15
Jul-91	\$20.45	0.9928	\$20.60
Ago-91	\$20.70	0.9565	\$21.64
Sep-91	\$22.95	1.0817	\$21.22
Oct-91	\$21.21	0.9889	\$21.45
Nov-91	\$23.55	1.0688	\$22.04
Dic-91	\$19.53	0.9743	\$20.05
Ene-92	\$17.96	0.9879	\$18.18
Feb-92	\$21.01	1.0582	\$19.85
Mar-92	\$18.09	0.9437	\$19.17
Abr-92	\$20.26	1.0077	\$20.10
May-92	\$22.05	0.9819	\$22.45
Jun-92	\$21.34	0.9576	\$22.29
Jul-92	\$20.76	0.9928	\$20.91
Ago-92	\$21.29	0.9565	\$22.25
Sep-92	\$21.92	1.0817	\$20.26
Oct-92	\$20.72	0.9889	\$20.95
Nov-92	\$22.51	1.0688	\$21.06
Dic-92	\$19.41	0.9743	\$19.92
Ene-93	\$20.03	0.9879	\$20.27
Feb-93	\$21.07	1.0582	\$19.92
Mar-93	\$19.42	0.9437	\$20.58
Abr-93	\$20.33	1.0077	\$20.17
May-93	\$20.98	0.9819	\$21.37
Jun-93	\$18.26	0.9576	\$19.07
Jul-93	\$17.90	0.9928	\$18.03
Ago-93	\$17.19	0.9565	\$17.98
Sep-93	\$17.52	1.0817	\$16.20
Oct-93	\$18.17	0.9889	\$18.38
Nov-93	\$17.57	1.0688	\$16.44
Dic-93	\$14.53	0.9743	\$14.92

Cont. Tabla (2-8)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	IVEN	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX Desestacionalizada por IVEN USD/BLS
Ene-94	\$15.02	0.9879	\$15.21
Feb-94	\$16.34	1.0582	\$15.44
Mar-94	\$13.38	0.9437	\$14.18
Abr-94	\$18.04	1.0077	\$17.91
May-94	\$17.83	0.9819	\$18.16
Jun-94	\$18.20	0.9576	\$19.01
Jul-94	\$20.64	0.9928	\$20.79
Ago-94	\$16.78	0.9565	\$17.54
Sep-94	\$17.47	1.0817	\$16.15
Oct-94	\$17.71	0.9889	\$17.91
Nov-94	\$19.00	1.0688	\$17.78
Dic-94	\$17.16	0.9743	\$17.61
Ene-95	\$17.99	0.9879	\$18.21
Feb-95	\$20.49	1.0582	\$19.36
Mar-95	\$16.94	0.9437	\$17.95
Abr-95	\$21.98	1.0077	\$21.81
May-95	\$18.84	0.9819	\$19.19
Jun-95	\$17.56	0.9576	\$18.34
Jul-95	\$19.07	0.9928	\$19.21
Ago-95	\$16.26	0.9565	\$17.00
Sep-95	\$19.12	1.0817	\$17.67
Oct-95	\$16.61	0.9889	\$16.79
Nov-95	\$18.90	1.0688	\$17.68
Dic-95	\$19.99	0.9743	\$20.52
Ene-96	\$18.70	0.9879	\$18.93
Feb-96	\$19.72	1.0582	\$18.64
Mar-96	\$21.18	0.9437	\$22.44
Abr-96	\$23.30	1.0077	\$23.12
May-96	\$19.26	0.9819	\$19.62
Jun-96	\$21.45	0.9576	\$22.40
Jul-96	\$21.25	0.9928	\$21.40
Ago-96	\$20.91	0.9565	\$21.86
Sep-96	\$25.13	1.0817	\$23.23
Oct-96	\$22.73	0.9889	\$22.99
Nov-96	\$26.03	1.0688	\$24.36
Dic-96	\$25.12	0.9743	\$25.79

Cont. Tabla (2-8)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	IVEN	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX Desestacionalizada por IVEN USD/BLS
Ene-97	\$24.04	0.9879	\$24.33
Feb-97	\$24.51	1.0582	\$23.16
Mar-97	\$22.02	0.9437	\$23.34
Abr-97	\$18.83	1.0077	\$18.69
May-97	\$20.87	0.9819	\$21.26
Jun-97	\$18.35	0.9576	\$19.17
Jul-97	\$18.77	0.9928	\$18.90
Ago-97	\$19.02	0.9565	\$19.89
Sep-97	\$19.78	1.0817	\$18.28
Oct-97	\$19.43	0.9889	\$19.65
Nov-97	\$23.59	1.0688	\$22.07
Dic-97	\$17.49	0.9743	\$17.95
Ene-98	\$17.56	0.9879	\$17.78
Feb-98	\$17.77	1.0582	\$16.80
Mar-98	\$14.36	0.9437	\$15.22
Abr-98	\$16.25	1.0077	\$16.12
May-98	\$15.68	0.9819	\$15.97
Jun-98	\$13.05	0.9576	\$13.63
Jul-98	\$13.46	0.9928	\$13.56
Ago-98	\$13.38	0.9565	\$13.99
Sep-98	\$15.00	1.0817	\$13.87
Oct-98	\$13.76	0.9889	\$13.91
Nov-98	\$14.41	1.0688	\$13.48
Dic-98	\$10.81	0.9743	\$11.10
Ene-99	\$13.81	0.9879	\$13.97
Feb-99	\$13.29	1.0582	\$12.56
Mar-99	\$13.41	0.9437	\$14.20
Abr-99	\$17.30	1.0077	\$17.17
May-99	\$18.66	0.9819	\$19.00
Jun-99	\$17.11	0.9576	\$17.86
Jul-99	\$20.10	0.9928	\$20.24
Ago-99	\$20.31	0.9565	\$21.24
Sep-99	\$23.79	1.0817	\$21.99
Oct-99	\$22.67	0.9889	\$22.93
Nov-99	\$26.00	1.0688	\$24.33
Dic-99	\$26.10	0.9743	\$26.79

Cont. Tabla (2-8)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	IVEN	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX Desestacionalizada por IVEN USD/BLS
---------	--	------	--

Ene-00	\$28.24	0.9879	\$28.59
Feb-00	\$30.76	1.0582	\$29.07
Mar-00	\$27.29	0.9437	\$28.92
Abr-00	\$28.22	1.0077	\$28.01
May-00	\$27.50	0.9819	\$28.00
Jun-00	\$30.10	0.9576	\$31.43
Jul-00	\$32.84	0.9928	\$33.08
Ago-00	\$28.43	0.9565	\$29.72
Sep-00	\$35.56	1.0817	\$32.87
Oct-00	\$31.44	0.9889	\$31.79
Nov-00	\$35.98	1.0688	\$33.66
Dic-00	\$29.82	0.9743	\$30.61
Ene-01	\$29.26	0.9879	\$29.62
Feb-01	\$32.77	1.0582	\$30.96
Mar-01	\$26.03	0.9437	\$27.58
Abr-01	\$29.00	1.0077	\$28.78
May-01	\$27.38	0.9819	\$27.89
Jun-01	\$27.58	0.9576	\$28.80
Jul-01	\$26.47	0.9928	\$26.66
Ago-01	\$24.93	0.9565	\$26.07
Sep-01	\$34.03	1.0817	\$31.46
Oct-01	\$20.28	0.9889	\$20.51
Nov-01	\$20.65	1.0688	\$19.32
Dic-01	\$21.45	0.9743	\$22.01
Ene-02	\$19.73	0.9879	\$19.97
Feb-02	\$22.94	1.0582	\$21.68
Mar-02	\$25.66	0.9437	\$27.19
Abr-02	\$25.22	1.0077	\$25.03
May-02	\$25.73	0.9819	\$26.20
Jun-02	\$26.82	0.9576	\$28.01
Jul-02	\$26.94	0.9928	\$27.14
Ago-02	\$26.92	0.9565	\$28.14
Sep-02	\$31.15	1.0817	\$28.80
Oct-02	\$26.35	0.9889	\$26.65
Nov-02	\$28.95	1.0688	\$27.08
Dic-02	\$29.39	0.9743	\$30.17

Cont. Tabla (2-8)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	IVEN	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX Desestacionalizada por IVEN USD/BLS
---------	--	------	--

Ene-03	\$32.70	0.9879	\$33.10
Feb-03	\$39.49	1.0582	\$37.32
Mar-03	\$33.16	0.9437	\$35.13
Abr-03	\$28.14	1.0077	\$27.92
May-03	\$28.07	0.9819	\$28.59
Jun-03	\$30.52	0.9576	\$31.87
Jul-03	\$29.31	0.9928	\$29.52
Ago-03	\$31.60	0.9565	\$33.03
Sep-03	\$28.31	1.0817	\$26.17
Oct-03	\$27.71	0.9889	\$28.02
Nov-03	\$36.23	1.0688	\$33.90
Dic-03	\$32.14	0.9743	\$32.99
Ene-04	\$37.83	0.9879	\$38.29
Feb-04	\$38.13	1.0582	\$36.04
Mar-04	\$33.53	0.9437	\$35.52
Abr-04	\$36.62	1.0077	\$36.34
May-04	\$42.29	0.9819	\$43.07
Jun-04	\$38.05	0.9576	\$39.73
Jul-04	\$40.81	0.9928	\$41.10
Ago-04	\$42.84	0.9565	\$44.79
Sep-04	\$45.94	1.0817	\$42.47
Oct-04	\$53.09	0.9889	\$53.69
Nov-04	\$50.90	1.0688	\$47.62
Dic-04	\$43.26	0.9743	\$44.40
Ene-05	\$49.19	0.9879	\$49.80
Feb-05	\$53.11	1.0582	\$50.19
Mar-05	\$52.15	0.9437	\$55.26
Abr-05	\$53.22	1.0077	\$52.81
May-05	\$49.87	0.9819	\$50.79
Jun-05	\$53.86	0.9576	\$56.24
Jul-05	\$61.98	0.9928	\$62.43
Ago-05	\$59.34	0.9565	\$62.04
Sep-05	\$65.55	1.0817	\$60.60
Oct-05	\$62.27	0.9889	\$62.97
Nov-05	\$61.26	1.0688	\$57.32
Dic-05	\$59.45	0.9743	\$61.02

Tabla (2-9)

Pronóstico de la serie

t	Mes-Año	LN(Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX Desestacionalizada por IVEN USD/BLS)	Recta $\hat{Y} = b_0 + b_1t$	Exponencial (Recta)	IVEN	Pronóstico
1	Ene-88	2.9031	2.7375	15.4489	0.9879	\$15.26
2	Feb-88	2.8113	2.7413	15.5073	1.0582	\$16.41
3	Mar-88	2.7506	2.7451	15.5660	0.9437	\$14.69
4	Abr-88	2.9228	2.7489	15.6248	1.0077	\$15.75
5	May-88	2.8769	2.7526	15.6839	0.9819	\$15.40
6	Jun-88	2.8023	2.7564	15.7432	0.9576	\$15.08
7	Jul-88	2.7952	2.7602	15.8027	0.9928	\$15.69
8	Ago-88	2.6962	2.7640	15.8625	0.9565	\$15.17
9	Sep-88	2.5946	2.7677	15.9224	1.0817	\$17.22
10	Oct-88	2.6368	2.7715	15.9826	0.9889	\$15.81
11	Nov-88	2.6199	2.7753	16.0431	1.0688	\$17.15
12	Dic-88	2.8162	2.7790	16.1037	0.9743	\$15.69
13	Ene-89	2.9056	2.7828	16.1646	0.9879	\$15.97
14	Feb-89	2.9262	2.7866	16.2257	1.0582	\$17.17
15	Mar-89	2.9776	2.7904	16.2871	0.9437	\$15.37
16	Abr-89	3.0909	2.7941	16.3486	1.0077	\$16.47
17	May-89	2.9733	2.7979	16.4105	0.9819	\$16.11
18	Jun-89	2.9926	2.8017	16.4725	0.9576	\$15.77
19	Jul-89	3.0859	2.8055	16.5348	0.9928	\$16.42
20	Ago-89	2.8738	2.8092	16.5973	0.9565	\$15.88
21	Sep-89	2.9455	2.8130	16.6600	1.0817	\$18.02
22	Oct-89	2.9657	2.8168	16.7230	0.9889	\$16.54
23	Nov-89	2.9207	2.8206	16.7863	1.0688	\$17.94
24	Dic-89	3.1237	2.8243	16.8497	0.9743	\$16.42
25	Ene-90	3.0854	2.8281	16.9134	0.9879	\$16.71
26	Feb-90	3.1395	2.8319	16.9774	1.0582	\$17.96
27	Mar-90	3.0275	2.8357	17.0416	0.9437	\$16.08
28	Abr-90	2.9633	2.8394	17.1060	1.0077	\$17.24
29	May-90	2.8873	2.8432	17.1707	0.9819	\$16.86
30	Jun-90	2.8684	2.8470	17.2356	0.9576	\$16.51
31	Jul-90	2.9326	2.8508	17.3008	0.9928	\$17.18
32	Ago-90	3.3006	2.8545	17.3662	0.9565	\$16.61
33	Sep-90	3.5387	2.8583	17.4318	1.0817	\$18.86
34	Oct-90	3.5014	2.8621	17.4977	0.9889	\$17.30
35	Nov-90	3.4086	2.8658	17.5639	1.0688	\$18.77
36	Dic-90	3.4280	2.8696	17.6303	0.9743	\$17.18

Cont. Tabla (2-9)

t	Mes-Año	LN(Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX Desestacionalizada por IVEN USD/BLS)	Recta $\hat{Y} = b_0 + b_1t$	Exponencial (Recta)	IVEN	Pronóstico
37	Ene-91	3.1724	2.8734	17.6970	0.9879	\$17.48
38	Feb-91	3.0658	2.8772	17.7639	1.0582	\$18.80
39	Mar-91	3.0966	2.8809	17.8310	0.9437	\$16.83
40	Abr-91	2.9815	2.8847	17.8985	1.0077	\$18.04
41	May-91	3.0280	2.8885	17.9661	0.9819	\$17.64
42	Jun-91	3.0979	2.8923	18.0341	0.9576	\$17.27
43	Jul-91	3.0254	2.8960	18.1022	0.9928	\$17.97
44	Ago-91	3.0744	2.8998	18.1707	0.9565	\$17.38
45	Sep-91	3.0547	2.9036	18.2394	1.0817	\$19.73
46	Oct-91	3.0656	2.9074	18.3083	0.9889	\$18.11
47	Nov-91	3.0928	2.9111	18.3776	1.0688	\$19.64
48	Dic-91	2.9981	2.9149	18.4470	0.9743	\$17.97
49	Ene-92	2.9006	2.9187	18.5168	0.9879	\$18.29
50	Feb-92	2.9883	2.9225	18.5868	1.0582	\$19.67
51	Mar-92	2.9531	2.9262	18.6571	0.9437	\$17.61
52	Abr-92	3.0008	2.9300	18.7276	1.0077	\$18.87
53	May-92	3.1114	2.9338	18.7984	0.9819	\$18.46
54	Jun-92	3.1039	2.9375	18.8695	0.9576	\$18.07
55	Jul-92	3.0401	2.9413	18.9408	0.9928	\$18.80
56	Ago-92	3.1025	2.9451	19.0125	0.9565	\$18.19
57	Sep-92	3.0086	2.9489	19.0843	1.0817	\$20.64
58	Oct-92	3.0423	2.9526	19.1565	0.9889	\$18.94
59	Nov-92	3.0474	2.9564	19.2289	1.0688	\$20.55
60	Dic-92	2.9916	2.9602	19.3016	0.9743	\$18.80
61	Ene-93	3.0092	2.9640	19.3746	0.9879	\$19.14
62	Feb-93	2.9915	2.9677	19.4479	1.0582	\$20.58
63	Mar-93	3.0243	2.9715	19.5214	0.9437	\$18.42
64	Abr-93	3.0042	2.9753	19.5952	1.0077	\$19.75
65	May-93	3.0618	2.9791	19.6693	0.9819	\$19.31
66	Jun-93	2.9482	2.9828	19.7436	0.9576	\$18.91
67	Jul-93	2.8918	2.9866	19.8183	0.9928	\$19.68
68	Ago-93	2.8890	2.9904	19.8932	0.9565	\$19.03
69	Sep-93	2.7848	2.9942	19.9684	1.0817	\$21.60
70	Oct-93	2.9111	2.9979	20.0439	0.9889	\$19.82
71	Nov-93	2.7999	3.0017	20.1197	1.0688	\$21.50
72	Dic-93	2.7025	3.0055	20.1958	0.9743	\$19.68

Cont. Tabla (2-9)

t	Mes-Año	LN(Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX Desestacionalizada por IVEN USD/BLS)	Recta $\hat{Y} = b_0 + b_1t$	Exponencial (Recta)	IVEN	Pronóstico
73	Ene-94	2.7216	3.0092	20.2721	0.9879	\$20.03
74	Feb-94	2.7369	3.0130	20.3488	1.0582	\$21.53
75	Mar-94	2.6516	3.0168	20.4257	0.9437	\$19.28
76	Abr-94	2.8852	3.0206	20.5030	1.0077	\$20.66
77	May-94	2.8990	3.0243	20.5805	0.9819	\$20.21
78	Jun-94	2.9448	3.0281	20.6583	0.9576	\$19.78
79	Jul-94	3.0344	3.0319	20.7364	0.9928	\$20.59
80	Ago-94	2.8647	3.0357	20.8148	0.9565	\$19.91
81	Sep-94	2.7817	3.0394	20.8935	1.0817	\$22.60
82	Oct-94	2.8854	3.0432	20.9725	0.9889	\$20.74
83	Nov-94	2.8780	3.0470	21.0518	1.0688	\$22.50
84	Dic-94	2.8684	3.0508	21.1314	0.9743	\$20.59
85	Ene-95	2.9022	3.0545	21.2113	0.9879	\$20.95
86	Feb-95	2.9632	3.0583	21.2915	1.0582	\$22.53
87	Mar-95	2.8876	3.0621	21.3720	0.9437	\$20.17
88	Abr-95	3.0825	3.0659	21.4528	1.0077	\$21.62
89	May-95	2.9544	3.0696	21.5339	0.9819	\$21.14
90	Jun-95	2.9091	3.0734	21.6153	0.9576	\$20.70
91	Jul-95	2.9555	3.0772	21.6970	0.9928	\$21.54
92	Ago-95	2.8334	3.0809	21.7791	0.9565	\$20.83
93	Sep-95	2.8721	3.0847	21.8614	1.0817	\$23.65
94	Oct-95	2.8210	3.0885	21.9441	0.9889	\$21.70
95	Nov-95	2.8726	3.0923	22.0270	1.0688	\$23.54
96	Dic-95	3.0213	3.0960	22.1103	0.9743	\$21.54
97	Ene-96	2.9407	3.0998	22.1939	0.9879	\$21.93
98	Feb-96	2.9252	3.1036	22.2778	1.0582	\$23.57
99	Mar-96	3.1111	3.1074	22.3620	0.9437	\$21.10
100	Abr-96	3.1406	3.1111	22.4466	1.0077	\$22.62
101	May-96	2.9765	3.1149	22.5315	0.9819	\$22.12
102	Jun-96	3.1090	3.1187	22.6166	0.9576	\$21.66
103	Jul-96	3.0636	3.1225	22.7022	0.9928	\$22.54
104	Ago-96	3.0847	3.1262	22.7880	0.9565	\$21.80
105	Sep-96	3.1454	3.1300	22.8741	1.0817	\$24.74
106	Oct-96	3.1349	3.1338	22.9606	0.9889	\$22.71
107	Nov-96	3.1928	3.1376	23.0474	1.0688	\$24.63
108	Dic-96	3.2499	3.1413	23.1346	0.9743	\$22.54

Cont. Tabla (2-9)

t	Mes-Año	LN(Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX Desestacionalizada por IVEN USD/BLS)	Recta $\hat{Y} = b_0 + b_1t$	Exponencial (Recta)	IVEN	Pronóstico
109	Ene-97	3.1917	3.1451	23.2220	0.9879	\$22.94
110	Feb-97	3.1424	3.1489	23.3098	1.0582	\$24.67
111	Mar-97	3.1500	3.1526	23.3980	0.9437	\$22.08
112	Abr-97	2.9278	3.1564	23.4864	1.0077	\$23.67
113	May-97	3.0567	3.1602	23.5752	0.9819	\$23.15
114	Jun-97	2.9532	3.1640	23.6644	0.9576	\$22.66
115	Jul-97	2.9392	3.1677	23.7538	0.9928	\$23.58
116	Ago-97	2.9902	3.1715	23.8437	0.9565	\$22.81
117	Sep-97	2.9060	3.1753	23.9338	1.0817	\$25.89
118	Oct-97	2.9779	3.1791	24.0243	0.9889	\$23.76
119	Nov-97	3.0943	3.1828	24.1151	1.0688	\$25.77
120	Dic-97	2.8875	3.1866	24.2063	0.9743	\$23.58
121	Ene-98	2.8780	3.1904	24.2978	0.9879	\$24.00
122	Feb-98	2.8212	3.1942	24.3897	1.0582	\$25.81
123	Mar-98	2.7224	3.1979	24.4819	0.9437	\$23.10
124	Abr-98	2.7802	3.2017	24.5745	1.0077	\$24.76
125	May-98	2.7707	3.2055	24.6674	0.9819	\$24.22
126	Jun-98	2.6119	3.2093	24.7606	0.9576	\$23.71
127	Jul-98	2.6072	3.2130	24.8543	0.9928	\$24.68
128	Ago-98	2.6384	3.2168	24.9482	0.9565	\$23.86
129	Sep-98	2.6294	3.2206	25.0426	1.0817	\$27.09
130	Oct-98	2.6329	3.2244	25.1372	0.9889	\$24.86
131	Nov-98	2.6016	3.2281	25.2323	1.0688	\$26.97
132	Dic-98	2.4067	3.2319	25.3277	0.9743	\$24.68
133	Ene-99	2.6372	3.2357	25.4234	0.9879	\$25.12
134	Feb-99	2.5302	3.2394	25.5196	1.0582	\$27.00
135	Mar-99	2.6536	3.2432	25.6161	0.9437	\$24.17
136	Abr-99	2.8432	3.2470	25.7129	1.0077	\$25.91
137	May-99	2.9446	3.2508	25.8101	0.9819	\$25.34
138	Jun-99	2.8827	3.2545	25.9077	0.9576	\$24.81
139	Jul-99	3.0077	3.2583	26.0057	0.9928	\$25.82
140	Ago-99	3.0557	3.2621	26.1040	0.9565	\$24.97
141	Sep-99	3.0907	3.2659	26.2027	1.0817	\$28.34
142	Oct-99	3.1324	3.2696	26.3017	0.9889	\$26.01
143	Nov-99	3.1918	3.2734	26.4012	1.0688	\$28.22
144	Dic-99	3.2881	3.2772	26.5010	0.9743	\$25.82

Cont. Tabla (2-9)

t	Mes-Año	LN(Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX Desestacionalizada por IVEN USD/BLS)	Recta $\hat{Y} = b_0 + b_1t$	Exponencial (Recta)	IVEN	Pronóstico
145	Ene-00	3.3530	3.2810	26.6012	0.9879	\$26.28
146	Feb-00	3.3698	3.2847	26.7018	1.0582	\$28.25
147	Mar-00	3.3646	3.2885	26.8027	0.9437	\$25.29
148	Abr-00	3.3325	3.2923	26.9041	1.0077	\$27.11
149	May-00	3.3323	3.2961	27.0058	0.9819	\$26.52
150	Jun-00	3.4477	3.2998	27.1079	0.9576	\$25.96
151	Jul-00	3.4990	3.3036	27.2104	0.9928	\$27.01
152	Ago-00	3.3919	3.3074	27.3133	0.9565	\$26.13
153	Sep-00	3.4927	3.3111	27.4165	1.0817	\$29.66
154	Oct-00	3.4591	3.3149	27.5202	0.9889	\$27.22
155	Nov-00	3.5164	3.3187	27.6242	1.0688	\$29.52
156	Dic-00	3.4212	3.3225	27.7287	0.9743	\$27.02
157	Ene-01	3.3884	3.3262	27.8335	0.9879	\$27.50
158	Feb-01	3.4328	3.3300	27.9388	1.0582	\$29.56
159	Mar-01	3.3172	3.3338	28.0444	0.9437	\$26.47
160	Abr-01	3.3597	3.3376	28.1504	1.0077	\$28.37
161	May-01	3.3281	3.3413	28.2569	0.9819	\$27.74
162	Jun-01	3.3605	3.3451	28.3637	0.9576	\$27.16
163	Jul-01	3.2831	3.3489	28.4709	0.9928	\$28.27
164	Ago-01	3.2607	3.3527	28.5786	0.9565	\$27.34
165	Sep-01	3.4486	3.3564	28.6866	1.0817	\$31.03
166	Oct-01	3.0208	3.3602	28.7951	0.9889	\$28.48
167	Nov-01	2.9614	3.3640	28.9040	1.0688	\$30.89
168	Dic-01	3.0916	3.3678	29.0132	0.9743	\$28.27
169	Ene-02	2.9943	3.3715	29.1229	0.9879	\$28.77
170	Feb-02	3.0764	3.3753	29.2330	1.0582	\$30.93
171	Mar-02	3.3030	3.3791	29.3436	0.9437	\$27.69
172	Abr-02	3.2201	3.3828	29.4545	1.0077	\$29.68
173	May-02	3.2659	3.3866	29.5659	0.9819	\$29.03
174	Jun-02	3.3325	3.3904	29.6777	0.9576	\$28.42
175	Jul-02	3.3008	3.3942	29.7899	0.9928	\$29.58
176	Ago-02	3.3373	3.3979	29.9025	0.9565	\$28.60
177	Sep-02	3.3604	3.4017	30.0156	1.0817	\$32.47
178	Oct-02	3.2827	3.4055	30.1290	0.9889	\$29.80
179	Nov-02	3.2989	3.4093	30.2430	1.0688	\$32.32
180	Dic-02	3.4068	3.4130	30.3573	0.9743	\$29.58

Cont. Tabla (2-9)

Mes-Año	LN(Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX Desestacionalizada por IVEN USD/BLS)	Recta $\hat{Y} = b_0 + b_1t$	Exponencial (Recta)	IVEN	Pronóstico
Ene-03	3.4995	3.4168	30.4721	0.9879	\$30.10
Feb-03	3.6196	3.4206	30.5873	1.0582	\$32.37
Mar-03	3.5591	3.4244	30.7029	0.9437	\$28.98
Abr-03	3.3294	3.4281	30.8190	1.0077	\$31.06
May-03	3.3530	3.4319	30.9355	0.9819	\$30.37
Jun-03	3.4616	3.4357	31.0525	0.9576	\$29.74
Jul-03	3.3850	3.4395	31.1699	0.9928	\$30.95
Ago-03	3.4975	3.4432	31.2878	0.9565	\$29.93
Sep-03	3.2647	3.4470	31.4061	1.0817	\$33.97
Oct-03	3.3328	3.4508	31.5248	0.9889	\$31.18
Nov-03	3.5235	3.4545	31.6440	1.0688	\$33.82
Dic-03	3.4963	3.4583	31.7636	0.9743	\$30.95
Ene-04	3.6452	3.4621	31.8837	0.9879	\$31.50
Feb-04	3.5845	3.4659	32.0043	1.0582	\$33.87
Mar-04	3.5702	3.4696	32.1253	0.9437	\$30.32
Abr-04	3.5928	3.4734	32.2467	1.0077	\$32.49
May-04	3.7629	3.4772	32.3687	0.9819	\$31.78
Jun-04	3.6822	3.4810	32.4910	0.9576	\$31.12
Jul-04	3.7161	3.4847	32.6139	0.9928	\$32.38
Ago-04	3.8020	3.4885	32.7372	0.9565	\$31.31
Sep-04	3.7487	3.4923	32.8610	1.0817	\$35.55
Oct-04	3.9832	3.4961	32.9852	0.9889	\$32.62
Nov-04	3.8634	3.4998	33.1099	1.0688	\$35.39
Dic-04	3.7932	3.5036	33.2351	0.9743	\$32.38
Ene-05	3.9080	3.5074	33.3608	0.9879	\$32.96
Feb-05	3.9159	3.5112	33.4869	1.0582	\$35.43
Mar-05	4.0120	3.5149	33.6135	0.9437	\$31.72
Abr-05	3.9667	3.5187	33.7406	1.0077	\$34.00
May-05	3.9277	3.5225	33.8682	0.9819	\$33.25
Jun-05	4.0296	3.5262	33.9962	0.9576	\$32.56
Jul-05	4.1340	3.5300	34.1247	0.9928	\$33.88
Ago-05	4.1278	3.5338	34.2538	0.9565	\$32.76
Sep-05	4.1043	3.5376	34.3833	1.0817	\$37.19
Oct-05	4.1426	3.5413	34.5133	0.9889	\$34.13
Nov-05	4.0486	3.5451	34.6438	1.0688	\$37.03
Dic-05	4.1112	3.5489	34.7748	0.9743	\$33.88

Tabla (2-10)

Serie, pronóstico y error cuadrático

t	Mes-Año	Pronóstico	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustada a 21 días USD/BLS	Error cuadrático
1	Ene-88	\$15.26	\$18.01	7.5531
2	Feb-88	\$16.41	\$17.60	1.4172
3	Mar-88	\$14.69	\$14.77	0.0067
4	Abr-88	\$15.75	\$18.74	8.9501
5	May-88	\$15.40	\$17.44	4.1533
6	Jun-88	\$15.08	\$15.78	0.5004
7	Jul-88	\$15.69	\$16.25	0.3132
8	Ago-88	\$15.17	\$14.18	0.9879
9	Sep-88	\$17.22	\$14.49	7.4953
10	Oct-88	\$15.81	\$13.81	3.9669
11	Nov-88	\$17.15	\$14.68	6.0891
12	Dic-88	\$15.69	\$16.28	0.3524
13	Ene-89	\$15.97	\$18.05	4.3490
14	Feb-89	\$17.17	\$19.74	6.6145
15	Mar-89	\$15.37	\$18.54	10.0167
16	Abr-89	\$16.47	\$22.17	32.3939
17	May-89	\$16.11	\$19.20	9.5361
18	Jun-89	\$15.77	\$19.09	11.0105
19	Jul-89	\$16.42	\$21.73	28.2341
20	Ago-89	\$15.88	\$16.93	1.1215
21	Sep-89	\$18.02	\$20.58	6.5199
22	Oct-89	\$16.54	\$19.19	7.0499
23	Nov-89	\$17.94	\$19.83	3.5670
24	Dic-89	\$16.42	\$22.14	32.8150
25	Ene-90	\$16.71	\$21.61	24.0281
26	Feb-90	\$17.96	\$24.43	41.8580
27	Mar-90	\$16.08	\$19.48	11.5690
28	Abr-90	\$17.24	\$19.51	5.1686
29	May-90	\$16.86	\$17.62	0.5784
30	Jun-90	\$16.51	\$16.86	0.1276
31	Jul-90	\$17.18	\$18.64	2.1436
32	Ago-90	\$16.61	\$25.95	87.1955
33	Sep-90	\$18.86	\$37.23	337.7447
34	Oct-90	\$17.30	\$32.79	239.9741
35	Nov-90	\$18.77	\$32.30	183.0593
36	Dic-90	\$17.18	\$30.02	165.0169

Cont. Tabla (2-10)

t	Mes-Año	Pronóstico	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustada a 21 días USD/BLS	Error cuadrático
37	Ene-91	\$17.48	\$23.58	37.1389
38	Feb-91	\$18.80	\$22.70	15.2324
39	Mar-91	\$16.83	\$20.88	16.4064
40	Abr-91	\$18.04	\$19.87	3.3618
41	May-91	\$17.64	\$20.28	6.9700
42	Jun-91	\$17.27	\$21.21	15.5420
43	Jul-91	\$17.97	\$20.45	6.1608
44	Ago-91	\$17.38	\$20.70	10.9969
45	Sep-91	\$19.73	\$22.95	10.3655
46	Oct-91	\$18.11	\$21.21	9.6358
47	Nov-91	\$19.64	\$23.55	15.3036
48	Dic-91	\$17.97	\$19.53	2.4310
49	Ene-92	\$18.29	\$17.96	0.1076
50	Feb-92	\$19.67	\$21.01	1.7906
51	Mar-92	\$17.61	\$18.09	0.2300
52	Abr-92	\$18.87	\$20.26	1.9180
53	May-92	\$18.46	\$22.05	12.8779
54	Jun-92	\$18.07	\$21.34	10.7031
55	Jul-92	\$18.80	\$20.76	3.8084
56	Ago-92	\$18.19	\$21.29	9.6159
57	Sep-92	\$20.64	\$21.92	1.6165
58	Oct-92	\$18.94	\$20.72	3.1540
59	Nov-92	\$20.55	\$22.51	3.8315
60	Dic-92	\$18.80	\$19.41	0.3605
61	Ene-93	\$19.14	\$20.03	0.7852
62	Feb-93	\$20.58	\$21.07	0.2458
63	Mar-93	\$18.42	\$19.42	0.9954
64	Abr-93	\$19.75	\$20.33	0.3355
65	May-93	\$19.31	\$20.98	2.7727
66	Jun-93	\$18.91	\$18.26	0.4142
67	Jul-93	\$19.68	\$17.90	3.1687
68	Ago-93	\$19.03	\$17.19	3.3628
69	Sep-93	\$21.60	\$17.52	16.6481
70	Oct-93	\$19.82	\$18.17	2.7190
71	Nov-93	\$21.50	\$17.57	15.4384
72	Dic-93	\$19.68	\$14.53	26.4519

Cont. Tabla (2-10)

t	Mes-Año	Pronóstico	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustada a 21 días USD/BLS	Error cuadrático
73	Ene-94	\$20.03	\$15.02	25.0571
74	Feb-94	\$21.53	\$16.34	26.9840
75	Mar-94	\$19.28	\$13.38	34.7716
76	Abr-94	\$20.66	\$18.04	6.8428
77	May-94	\$20.21	\$17.83	5.6706
78	Jun-94	\$19.78	\$18.20	2.5011
79	Jul-94	\$20.59	\$20.64	0.0028
80	Ago-94	\$19.91	\$16.78	9.7890
81	Sep-94	\$22.60	\$17.47	26.3601
82	Oct-94	\$20.74	\$17.71	9.1727
83	Nov-94	\$22.50	\$19.00	12.2386
84	Dic-94	\$20.59	\$17.16	11.7739
85	Ene-95	\$20.95	\$17.99	8.7680
86	Feb-95	\$22.53	\$20.49	4.1774
87	Mar-95	\$20.17	\$16.94	10.4231
88	Abr-95	\$21.62	\$21.98	0.1321
89	May-95	\$21.14	\$18.84	5.2922
90	Jun-95	\$20.70	\$17.56	9.8332
91	Jul-95	\$21.54	\$19.07	6.0894
92	Ago-95	\$20.83	\$16.26	20.8696
93	Sep-95	\$23.65	\$19.12	20.5207
94	Oct-95	\$21.70	\$16.61	25.9483
95	Nov-95	\$23.54	\$18.90	21.5627
96	Dic-95	\$21.54	\$19.99	2.4083
97	Ene-96	\$21.93	\$18.70	10.3985
98	Feb-96	\$23.57	\$19.72	14.8357
99	Mar-96	\$21.10	\$21.18	0.0061
100	Abr-96	\$22.62	\$23.30	0.4568
101	May-96	\$22.12	\$19.26	8.1790
102	Jun-96	\$21.66	\$21.45	0.0432
103	Jul-96	\$22.54	\$21.25	1.6601
104	Ago-96	\$21.80	\$20.91	0.7858
105	Sep-96	\$24.74	\$25.13	0.1480
106	Oct-96	\$22.71	\$22.73	0.0007
107	Nov-96	\$24.63	\$26.03	1.9562
108	Dic-96	\$22.54	\$25.12	6.6805

Cont. Tabla (2-10)

t	Mes-Año	Pronóstico	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustada a 21 días USD/BLS	Error cuadrático
109	Ene-97	\$22.94	\$24.04	1.1991
110	Feb-97	\$24.67	\$24.51	0.0254
111	Mar-97	\$22.08	\$22.02	0.0034
112	Abr-97	\$23.67	\$18.83	23.3970
113	May-97	\$23.15	\$20.87	5.1806
114	Jun-97	\$22.66	\$18.35	18.5550
115	Jul-97	\$23.58	\$18.77	23.2089
116	Ago-97	\$22.81	\$19.02	14.3059
117	Sep-97	\$25.89	\$19.78	37.3635
118	Oct-97	\$23.76	\$19.43	18.7462
119	Nov-97	\$25.77	\$23.59	4.7661
120	Dic-97	\$23.58	\$17.49	37.1615
121	Ene-98	\$24.00	\$17.56	41.4700
122	Feb-98	\$25.81	\$17.77	64.5585
123	Mar-98	\$23.10	\$14.36	76.4515
124	Abr-98	\$24.76	\$16.25	72.5563
125	May-98	\$24.22	\$15.68	72.9256
126	Jun-98	\$23.71	\$13.05	113.7166
127	Jul-98	\$24.68	\$13.46	125.7119
128	Ago-98	\$23.86	\$13.38	109.8615
129	Sep-98	\$27.09	\$15.00	146.1692
130	Oct-98	\$24.86	\$13.76	123.1856
131	Nov-98	\$26.97	\$14.41	157.6292
132	Dic-98	\$24.68	\$10.81	192.2062
133	Ene-99	\$25.12	\$13.81	127.9220
134	Feb-99	\$27.00	\$13.29	188.1614
135	Mar-99	\$24.17	\$13.41	115.9761
136	Abr-99	\$25.91	\$17.30	74.1047
137	May-99	\$25.34	\$18.66	44.6601
138	Jun-99	\$24.81	\$17.11	59.3674
139	Jul-99	\$25.82	\$20.10	32.7523
140	Ago-99	\$24.97	\$20.31	21.6878
141	Sep-99	\$28.34	\$23.79	20.7523
142	Oct-99	\$26.01	\$22.67	11.1256
143	Nov-99	\$28.22	\$26.00	4.8909
144	Dic-99	\$25.82	\$26.10	0.0801

Cont. Tabla (2-10)

t	Mes-Año	Pronóstico	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustada a 21 días USD/BLS	Error cuadrático
145	Ene-00	\$26.28	\$28.24	3.8525
146	Feb-00	\$28.25	\$30.76	6.2890
147	Mar-00	\$25.29	\$27.29	4.0010
148	Abr-00	\$27.11	\$28.22	1.2406
149	May-00	\$26.52	\$27.50	0.9607
150	Jun-00	\$25.96	\$30.10	17.1146
151	Jul-00	\$27.01	\$32.84	33.9842
152	Ago-00	\$26.13	\$28.43	5.3112
153	Sep-00	\$29.66	\$35.56	34.8425
154	Oct-00	\$27.22	\$31.44	17.8095
155	Nov-00	\$29.52	\$35.98	41.6365
156	Dic-00	\$27.02	\$29.82	7.8591
157	Ene-01	\$27.50	\$29.26	3.1083
158	Feb-01	\$29.56	\$32.77	10.2511
159	Mar-01	\$26.47	\$26.03	0.1889
160	Abr-01	\$28.37	\$29.00	0.4032
161	May-01	\$27.74	\$27.38	0.1329
162	Jun-01	\$27.16	\$27.58	0.1783
163	Jul-01	\$28.27	\$26.47	3.2367
164	Ago-01	\$27.34	\$24.93	5.7670
165	Sep-01	\$31.03	\$34.03	8.9752
166	Oct-01	\$28.48	\$20.28	67.1565
167	Nov-01	\$30.89	\$20.65	104.8216
168	Dic-01	\$28.27	\$21.45	46.5170
169	Ene-02	\$28.77	\$19.73	81.7438
170	Feb-02	\$30.93	\$22.94	63.8792
171	Mar-02	\$27.69	\$25.66	4.1143
172	Abr-02	\$29.68	\$25.22	19.8795
173	May-02	\$29.03	\$25.73	10.9034
174	Jun-02	\$28.42	\$26.82	2.5519
175	Jul-02	\$29.58	\$26.94	6.9468
176	Ago-02	\$28.60	\$26.92	2.8360
177	Sep-02	\$32.47	\$31.15	1.7307
178	Oct-02	\$29.80	\$26.35	11.8470
179	Nov-02	\$32.32	\$28.95	11.3975
180	Dic-02	\$29.58	\$29.39	0.0334

Cont. Tabla (2-10)

t	Mes-Año	Pronóstico	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustada a 21 días USD/BLS	Error cuadrático
181	Ene-03	\$30.10	\$32.70	6.7415
182	Feb-03	\$32.37	\$39.49	50.8154
183	Mar-03	\$28.98	\$33.16	17.4795
184	Abr-03	\$31.06	\$28.14	8.5293
185	May-03	\$30.37	\$28.07	5.3104
186	Jun-03	\$29.74	\$30.52	0.6117
187	Jul-03	\$30.95	\$29.31	2.6866
188	Ago-03	\$29.93	\$31.60	2.7885
189	Sep-03	\$33.97	\$28.31	32.0560
190	Oct-03	\$31.18	\$27.71	12.0336
191	Nov-03	\$33.82	\$36.23	5.8201
192	Dic-03	\$30.95	\$32.14	1.4311
193	Ene-04	\$31.50	\$37.83	40.0652
194	Feb-04	\$33.87	\$38.13	18.2000
195	Mar-04	\$30.32	\$33.53	10.2895
196	Abr-04	\$32.49	\$36.62	16.9889
197	May-04	\$31.78	\$42.29	110.5010
198	Jun-04	\$31.12	\$38.05	48.0876
199	Jul-04	\$32.38	\$40.81	71.0350
200	Ago-04	\$31.31	\$42.84	132.9367
201	Sep-04	\$35.55	\$45.94	107.9636
202	Oct-04	\$32.62	\$53.09	419.1903
203	Nov-04	\$35.39	\$50.90	240.6506
204	Dic-04	\$32.38	\$43.26	118.2977
205	Ene-05	\$32.96	\$49.19	263.6496
206	Feb-05	\$35.43	\$53.11	312.4800
207	Mar-05	\$31.72	\$52.15	417.1498
208	Abr-05	\$34.00	\$53.22	369.3067
209	May-05	\$33.25	\$49.87	276.1103
210	Jun-05	\$32.56	\$53.86	453.6300
211	Jul-05	\$33.88	\$61.98	789.4922
212	Ago-05	\$32.76	\$59.34	706.3681
213	Sep-05	\$37.19	\$65.55	804.2354
214	Oct-05	\$34.13	\$62.27	791.7339
215	Nov-05	\$37.03	\$61.26	587.3106
216	Dic-05	\$33.88	\$59.45	653.7168

Tabla (2-13) Serie de los promedios mensuales de los cierres diarios de los futuros del primer mes del WTI del NYMEX y la serie ajustada a 21 días

Días en el mes	Mes-Año	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Ajuste del promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS
21	ene-02	\$ 19.73	\$ 19.73
19	feb-02	\$ 20.76	\$ 22.94
20	mar-02	\$ 24.44	\$ 25.66
22	abr-02	\$ 26.42	\$ 25.22
22	may-02	\$ 26.95	\$ 25.73
20	jun-02	\$ 25.55	\$ 26.82
21	jul-02	\$ 26.94	\$ 26.94
22	ago-02	\$ 28.20	\$ 26.92
20	sep-02	\$ 29.67	\$ 31.15
23	oct-02	\$ 28.86	\$ 26.35
19	nov-02	\$ 26.19	\$ 28.95
21	dic-02	\$ 29.39	\$ 29.39
21	ene-03	\$ 32.70	\$ 32.70
19	feb-03	\$ 35.73	\$ 39.49
21	mar-03	\$ 33.16	\$ 33.16
21	abr-03	\$ 28.14	\$ 28.14
21	may-03	\$ 28.07	\$ 28.07
21	jun-03	\$ 30.52	\$ 30.52
22	jul-03	\$ 30.70	\$ 29.31
21	ago-03	\$ 31.60	\$ 31.60
21	sep-03	\$ 28.31	\$ 28.31
23	oct-03	\$ 30.35	\$ 27.71
18	nov-03	\$ 31.06	\$ 36.23
21	dic-03	\$ 32.14	\$ 32.14
19	ene-04	\$ 34.22	\$ 37.83
19	feb-04	\$ 34.50	\$ 38.13
23	mar-04	\$ 36.72	\$ 33.53
21	abr-04	\$ 36.62	\$ 36.62
20	may-04	\$ 40.28	\$ 42.29
21	jun-04	\$ 38.05	\$ 38.05
21	jul-04	\$ 40.81	\$ 40.81
22	ago-04	\$ 44.88	\$ 42.84
21	sep-04	\$ 45.94	\$ 45.94
21	oct-04	\$ 53.09	\$ 53.09
20	nov-04	\$ 48.48	\$ 50.90
21	dic-04	\$ 43.26	\$ 43.26

Cont. tabla (2-13)

Días en el mes	Mes-Año	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Ajuste del promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS
20	ene-05	\$ 46.85	\$ 49.19
19	feb-05	\$ 48.05	\$ 53.11
22	mar-05	\$ 54.63	\$ 52.15
21	abr-05	\$ 53.22	\$ 53.22
21	may-05	\$ 49.87	\$ 49.87
22	jun-05	\$ 56.42	\$ 53.86
20	jul-05	\$ 59.03	\$ 61.98
23	ago-05	\$ 64.99	\$ 59.34
21	sep-05	\$ 65.55	\$ 65.55
21	oct-05	\$ 62.27	\$ 62.27
20	nov-05	\$ 58.34	\$ 61.26
21	dic-05	\$ 59.45	\$ 59.45

Tabla (2-14) Diferencias y cocientes estacionales

Mes-Año	Ajuste del promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	d(t)	k(t)
ene-02	\$ 19.73		
feb-02	\$ 22.94		
mar-02	\$ 25.66		
abr-02	\$ 25.22		
may-02	\$ 25.73		
jun-02	\$ 26.82		
jul-02	\$ 26.94		
ago-02	\$ 26.92		
sep-02	\$ 31.15		
oct-02	\$ 26.35		
nov-02	\$ 28.95		
dic-02	\$ 29.39		
ene-03	\$ 32.70	12.97	1.66
feb-03	\$ 39.49	16.55	1.72
mar-03	\$ 33.16	7.49	1.29
abr-03	\$ 28.14	2.91	1.12
may-03	\$ 28.07	2.34	1.09
jun-03	\$ 30.52	3.70	1.14
jul-03	\$ 29.31	2.37	1.09
ago-03	\$ 31.60	4.68	1.17
sep-03	\$ 28.31	(2.84)	0.91
oct-03	\$ 27.71	1.35	1.05
nov-03	\$ 36.23	7.29	1.25
dic-03	\$ 32.14	2.75	1.09
ene-04	\$ 37.83	5.13	1.16
feb-04	\$ 38.13	(1.36)	0.97
mar-04	\$ 33.53	0.37	1.01
abr-04	\$ 36.62	8.48	1.30
may-04	\$ 42.29	14.22	1.51
jun-04	\$ 38.05	7.53	1.25
jul-04	\$ 40.81	11.50	1.39
ago-04	\$ 42.84	11.25	1.36
sep-04	\$ 45.94	17.63	1.62
oct-04	\$ 53.09	25.39	1.92
nov-04	\$ 50.90	14.67	1.40
dic-04	\$ 43.26	11.11	1.35

Cont. Tabla (2-14)

Mes- Año	Ajuste del promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	d(t)	k(t)
ene-05	\$ 49.19	11.37	1.30
feb-05	\$ 53.11	14.98	1.39
mar-05	\$ 52.15	18.62	1.56
abr-05	\$ 53.22	16.60	1.45
may-05	\$ 49.87	7.58	1.18
jun-05	\$ 53.86	15.81	1.42
jul-05	\$ 61.98	21.17	1.52
ago-05	\$ 59.34	16.50	1.39
sep-05	\$ 65.55	19.62	1.43
oct-05	\$ 62.27	9.17	1.17
nov-05	\$ 61.26	10.36	1.20
dic-05	\$ 59.45	16.19	1.37

Tabla (2-17)

Promedios móviles, móviles centrados de orden 12 e IBVE

Mes-Año	T	Serie = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	Promedio móvil de orden 12	Promedio móvil de orden 12	Promedio móvil centrado de orden 12	IBVE = Serie / Promedio móvil centrado de orden 12
ene-02	1	\$ 19.73				
feb-02	2	\$ 22.94				
mar-02	3	\$ 25.66				
abr-02	4	\$ 25.22				
may-02	5	\$ 25.73				
jun-02	6	\$ 26.82	\$ 26.32			
jul-02	7	\$ 26.94	\$ 27.40	\$ 26.32	\$ 26.86	1.0030
ago-02	8	\$ 26.92	\$ 28.78	\$ 27.40	\$ 28.09	0.9583
sep-02	9	\$ 31.15	\$ 29.40	\$ 28.78	\$ 29.09	1.0709
oct-02	10	\$ 26.35	\$ 29.65	\$ 29.40	\$ 29.52	0.8926
nov-02	11	\$ 28.95	\$ 29.84	\$ 29.65	\$ 29.74	0.9732
dic-02	12	\$ 29.39	\$ 30.15	\$ 29.84	\$ 29.99	0.9800
ene-03	13	\$ 32.70	\$ 30.35	\$ 30.15	\$ 30.25	1.0811
feb-03	14	\$ 39.49	\$ 30.74	\$ 30.35	\$ 30.54	1.2932
mar-03	15	\$ 33.16	\$ 30.50	\$ 30.74	\$ 30.62	1.0829
abr-03	16	\$ 28.14	\$ 30.61	\$ 30.50	\$ 30.56	0.9208
may-03	17	\$ 28.07	\$ 31.22	\$ 30.61	\$ 30.92	0.9080
jun-03	18	\$ 30.52	\$ 31.45	\$ 31.22	\$ 31.33	0.9740
jul-03	19	\$ 29.31	\$ 31.88	\$ 31.45	\$ 31.66	0.9256
ago-03	20	\$ 31.60	\$ 31.76	\$ 31.88	\$ 31.82	0.9931
sep-03	21	\$ 28.31	\$ 31.79	\$ 31.76	\$ 31.78	0.8909
oct-03	22	\$ 27.71	\$ 32.50	\$ 31.79	\$ 32.15	0.8619
nov-03	23	\$ 36.23	\$ 33.68	\$ 32.50	\$ 33.09	1.0949
dic-03	24	\$ 32.14	\$ 34.31	\$ 33.68	\$ 34.00	0.9454
ene-04	25	\$ 37.83	\$ 35.27	\$ 34.31	\$ 34.79	1.0873
feb-04	26	\$ 38.13	\$ 36.21	\$ 35.27	\$ 35.74	1.0670
mar-04	27	\$ 33.53	\$ 37.68	\$ 36.21	\$ 36.94	0.9075
abr-04	28	\$ 36.62	\$ 39.79	\$ 37.68	\$ 38.73	0.9453
may-04	29	\$ 42.29	\$ 41.01	\$ 39.79	\$ 40.40	1.0468
jun-04	30	\$ 38.05	\$ 41.94	\$ 41.01	\$ 41.48	0.9174
jul-04	31	\$ 40.81	\$ 42.89	\$ 41.94	\$ 42.41	0.9621
ago-04	32	\$ 42.84	\$ 44.14	\$ 42.89	\$ 43.51	0.9846
sep-04	33	\$ 45.94	\$ 45.69	\$ 44.14	\$ 44.91	1.0228
oct-04	34	\$ 53.09	\$ 47.07	\$ 45.69	\$ 46.38	1.1448
nov-04	35	\$ 50.90	\$ 47.70	\$ 47.07	\$ 47.39	1.0741
dic-04	36	\$ 43.26	\$ 49.02	\$ 47.70	\$ 48.36	0.8944

Cont. Tabla (2-17)

Mes- Año	T	Serie = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	Promedio móvil de orden 12	Promedio móvil de orden 12	Promedio móvil centrado de orden 12	IBVE = Serie / Promedio móvil centrado de orden 12
ene-05	37	\$ 49.19	\$ 50.78	\$ 49.02	\$ 49.90	0.9858
feb-05	38	\$ 53.11	\$ 52.16	\$ 50.78	\$ 51.47	1.0319
mar-05	39	\$ 52.15	\$ 53.79	\$ 52.16	\$ 52.98	0.9843
abr-05	40	\$ 53.22	\$ 54.56	\$ 53.79	\$ 54.18	0.9823
may-05	41	\$ 49.87	\$ 55.42	\$ 54.56	\$ 54.99	0.9069
jun-05	42	\$ 53.86	\$ 56.77	\$ 55.42	\$ 56.10	0.9601
jul-05	43	\$ 61.98				
ago-05	44	\$ 59.34				
sep-05	45	\$ 65.55				
oct-05	46	\$ 62.27				
nov-05	47	\$ 61.26				
dic-05	48	\$ 59.45				

Tabla (2-19) Desestacionalización de la serie

Mes-Año	T	Serie = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	IVEN	Serie = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días desestacionalizada USD/BLS
---------	---	---	------	--

ene-02	1	\$ 19.73	1.0586	\$ 18.64
feb-02	2	\$ 22.94	1.1384	\$ 20.15
mar-02	3	\$ 25.66	0.9984	\$ 25.71
abr-02	4	\$ 25.22	0.9560	\$ 26.38
may-02	5	\$ 25.73	0.9604	\$ 26.79
jun-02	6	\$ 26.82	0.9570	\$ 28.03
jul-02	7	\$ 26.94	0.9702	\$ 27.77
ago-02	8	\$ 26.92	0.9854	\$ 27.32
sep-02	9	\$ 31.15	1.0017	\$ 31.10
oct-02	10	\$ 26.35	0.9730	\$ 27.08
nov-02	11	\$ 28.95	1.0546	\$ 27.45
dic-02	12	\$ 29.39	0.9464	\$ 31.06
ene-03	13	\$ 32.70	1.0586	\$ 30.89
feb-03	14	\$ 39.49	1.1384	\$ 34.69
mar-03	15	\$ 33.16	0.9984	\$ 33.21
abr-03	16	\$ 28.14	0.9560	\$ 29.43
may-03	17	\$ 28.07	0.9604	\$ 29.23
jun-03	18	\$ 30.52	0.9570	\$ 31.89
jul-03	19	\$ 29.31	0.9702	\$ 30.21
ago-03	20	\$ 31.60	0.9854	\$ 32.07
sep-03	21	\$ 28.31	1.0017	\$ 28.26
oct-03	22	\$ 27.71	0.9730	\$ 28.47
nov-03	23	\$ 36.23	1.0546	\$ 34.36
dic-03	24	\$ 32.14	0.9464	\$ 33.96
ene-04	25	\$ 37.83	1.0586	\$ 35.73
feb-04	26	\$ 38.13	1.1384	\$ 33.50
mar-04	27	\$ 33.53	0.9984	\$ 33.58
abr-04	28	\$ 36.62	0.9560	\$ 38.30
may-04	29	\$ 42.29	0.9604	\$ 44.04
jun-04	30	\$ 38.05	0.9570	\$ 39.76
jul-04	31	\$ 40.81	0.9702	\$ 42.06
ago-04	32	\$ 42.84	0.9854	\$ 43.48
sep-04	33	\$ 45.94	1.0017	\$ 45.86
oct-04	34	\$ 53.09	0.9730	\$ 54.56
nov-04	35	\$ 50.90	1.0546	\$ 48.27
dic-04	36	\$ 43.26	0.9464	\$ 45.71

Cont. Tabla (2-19)

Mes-Año	T	Serie = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	IVEN	Serie = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días desestacionalizada USD/BLS
---------	---	---	------	--

ene-05	37	\$ 49.19	1.0586	\$ 46.47
feb-05	38	\$ 53.11	1.1384	\$ 46.65
mar-05	39	\$ 52.15	0.9984	\$ 52.23
abr-05	40	\$ 53.22	0.9560	\$ 55.67
may-05	41	\$ 49.87	0.9604	\$ 51.93
jun-05	42	\$ 53.86	0.9570	\$ 56.28
jul-05	43	\$ 61.98	0.9702	\$ 63.88
ago-05	44	\$ 59.34	0.9854	\$ 60.22
sep-05	45	\$ 65.55	1.0017	\$ 65.44
oct-05	46	\$ 62.27	0.9730	\$ 63.99
nov-05	47	\$ 61.26	1.0546	\$ 58.09
dic-05	48	\$ 59.45	0.9464	\$ 62.82

Tabla (2-20)

Pronóstico de la serie

Mes-Año	Serie = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días desest. USD/BLS	LN (Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustada a 21 días y desest.)	Recta	Exponencial (Recta)	IVEN	Pronóstico de la Serie = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS
ene-02	\$ 18.64	2.93	3.11	22.33	1.0586	\$ 23.64
feb-02	\$ 20.15	3.00	3.13	22.82	1.1384	\$ 25.98
mar-02	\$ 25.71	3.25	3.15	23.33	0.9984	\$ 23.29
abr-02	\$ 26.38	3.27	3.17	23.84	0.9560	\$ 22.79
may-02	\$ 26.79	3.29	3.19	24.37	0.9604	\$ 23.40
jun-02	\$ 28.03	3.33	3.22	24.90	0.9570	\$ 23.83
jul-02	\$ 27.77	3.32	3.24	25.45	0.9702	\$ 24.70
ago-02	\$ 27.32	3.31	3.26	26.02	0.9854	\$ 25.63
sep-02	\$ 31.10	3.44	3.28	26.59	1.0017	\$ 26.63
oct-02	\$ 27.08	3.30	3.30	27.18	0.9730	\$ 26.44
nov-02	\$ 27.45	3.31	3.32	27.78	1.0546	\$ 29.29
dic-02	\$ 31.06	3.44	3.35	28.39	0.9464	\$ 26.87
ene-03	\$ 30.89	3.43	3.37	29.01	1.0586	\$ 30.71
feb-03	\$ 34.69	3.55	3.39	29.65	1.1384	\$ 33.76
mar-03	\$ 33.21	3.50	3.41	30.31	0.9984	\$ 30.26
abr-03	\$ 29.43	3.38	3.43	30.98	0.9560	\$ 29.61
may-03	\$ 29.23	3.38	3.46	31.66	0.9604	\$ 30.41
jun-03	\$ 31.89	3.46	3.48	32.36	0.9570	\$ 30.97
jul-03	\$ 30.21	3.41	3.50	33.07	0.9702	\$ 32.09
ago-03	\$ 32.07	3.47	3.52	33.80	0.9854	\$ 33.31
sep-03	\$ 28.26	3.34	3.54	34.55	1.0017	\$ 34.61
oct-03	\$ 28.47	3.35	3.56	35.31	0.9730	\$ 34.36
nov-03	\$ 34.36	3.54	3.59	36.09	1.0546	\$ 38.06
dic-03	\$ 33.96	3.53	3.61	36.88	0.9464	\$ 34.91
ene-04	\$ 35.73	3.58	3.63	37.70	1.0586	\$ 39.91
feb-04	\$ 33.50	3.51	3.65	38.53	1.1384	\$ 43.86
mar-04	\$ 33.58	3.51	3.67	39.38	0.9984	\$ 39.32
abr-04	\$ 38.30	3.65	3.70	40.25	0.9560	\$ 38.48
may-04	\$ 44.04	3.79	3.72	41.14	0.9604	\$ 39.51
jun-04	\$ 39.76	3.68	3.74	42.04	0.9570	\$ 40.23
jul-04	\$ 42.06	3.74	3.76	42.97	0.9702	\$ 41.69
ago-04	\$ 43.48	3.77	3.78	43.92	0.9854	\$ 43.28
sep-04	\$ 45.86	3.83	3.80	44.89	1.0017	\$ 44.96
oct-04	\$ 54.56	4.00	3.83	45.88	0.9730	\$ 44.64
nov-04	\$ 48.27	3.88	3.85	46.89	1.0546	\$ 49.45
dic-04	\$ 45.71	3.82	3.87	47.92	0.9464	\$ 45.35

Cont. Tabla (2-20)

Mes-Año	Serie = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días desest. USD/BLS	LN (Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustada a 21 días y desest.)	Recta	Exponencial (Recta)	IVEN	Pronóstico de la Serie = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS
ene-05	\$ 46.47	3.84	3.89	48.98	1.0586	\$ 51.85
feb-05	\$ 46.65	3.84	3.91	50.06	1.1384	\$ 56.99
mar-05	\$ 52.23	3.96	3.94	51.16	0.9984	\$ 51.08
abr-05	\$ 55.67	4.02	3.96	52.29	0.9560	\$ 49.99
may-05	\$ 51.93	3.95	3.98	53.45	0.9604	\$ 51.33
jun-05	\$ 56.28	4.03	4.00	54.63	0.9570	\$ 52.28
jul-05	\$ 63.88	4.16	4.02	55.83	0.9702	\$ 54.17
ago-05	\$ 60.22	4.10	4.04	57.06	0.9854	\$ 56.23
sep-05	\$ 65.44	4.18	4.07	58.32	1.0017	\$ 58.42
oct-05	\$ 63.99	4.16	4.09	59.61	0.9730	\$ 58.00
nov-05	\$ 58.09	4.06	4.11	60.92	1.0546	\$ 64.25
dic-05	\$ 62.82	4.14	4.13	62.27	0.9464	\$ 58.93

Tabla (2-21)

Serie, pronóstico y error cuadrático

Mes-Año	Pronóstico de la Serie = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Serie = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	Error cuadrático
ene-02	\$ 23.64	\$ 19.73	15.29
feb-02	\$ 25.98	\$ 22.94	9.25
mar-02	\$ 23.29	\$ 25.66	5.64
abr-02	\$ 22.79	\$ 25.22	5.91
may-02	\$ 23.40	\$ 25.73	5.41
jun-02	\$ 23.83	\$ 26.82	8.94
jul-02	\$ 24.70	\$ 26.94	5.04
ago-02	\$ 25.63	\$ 26.92	1.65
sep-02	\$ 26.63	\$ 31.15	20.42
oct-02	\$ 26.44	\$ 26.35	0.01
nov-02	\$ 29.29	\$ 28.95	0.12
dic-02	\$ 26.87	\$ 29.39	6.39
ene-03	\$ 30.71	\$ 32.70	3.94
feb-03	\$ 33.76	\$ 39.49	32.91
mar-03	\$ 30.26	\$ 33.16	8.39
abr-03	\$ 29.61	\$ 28.14	2.18
may-03	\$ 30.41	\$ 28.07	5.46
jun-03	\$ 30.97	\$ 30.52	0.20
jul-03	\$ 32.09	\$ 29.31	7.73
ago-03	\$ 33.31	\$ 31.60	2.92
sep-03	\$ 34.61	\$ 28.31	39.62
oct-03	\$ 34.36	\$ 27.71	44.23
nov-03	\$ 38.06	\$ 36.23	3.33
dic-03	\$ 34.91	\$ 32.14	7.64
ene-04	\$ 39.91	\$ 37.83	4.32
feb-04	\$ 43.86	\$ 38.13	32.83
mar-04	\$ 39.32	\$ 33.53	33.52
abr-04	\$ 38.48	\$ 36.62	3.46
may-04	\$ 39.51	\$ 42.29	7.76
jun-04	\$ 40.23	\$ 38.05	4.77
jul-04	\$ 41.69	\$ 40.81	0.78
ago-04	\$ 43.28	\$ 42.84	0.19
sep-04	\$ 44.96	\$ 45.94	0.95
oct-04	\$ 44.64	\$ 53.09	71.47
nov-04	\$ 49.45	\$ 50.90	2.11
dic-04	\$ 45.35	\$ 43.26	4.40

Cont. Tabla (2-21)

Mes-Año	Pronóstico de la Serie = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX USD/BLS	Serie = Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	Error cuadrático
----------------	--	--	-------------------------

ene-05	\$ 51.85	\$ 49.19	7.05
feb-05	\$ 56.99	\$ 53.11	15.03
mar-05	\$ 51.08	\$ 52.15	1.13
abr-05	\$ 49.99	\$ 53.22	10.41
may-05	\$ 51.33	\$ 49.87	2.13
jun-05	\$ 52.28	\$ 53.86	2.49
jul-05	\$ 54.17	\$ 61.98	61.01
ago-05	\$ 56.23	\$ 59.34	9.70
sep-05	\$ 58.42	\$ 65.55	50.87
oct-05	\$ 58.00	\$ 62.27	18.22
nov-05	\$ 64.25	\$ 61.26	8.92
dic-05	\$ 58.93	\$ 59.45	0.27

Tabla (2-22)

Descomposición de la serie

Mes- Año	Tendencia	Estacionalidad	Ciclo	Residuo
ene-02	\$22.33	1.0586		0.8346
feb-02	\$22.82	1.1384		0.8829
mar-02	\$23.33	0.9984	\$24.31	1.1020
abr-02	\$23.84	0.9560	\$25.36	1.1066
may-02	\$24.37	0.9604	\$25.99	1.0994
jun-02	\$24.90	0.9570	\$26.44	1.1255
jul-02	\$25.45	0.9702	\$27.24	1.0909
ago-02	\$26.02	0.9854	\$27.79	1.0501
sep-02	\$26.59	1.0017	\$28.43	1.1697
oct-02	\$27.18	0.9730	\$28.40	0.9966
nov-02	\$27.78	1.0546	\$29.13	0.9882
dic-02	\$28.39	0.9464	\$30.81	1.0941
ene-03	\$29.01	1.0586	\$33.11	1.0647
feb-03	\$29.65	1.1384	\$34.19	1.1699
mar-03	\$30.31	0.9984	\$32.83	1.0957
abr-03	\$30.98	0.9560	\$30.76	0.9501
may-03	\$31.66	0.9604	\$29.33	0.9232
jun-03	\$32.36	0.9570	\$29.56	0.9856
jul-03	\$33.07	0.9702	\$29.84	0.9134
ago-03	\$33.80	0.9854	\$29.81	0.9487
sep-03	\$34.55	1.0017	\$29.90	0.8181
oct-03	\$35.31	0.9730	\$30.66	0.8064
nov-03	\$36.09	1.0546	\$32.73	0.9520
dic-03	\$36.88	0.9464	\$34.49	0.9208
ene-04	\$37.70	1.0586	\$35.98	0.9479
feb-04	\$38.53	1.1384	\$36.21	0.8694
mar-04	\$39.38	0.9984	\$36.69	0.8527
abr-04	\$40.25	0.9560	\$37.52	0.9517
may-04	\$41.14	0.9604	\$38.95	1.0705
jun-04	\$42.04	0.9570	\$39.98	0.9457
jul-04	\$42.97	0.9702	\$41.38	0.9789
ago-04	\$43.92	0.9854	\$43.68	0.9900
sep-04	\$44.89	1.0017	\$46.82	1.0217
oct-04	\$45.88	0.9730	\$48.78	1.1894
nov-04	\$46.89	1.0546	\$48.95	1.0294
dic-04	\$47.92	0.9464	\$48.46	0.9538

Cont. Tabla (2-22)

Mes-Año	Tendencia	Estacionalidad	Ciclo	Residuo
ene-05	\$48.98	1.0586	\$49.26	0.9488
feb-05	\$50.06	1.1384	\$50.94	0.9320
mar-05	\$51.16	0.9984	\$52.02	1.0208
abr-05	\$52.29	0.9560	\$52.29	1.0645
may-05	\$53.45	0.9604	\$53.10	0.9715
jun-05	\$54.63	0.9570	\$55.31	1.0302
jul-05	\$55.83	0.9702	\$58.64	1.1442
ago-05	\$57.06	0.9854	\$61.02	1.0554
sep-05	\$58.32	1.0017	\$62.57	1.1221
oct-05	\$59.61	0.9730	\$62.14	1.0736
nov-05	\$60.92	1.0546		0.9535
dic-05	\$62.27	0.9464		1.0088

Anexo para el Capítulo 3

Tabla (3-1)

Serie de tiempo del volumen promedio de las embarcaciones mensuales de las exportaciones de nafta

Mes	Tiempo	Serie: volumen promedio de los embarques mensuales de las exportaciones de nafta
ene-01	1	30.2914
feb-01	2	30.9986
mar-01	3	30.8529
abr-01	4	30.1155
may-01	5	32.2967
jun-01	6	30.8004
jul-01	7	32.5590
ago-01	8	31.6343
sep-01	9	30.7984
oct-01	10	32.0242
nov-01	11	30.5555
dic-01	12	32.4142
ene-02	13	33.1484
feb-02	14	33.2395
mar-02	15	32.5621
abr-02	16	32.2694
may-02	17	30.6468
jun-02	18	31.8982
jul-02	19	32.8537
ago-02	20	32.9063
sep-02	21	32.5198
oct-02	22	32.3241
nov-02	23	31.6747
dic-02	24	31.6138
ene-03	25	33.0258
feb-03	26	31.6676
mar-03	27	32.1289
abr-03	28	32.0874
may-03	29	32.1807
jun-03	30	32.0805
jul-03	31	31.7451
ago-03	32	32.6895
sep-03	33	32.6895
oct-03	34	32.0645
nov-03	35	32.0032
dic-03	36	32.2016

Cont. tabla (3-1)

Mes	Tiempo	Serie: volumen promedio de los embarques mensuales de las exportaciones de nafta
ene-04	37	32.7320
feb-04	38	33.0795
mar-04	39	32.7908
abr-04	40	32.2237
may-04	41	31.4619
jun-04	42	32.2829
jul-04	43	32.0581
ago-04	44	32.5171
sep-04	45	32.8167
oct-04	46	32.1417
nov-04	47	31.8524
dic-04	48	32.0375
ene-05	49	32.3161
feb-05	50	32.0386
mar-05	51	32.0038
abr-05	52	31.5937
may-05	53	31.5065
jun-05	54	31.7730
jul-05	55	31.7018
ago-05	56	31.5189
sep-05	57	30.7796
oct-05	58	31.5407
nov-05	59	31.8874
dic-05	60	31.9579

Tabla (3-2)

Pronósticos ingenuos

Mes	Tiempo	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Serie pronóstico: modelo ingenuo 1	Serie pronóstico: modelo ingenuo 2
ene-01	1	30.2914		
feb-01	2	30.9986	30.2914	
mar-01	3	30.8529	30.9986	31.7059
abr-01	4	30.1155	30.8529	30.7072
may-01	5	32.2967	30.1155	29.3781
jun-01	6	30.8004	32.2967	34.4779
jul-01	7	32.5590	30.8004	29.3040
ago-01	8	31.6343	32.5590	34.3177
sep-01	9	30.7984	31.6343	30.7096
oct-01	10	32.0242	30.7984	29.9624
nov-01	11	30.5555	32.0242	33.2500
dic-01	12	32.4142	30.5555	29.0868
ene-02	13	33.1484	32.4142	34.2730
feb-02	14	33.2395	33.1484	33.8825
mar-02	15	32.5621	33.2395	33.3307
abr-02	16	32.2694	32.5621	31.8848
may-02	17	30.6468	32.2694	31.9766
jun-02	18	31.8982	30.6468	29.0243
jul-02	19	32.8537	31.8982	33.1496
ago-02	20	32.9063	32.8537	33.8091
sep-02	21	32.5198	32.9063	32.9590
oct-02	22	32.3241	32.5198	32.1333
nov-02	23	31.6747	32.3241	32.1285
dic-02	24	31.6138	31.6747	31.0252
ene-03	25	33.0258	31.6138	31.5529
feb-03	26	31.6676	33.0258	34.4378
mar-03	27	32.1289	31.6676	30.3094
abr-03	28	32.0874	32.1289	32.5901
may-03	29	32.1807	32.0874	32.0460
jun-03	30	32.0805	32.1807	32.2741
jul-03	31	31.7451	32.0805	31.9803
ago-03	32	32.6895	31.7451	31.4096
sep-03	33	32.6895	32.6895	33.6338
oct-03	34	32.0645	32.6895	32.6895
nov-03	35	32.0032	32.0645	31.4395
dic-03	36	32.2016	32.0032	31.9420

Cont. tabla (3-2)

Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Serie pronóstico: modelo ingenuo 1	Serie pronóstico: modelo ingenuo 2
ene-04	32.7320	32.2016	32.3999
feb-04	33.0795	32.7320	33.2624
mar-04	32.7908	33.0795	33.4269
abr-04	32.2237	32.7908	32.5022
may-04	31.4619	32.2237	31.6566
jun-04	32.2829	31.4619	30.7001
jul-04	32.0581	32.2829	33.1039
ago-04	32.5171	32.0581	31.8332
sep-04	32.8167	32.5171	32.9761
oct-04	32.1417	32.8167	33.1163
nov-04	31.8524	32.1417	31.4667
dic-04	32.0375	31.8524	31.5631
ene-05	32.3161	32.0375	32.2226
feb-05	32.0386	32.3161	32.5947
mar-05	32.0038	32.0386	31.7611
abr-05	31.5937	32.0038	31.9690
may-05	31.5065	31.5937	31.1836
jun-05	31.7730	31.5065	31.4192
jul-05	31.7018	31.7730	32.0396
ago-05	31.5189	31.7018	31.6305
sep-05	30.7796	31.5189	31.3359
oct-05	31.5407	30.7796	30.0404
nov-05	31.8874	31.5407	32.3018
dic-05	31.9579	31.8874	32.2341

Tabla (3-3)

Pronóstico: promedio simple

Mes	Tiempo	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Serie pronóstico: promedio simple
ene-01	1	30.2914	31.9696
feb-01	2	30.9986	31.9696
mar-01	3	30.8529	31.9696
abr-01	4	30.1155	31.9696
may-01	5	32.2967	31.9696
jun-01	6	30.8004	31.9696
jul-01	7	32.5590	31.9696
ago-01	8	31.6343	31.9696
sep-01	9	30.7984	31.9696
oct-01	10	32.0242	31.9696
nov-01	11	30.5555	31.9696
dic-01	12	32.4142	31.9696
ene-02	13	33.1484	31.9696
feb-02	14	33.2395	31.9696
mar-02	15	32.5621	31.9696
abr-02	16	32.2694	31.9696
may-02	17	30.6468	31.9696
jun-02	18	31.8982	31.9696
jul-02	19	32.8537	31.9696
ago-02	20	32.9063	31.9696
sep-02	21	32.5198	31.9696
oct-02	22	32.3241	31.9696
nov-02	23	31.6747	31.9696
dic-02	24	31.6138	31.9696
ene-03	25	33.0258	31.9696
feb-03	26	31.6676	31.9696
mar-03	27	32.1289	31.9696
abr-03	28	32.0874	31.9696
may-03	29	32.1807	31.9696
jun-03	30	32.0805	31.9696
jul-03	31	31.7451	31.9696
ago-03	32	32.6895	31.9696
sep-03	33	32.6895	31.9696
oct-03	34	32.0645	31.9696
nov-03	35	32.0032	31.9696
dic-03	36	32.2016	31.9696

Cont. tabla (3-3)

Mes	Tiempo	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Serie pronóstico: promedio simple
ene-04	37	32.7320	31.9696
feb-04	38	33.0795	31.9696
mar-04	39	32.7908	31.9696
abr-04	40	32.2237	31.9696
may-04	41	31.4619	31.9696
jun-04	42	32.2829	31.9696
jul-04	43	32.0581	31.9696
ago-04	44	32.5171	31.9696
sep-04	45	32.8167	31.9696
oct-04	46	32.1417	31.9696
nov-04	47	31.8524	31.9696
dic-04	48	32.0375	31.9696
ene-05	49	32.3161	31.9696
feb-05	50	32.0386	31.9696
mar-05	51	32.0038	31.9696
abr-05	52	31.5937	31.9696
may-05	53	31.5065	31.9696
jun-05	54	31.7730	31.9696
jul-05	55	31.7018	31.9696
ago-05	56	31.5189	31.9696
sep-05	57	30.7796	31.9696
oct-05	58	31.5407	31.9696
nov-05	59	31.8874	31.9696
dic-05	60	31.9579	31.9696

Tabla (3-4) Pronósticos: promedios móviles

Mes	Tiempo	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Serie pronóstico: promedio móvil de orden 3	Serie pronóstico: promedio móvil de orden 6	Serie pronóstico: promedio móvil de orden 12
ene-01	1	30.2914			
feb-01	2	30.9986			
mar-01	3	30.8529			
abr-01	4	30.1155	30.7143		
may-01	5	32.2967	30.6557		
jun-01	6	30.8004	31.0884		
jul-01	7	32.5590	31.0709	30.8926	
ago-01	8	31.6343	31.8854	31.2705	
sep-01	9	30.7984	31.6646	31.3765	
oct-01	10	32.0242	31.6639	31.3674	
nov-01	11	30.5555	31.4856	31.6855	
dic-01	12	32.4142	31.1260	31.3953	
ene-02	13	33.1484	31.6646	31.6643	31.2784
feb-02	14	33.2395	32.0394	31.7625	31.5165
mar-02	15	32.5621	32.9340	32.0300	31.7033
abr-02	16	32.2694	32.9833	32.3240	31.8457
may-02	17	30.6468	32.6903	32.3649	32.0252
jun-02	18	31.8982	31.8261	32.3801	31.8877
jul-02	19	32.8537	31.6048	32.2941	31.9792
ago-02	20	32.9063	31.7996	32.2450	32.0037
sep-02	21	32.5198	32.5527	32.1894	32.1097
oct-02	22	32.3241	32.7599	32.1824	32.2532
nov-02	23	31.6747	32.5834	32.1915	32.2782
dic-02	24	31.6138	32.1729	32.3628	32.3714
ene-03	25	33.0258	31.8709	32.3154	32.3047
feb-03	26	31.6676	32.1047	32.3441	32.2945
mar-03	27	32.1289	32.1024	32.1376	32.1635
abr-03	28	32.0874	32.2741	32.0725	32.1274
may-03	29	32.1807	31.9613	32.0330	32.1123
jun-03	30	32.0805	32.1323	32.1174	32.2401
jul-03	31	31.7451	32.1162	32.1951	32.2553
ago-03	32	32.6895	32.0021	31.9817	32.1629
sep-03	33	32.6895	32.1717	32.1520	32.1448
oct-03	34	32.0645	32.3747	32.2454	32.1590
nov-03	35	32.0032	32.4811	32.2416	32.1373
dic-03	36	32.2016	32.2524	32.2120	32.1647

Cont. tabla (3-4)

Mes	Tiempo	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Serie pronóstico: promedio móvil de orden 3	Serie pronóstico: promedio móvil de orden 6	Serie pronóstico: promedio móvil de orden 12
ene-04	37	32.7320	32.0898	32.2322	32.2137
feb-04	38	33.0795	32.3123	32.3967	32.1892
mar-04	39	32.7908	32.6710	32.4617	32.3069
abr-04	40	32.2237	32.8674	32.4786	32.3620
may-04	41	31.4619	32.6980	32.5051	32.3734
jun-04	42	32.2829	32.1588	32.4149	32.3135
jul-04	43	32.0581	31.9895	32.4285	32.3303
ago-04	44	32.5171	31.9343	32.3162	32.3564
sep-04	45	32.8167	32.2860	32.2224	32.3421
oct-04	46	32.1417	32.4640	32.2267	32.3527
nov-04	47	31.8524	32.4918	32.2131	32.3591
dic-04	48	32.0375	32.2703	32.2781	32.3465
ene-05	49	32.3161	32.0105	32.2372	32.3329
feb-05	50	32.0386	32.0687	32.2802	32.2982
mar-05	51	32.0038	32.1307	32.2005	32.2115
abr-05	52	31.5937	32.1195	32.0650	32.1459
may-05	53	31.5065	31.8787	31.9737	32.0934
jun-05	54	31.7730	31.7013	31.9160	32.0971
jul-05	55	31.7018	31.6244	31.8719	32.0546
ago-05	56	31.5189	31.6604	31.7696	32.0249
sep-05	57	30.7796	31.6646	31.6829	31.9417
oct-05	58	31.5407	31.3334	31.4789	31.7720
nov-05	59	31.8874	31.2797	31.4701	31.7219
dic-05	60	31.9579	31.4026	31.5336	31.7248

Tabla (3-5)

Pronóstico: suavizamiento exponencial

Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Alisado exponencial $\alpha = 0.01$	Alisado exponencial $\alpha = 0.10$	Alisado exponencial $\alpha = 0.50$	Alisado exponencial $\alpha = 0.90$	Alisado exponen- cial $\alpha = 0.99$
ene-01	30.2914					
feb-01	30.9986	30.2914	30.2914	30.2914	30.2914	30.2914
mar-01	30.8529	30.2984	30.3621	30.6450	30.9279	30.9916
abr-01	30.1155	30.3040	30.4112	30.7490	30.8604	30.8543
may-01	32.2967	30.3021	30.3816	30.4322	30.1900	30.1229
jun-01	30.8004	30.3221	30.5731	31.3645	32.0860	32.2750
jul-01	32.5590	30.3268	30.5958	31.0824	30.9289	30.8151
ago-01	31.6343	30.3492	30.7922	31.8207	32.3960	32.5416
sep-01	30.7984	30.3620	30.8764	31.7275	31.7105	31.6434
oct-01	32.0242	30.3664	30.8686	31.2630	30.8896	30.8068
nov-01	30.5555	30.3830	30.9841	31.6436	31.9107	32.0120
dic-01	32.4142	30.3847	30.9413	31.0995	30.6910	30.5701
ene-02	33.1484	30.4050	31.0886	31.7569	32.2419	32.3958
feb-02	33.2395	30.4324	31.2946	32.4526	33.0577	33.1408
mar-02	32.5621	30.4605	31.4890	32.8461	33.2213	33.2385
abr-02	32.2694	30.4815	31.5964	32.7041	32.6281	32.5689
may-02	30.6468	30.4994	31.6637	32.4867	32.3052	32.2724
jun-02	31.8982	30.5008	31.5620	31.5668	30.8127	30.6631
jul-02	32.8537	30.5148	31.5956	31.7325	31.7897	31.8859
ago-02	32.9063	30.5382	31.7214	32.2931	32.7473	32.8440
sep-02	32.5198	30.5619	31.8399	32.5997	32.8904	32.9057
oct-02	32.3241	30.5815	31.9079	32.5598	32.5569	32.5237
nov-02	31.6747	30.5989	31.9495	32.4420	32.3474	32.3261
dic-02	31.6138	30.6097	31.9220	32.0583	31.7419	31.6812
ene-03	33.0258	30.6197	31.8912	31.8360	31.6266	31.6144
feb-03	31.6676	30.6438	32.0047	32.4309	32.8859	33.0117
mar-03	32.1289	30.6540	31.9710	32.0493	31.7894	31.6810
abr-03	32.0874	30.6687	31.9867	32.0891	32.0949	32.1244
may-03	32.1807	30.6829	31.9968	32.0882	32.0882	32.0878
jun-03	32.0805	30.6979	32.0152	32.1345	32.1715	32.1798
jul-03	31.7451	30.7117	32.0217	32.1075	32.0896	32.0815
ago-03	32.6895	30.7221	31.9941	31.9263	31.7795	31.7484
sep-03	32.6895	30.7417	32.0636	32.3079	32.5985	32.6800
oct-03	32.0645	30.7612	32.1262	32.4987	32.6804	32.6894
nov-03	32.0032	30.7743	32.1200	32.2816	32.1261	32.0707
dic-03	32.2016	30.7865	32.1083	32.1424	32.0155	32.0039

Cont. Tabla (3-5)

Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Alisado exponencial $\alpha = 0.01$	Alisado exponencial $\alpha = 0.10$	Alisado exponencial $\alpha = 0.50$	Alisado exponencial $\alpha = 0.90$	Alisado exponencial $\alpha = 0.99$
ene-04	32.7320	30.8007	32.1177	32.1720	32.1830	32.1996
feb-04	33.0795	30.8200	32.1791	32.4520	32.6771	32.7267
mar-04	32.7908	30.8426	32.2691	32.7657	33.0392	33.0759
abr-04	32.2237	30.8621	32.3213	32.7783	32.8157	32.7937
may-04	31.4619	30.8757	32.3115	32.5010	32.2829	32.2294
jun-04	32.2829	30.8816	32.2266	31.9815	31.5440	31.4696
jul-04	32.0581	30.8956	32.2322	32.1322	32.2090	32.2748
ago-04	32.5171	30.9072	32.2148	32.0951	32.0732	32.0602
sep-04	32.8167	30.9233	32.2450	32.3061	32.4727	32.5125
oct-04	32.1417	30.9422	32.3022	32.5614	32.7823	32.8136
nov-04	31.8524	30.9542	32.2861	32.3515	32.2057	32.1484
dic-04	32.0375	30.9632	32.2428	32.1020	31.8877	31.8554
ene-05	32.3161	30.9740	32.2222	32.0697	32.0225	32.0357
feb-05	32.0386	30.9874	32.2316	32.1929	32.2867	32.3133
mar-05	32.0038	30.9979	32.2123	32.1158	32.0634	32.0413
abr-05	31.5937	31.0079	32.1915	32.0598	32.0098	32.0042
may-05	31.5065	31.0138	32.1317	31.8267	31.6353	31.5978
jun-05	31.7730	31.0187	32.0692	31.6666	31.5193	31.5074
jul-05	31.7018	31.0263	32.0396	31.7198	31.7477	31.7704
ago-05	31.5189	31.0330	32.0058	31.7108	31.7064	31.7025
sep-05	30.7796	31.0379	31.9571	31.6148	31.5376	31.5207
oct-05	31.5407	31.0353	31.8393	31.1972	30.8554	30.7870
nov-05	31.8874	31.0404	31.8095	31.3690	31.4722	31.5332
dic-05	31.9579	31.0488	31.8173	31.6282	31.8459	31.8838

Tabla (3-6)

Pronóstico: suavizamiento exponencial

Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Alisado exponencial $\alpha = 0.28$	Alisado exponencial $\alpha = 0.31$	Alisado exponencial $\alpha = 0.60$	Alisado exponencial $\alpha = 0.75$
ene-01	30.2914				
feb-01	30.9986	30.2914	30.2914	30.2914	30.2914
mar-01	30.8529	30.4894	30.5106	30.7157	30.8218
abr-01	30.1155	30.5912	30.6167	30.7980	30.8451
may-01	32.2967	30.4580	30.4614	30.3885	30.2979
jun-01	30.8004	30.9728	31.0303	31.5334	31.7970
jul-01	32.5590	30.9245	30.9590	31.0936	31.0495
ago-01	31.6343	31.3822	31.4550	31.9728	32.1816
sep-01	30.7984	31.4528	31.5106	31.7697	31.7712
oct-01	32.0242	31.2696	31.2898	31.1869	31.0416
nov-01	30.5555	31.4809	31.5175	31.6893	31.7785
dic-01	32.4142	31.2218	31.2193	31.0090	30.8612
ene-02	33.1484	31.5556	31.5897	31.8521	32.0260
feb-02	33.2395	32.0016	32.0729	32.6299	32.8678
mar-02	32.5621	32.3482	32.4345	32.9957	33.1466
abr-02	32.2694	32.4081	32.4741	32.7356	32.7083
may-02	30.6468	32.3693	32.4106	32.4558	32.3791
jun-02	31.8982	31.8870	31.8639	31.3704	31.0799
jul-02	32.8537	31.8901	31.8745	31.6871	31.6936
ago-02	32.9063	32.1599	32.1780	32.3870	32.5637
sep-02	32.5198	32.3689	32.4038	32.6986	32.8207
oct-02	32.3241	32.4112	32.4398	32.5913	32.5950
nov-02	31.6747	32.3868	32.4039	32.4310	32.3919
dic-02	31.6138	32.1874	32.1779	31.9772	31.8540
ene-03	33.0258	32.0268	32.0030	31.7591	31.6738
feb-03	31.6676	32.3065	32.3201	32.5191	32.6878
mar-03	32.1289	32.1276	32.1178	32.0082	31.9226
abr-03	32.0874	32.1280	32.1212	32.0806	32.0773
may-03	32.1807	32.1166	32.1107	32.0847	32.0849
jun-03	32.0805	32.1346	32.1324	32.1423	32.1568
jul-03	31.7451	32.1194	32.1163	32.1052	32.0996
ago-03	32.6895	32.0146	32.0012	31.8891	31.8337
sep-03	32.6895	32.2036	32.2146	32.3693	32.4755
oct-03	32.0645	32.3396	32.3618	32.5614	32.6360
nov-03	32.0032	32.2626	32.2696	32.2633	32.2074
dic-03	32.2016	32.1900	32.1871	32.1072	32.0543

Cont. Tabla (3-6)

Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Alisado exponencial $\alpha = 0.28$	Alisado exponencial $\alpha = 0.31$	Alisado exponencial $\alpha = 0.60$	Alisado exponencial $\alpha = 0.75$
ene-04	32.7320	32.1932	32.1916	32.1638	32.1647
feb-04	33.0795	32.3441	32.3591	32.5047	32.5902
mar-04	32.7908	32.5500	32.5824	32.8496	32.9571
abr-04	32.2237	32.6174	32.6470	32.8143	32.8324
may-04	31.4619	32.5072	32.5158	32.4600	32.3759
jun-04	32.2829	32.2145	32.1891	31.8611	31.6904
jul-04	32.0581	32.2337	32.2182	32.1142	32.1348
ago-04	32.5171	32.1845	32.1685	32.0805	32.0773
sep-04	32.8167	32.2776	32.2766	32.3425	32.4071
oct-04	32.1417	32.4286	32.4440	32.6270	32.7143
nov-04	31.8524	32.3482	32.3503	32.3358	32.2848
dic-04	32.0375	32.2094	32.1959	32.0458	31.9605
ene-05	32.3161	32.1613	32.1468	32.0408	32.0183
feb-05	32.0386	32.2046	32.1993	32.2060	32.2416
mar-05	32.0038	32.1581	32.1495	32.1055	32.0894
abr-05	31.5937	32.1149	32.1043	32.0445	32.0252
may-05	31.5065	31.9690	31.9460	31.7740	31.7016
jun-05	31.7730	31.8395	31.8098	31.6135	31.5552
jul-05	31.7018	31.8209	31.7984	31.7092	31.7186
ago-05	31.5189	31.7875	31.7684	31.7048	31.7060
sep-05	30.7796	31.7123	31.6911	31.5932	31.5656
oct-05	31.5407	31.4511	31.4085	31.1051	30.9761
nov-05	31.8874	31.4762	31.4495	31.3664	31.3996
dic-05	31.9579	31.5913	31.5852	31.6790	31.7654

Tabla (3-7)

Errores cuadrático y absoluto medio		0.6242	1.7969	0.5918	0.9486
Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Error cuadrático para la serie pronóstico: ingenuo 1	Error cuadrático para la serie pronóstico: ingenuo 2	Error absoluto para la serie pronóstico: ingenuo 1	Error absoluto para la serie pronóstico: ingenuo 2
ene-01	30.2914				
feb-01	30.9986	0.5002		0.7073	
mar-01	30.8529	0.0212	0.7276	0.1457	0.8530
abr-01	30.1155	0.5438	0.3501	0.7374	0.5917
may-01	32.2967	4.7577	8.5185	2.1812	2.9186
jun-01	30.8004	2.2390	13.5245	1.4963	3.6776
jul-01	32.5590	3.0928	10.5949	1.7586	3.2550
ago-01	31.6343	0.8550	7.2003	0.9247	2.6833
sep-01	30.7984	0.6988	0.0079	0.8359	0.0887
oct-01	32.0242	1.5026	4.2508	1.2258	2.0617
nov-01	30.5555	2.1571	7.2602	1.4687	2.6945
dic-01	32.4142	3.4549	11.0718	1.8587	3.3274
ene-02	33.1484	0.5389	1.2647	0.7341	1.1246
feb-02	33.2395	0.0083	0.4134	0.0912	0.6430
mar-02	32.5621	0.4588	0.5907	0.6774	0.7685
abr-02	32.2694	0.0857	0.1479	0.2928	0.3846
may-02	30.6468	2.6326	1.7683	1.6225	1.3298
jun-02	31.8982	1.5660	8.2595	1.2514	2.8739
jul-02	32.8537	0.9129	0.0876	0.9555	0.2959
ago-02	32.9063	0.0028	0.8151	0.0527	0.9028
sep-02	32.5198	0.1494	0.1929	0.3865	0.4392
oct-02	32.3241	0.0383	0.0364	0.1957	0.1908
nov-02	31.6747	0.4218	0.2059	0.6495	0.4538
dic-02	31.6138	0.0037	0.3464	0.0609	0.5886
ene-03	33.0258	1.9938	2.1695	1.4120	1.4729
feb-03	31.6676	1.8447	7.6739	1.3582	2.7702
mar-03	32.1289	0.2128	3.3104	0.4613	1.8194
abr-03	32.0874	0.0017	0.2527	0.0414	0.5027
may-03	32.1807	0.0087	0.0182	0.0933	0.1348
jun-03	32.0805	0.0100	0.0375	0.1002	0.1936
jul-03	31.7451	0.1125	0.0553	0.3354	0.2352
ago-03	32.6895	0.8919	1.6379	0.9444	1.2798
sep-03	32.6895	0.0000	0.8918	0.0000	0.9444
oct-03	32.0645	0.3906	0.3907	0.6250	0.6250
nov-03	32.0032	0.0038	0.3178	0.0612	0.5638
dic-03	32.2016	0.0393	0.0674	0.1983	0.2596

Cont. Tabla (3-7)

Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Error cuadrático para la serie pronóstico: ingenuo 1	Error cuadrático para la serie pronóstico: ingenuo 2	Error absoluto para la serie pronóstico: ingenuo 1	Error absoluto para la serie pronóstico: ingenuo 2
ene-04	32.7320	0.2813	0.1103	0.5304	0.3321
feb-04	33.0795	0.1207	0.0335	0.3475	0.1829
mar-04	32.7908	0.0833	0.4046	0.2886	0.6361
abr-04	32.2237	0.3216	0.0776	0.5671	0.2785
may-04	31.4619	0.5803	0.0379	0.7618	0.1947
jun-04	32.2829	0.6740	2.5052	0.8210	1.5828
jul-04	32.0581	0.0506	1.0938	0.2248	1.0458
ago-04	32.5171	0.2107	0.4677	0.4590	0.6839
sep-04	32.8167	0.0897	0.0254	0.2996	0.1594
oct-04	32.1417	0.4556	0.9498	0.6750	0.9746
nov-04	31.8524	0.0837	0.1488	0.2893	0.3857
dic-04	32.0375	0.0343	0.2251	0.1851	0.4744
ene-05	32.3161	0.0776	0.0087	0.2786	0.0935
feb-05	32.0386	0.0770	0.3092	0.2775	0.5561
mar-05	32.0038	0.0012	0.0589	0.0348	0.2427
abr-05	31.5937	0.1682	0.1409	0.4101	0.3754
may-05	31.5065	0.0076	0.1043	0.0872	0.3229
jun-05	31.7730	0.0711	0.1252	0.2666	0.3538
jul-05	31.7018	0.0051	0.1141	0.0712	0.3378
ago-05	31.5189	0.0335	0.0125	0.1829	0.1117
sep-05	30.7796	0.5465	0.3095	0.7392	0.5563
oct-05	31.5407	0.5792	2.2509	0.7611	1.5003
nov-05	31.8874	0.1202	0.1717	0.3467	0.4144
dic-05	31.9579	0.0050	0.0763	0.0705	0.2762

Tabla (3-8)

Errores:		0.5048	0.5457
Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Error cuadrático medio para el pronóstico del promedio simple	Error absoluto medio para el pronóstico del promedio simple
ene-01	30.2914	2.8163	1.6782
feb-01	30.9986	0.9427	0.9709
mar-01	30.8529	1.2469	1.1167
abr-01	30.1155	3.4376	1.8541
may-01	32.2967	0.1070	0.3271
jun-01	30.8004	1.3670	1.1692
jul-01	32.5590	0.3474	0.5894
ago-01	31.6343	0.1124	0.3352
sep-01	30.7984	1.3717	1.1712
oct-01	32.0242	0.0030	0.0546
nov-01	30.5555	1.9996	1.4141
dic-01	32.4142	0.1977	0.4447
ene-02	33.1484	1.3895	1.1788
feb-02	33.2395	1.6128	1.2700
mar-02	32.5621	0.3511	0.5926
abr-02	32.2694	0.0899	0.2998
may-02	30.6468	1.7497	1.3227
jun-02	31.8982	0.0051	0.0714
jul-02	32.8537	0.7816	0.8841
ago-02	32.9063	0.8775	0.9368
sep-02	32.5198	0.3028	0.5502
oct-02	32.3241	0.1257	0.3546
nov-02	31.6747	0.0870	0.2949
dic-02	31.6138	0.1266	0.3558
ene-03	33.0258	1.1156	1.0562
feb-03	31.6676	0.0912	0.3020
mar-03	32.1289	0.0254	0.1593
abr-03	32.0874	0.0139	0.1178
may-03	32.1807	0.0446	0.2112
jun-03	32.0805	0.0123	0.1109
jul-03	31.7451	0.0504	0.2245
ago-03	32.6895	0.5182	0.7199
sep-03	32.6895	0.5183	0.7199
oct-03	32.0645	0.0090	0.0949
nov-03	32.0032	0.0011	0.0337
dic-03	32.2016	0.0538	0.2320

Cont. Tabla (3-8)

Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Error cuadrático medio para el pronóstico del promedio simple	Error absoluto medio para el pronóstico del promedio simple
ene-04	32.7320	0.5813	0.7624
feb-04	33.0795	1.2318	1.1099
mar-04	32.7908	0.6745	0.8213
abr-04	32.2237	0.0646	0.2541
may-04	31.4619	0.2577	0.5077
jun-04	32.2829	0.0982	0.3133
jul-04	32.0581	0.0078	0.0885
ago-04	32.5171	0.2998	0.5475
sep-04	32.8167	0.7176	0.8471
oct-04	32.1417	0.0296	0.1721
nov-04	31.8524	0.0137	0.1172
dic-04	32.0375	0.0046	0.0680
ene-05	32.3161	0.1201	0.3465
feb-05	32.0386	0.0048	0.0690
mar-05	32.0038	0.0012	0.0342
abr-05	31.5937	0.1413	0.3759
may-05	31.5065	0.2145	0.4631
jun-05	31.7730	0.0386	0.1965
jul-05	31.7018	0.0717	0.2678
ago-05	31.5189	0.2031	0.4507
sep-05	30.7796	1.4160	1.1900
oct-05	31.5407	0.1839	0.4289
nov-05	31.8874	0.0068	0.0822
dic-05	31.9579	0.0001	0.0117

Tabla (3-9)

Error cuadrático medio		0.5341	0.4106	0.4038
Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Error cuadrático para la serie pronóstico: promedio móvil de orden 3	Error cuadrático para la serie pronóstico: promedio móvil de orden 6	Error cuadrático para la serie pronóstico: promedio móvil de orden 12
ene-01	30.2914			
feb-01	30.9986			
mar-01	30.8529			
abr-01	30.1155	0.3586		
may-01	32.2967	2.6930		
jun-01	30.8004	0.0829		
jul-01	32.5590	2.2146	2.7770	
ago-01	31.6343	0.0630	0.1324	
sep-01	30.7984	0.7503	0.3342	
oct-01	32.0242	0.1298	0.4314	
nov-01	30.5555	0.8652	1.2769	
dic-01	32.4142	1.6595	1.0382	
ene-02	33.1484	2.2015	2.2025	3.4966
feb-02	33.2395	1.4404	2.1816	2.9688
mar-02	32.5621	0.1383	0.2832	0.7377
abr-02	32.2694	0.5098	0.0030	0.1795
may-02	30.6468	4.1760	2.9516	1.8999
jun-02	31.8982	0.0052	0.2322	0.0001
jul-02	32.8537	1.5597	0.3132	0.7648
ago-02	32.9063	1.2249	0.4374	0.8147
sep-02	32.5198	0.0011	0.1092	0.1682
oct-02	32.3241	0.1899	0.0201	0.0050
nov-02	31.6747	0.8258	0.2671	0.3642
dic-02	31.6138	0.3126	0.5611	0.5741
ene-03	33.0258	1.3338	0.5046	0.5199
feb-03	31.6676	0.1911	0.4576	0.3930
mar-03	32.1289	0.0007	0.0001	0.0012
abr-03	32.0874	0.0348	0.0002	0.0016
may-03	32.1807	0.0482	0.0218	0.0047
jun-03	32.0805	0.0027	0.0014	0.0255
jul-03	31.7451	0.1378	0.2026	0.2603
ago-03	32.6895	0.4725	0.5009	0.2773
sep-03	32.6895	0.2681	0.2889	0.2967
oct-03	32.0645	0.0962	0.0327	0.0089
nov-03	32.0032	0.2284	0.0568	0.0180
dic-03	32.2016	0.0026	0.0001	0.0014

Cont. Tabla (3-9)

Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Error cuadrático para la serie pronóstico: promedio móvil de orden 3	Error cuadrático para la serie pronóstico: promedio móvil de orden 6	Error cuadrático para la serie pronóstico: promedio móvil de orden 12
ene-04	32.7320	0.4124	0.2498	0.2686
feb-04	33.0795	0.5886	0.4661	0.7925
mar-04	32.7908	0.0144	0.1083	0.2342
abr-04	32.2237	0.4144	0.0650	0.0191
may-04	31.4619	1.5279	1.0883	0.8308
jun-04	32.2829	0.0154	0.0174	0.0009
jul-04	32.0581	0.0047	0.1372	0.0741
ago-04	32.5171	0.3397	0.0404	0.0258
sep-04	32.8167	0.2816	0.3531	0.2253
oct-04	32.1417	0.1039	0.0072	0.0445
nov-04	31.8524	0.4089	0.1301	0.2567
dic-04	32.0375	0.0542	0.0579	0.0955
ene-05	32.3161	0.0934	0.0062	0.0003
feb-05	32.0386	0.0009	0.0584	0.0674
mar-05	32.0038	0.0161	0.0387	0.0431
abr-05	31.5937	0.2765	0.2222	0.3049
may-05	31.5065	0.1386	0.2183	0.3445
jun-05	31.7730	0.0051	0.0204	0.1050
jul-05	31.7018	0.0060	0.0290	0.1245
ago-05	31.5189	0.0200	0.0629	0.2561
sep-05	30.7796	0.7831	0.8160	1.3505
oct-05	31.5407	0.0430	0.0038	0.0535
nov-05	31.8874	0.3693	0.1741	0.0274
dic-05	31.9579	0.3084	0.1800	0.0543

Tabla (3-10)

Error Absoluto medio		0.5649	0.4900	0.4768
Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Error absoluto medio para la serie pronóstico: promedio móvil de orden 3	Error absoluto medio para la serie pronóstico: promedio móvil de orden 6	Error absoluto medio para la serie pronóstico: promedio móvil de orden 12
ene-01	30.2914			
feb-01	30.9986			
mar-01	30.8529			
abr-01	30.1155	0.5988		
may-01	32.2967	1.6410		
jun-01	30.8004	0.2880		
jul-01	32.5590	1.4882	1.6664	
ago-01	31.6343	0.2510	0.3638	
sep-01	30.7984	0.8662	0.5781	
oct-01	32.0242	0.3603	0.6568	
nov-01	30.5555	0.9301	1.1300	
dic-01	32.4142	1.2882	1.0189	
ene-02	33.1484	1.4837	1.4841	1.8699
feb-02	33.2395	1.2002	1.4770	1.7230
mar-02	32.5621	0.3719	0.5321	0.8589
abr-02	32.2694	0.7140	0.0546	0.4237
may-02	30.6468	2.0435	1.7180	1.3784
jun-02	31.8982	0.0721	0.4819	0.0105
jul-02	32.8537	1.2489	0.5596	0.8745
ago-02	32.9063	1.1068	0.6614	0.9026
sep-02	32.5198	0.0329	0.3304	0.4101
oct-02	32.3241	0.4358	0.1418	0.0710
nov-02	31.6747	0.9088	0.5168	0.6035
dic-02	31.6138	0.5591	0.7490	0.7577
ene-03	33.0258	1.1549	0.7104	0.7210
feb-03	31.6676	0.4371	0.6765	0.6269
mar-03	32.1289	0.0265	0.0088	0.0347
abr-03	32.0874	0.1867	0.0149	0.0400
may-03	32.1807	0.2195	0.1477	0.0685
jun-03	32.0805	0.0518	0.0369	0.1596
jul-03	31.7451	0.3711	0.4501	0.5102
ago-03	32.6895	0.6874	0.7078	0.5266
sep-03	32.6895	0.5178	0.5375	0.5447
oct-03	32.0645	0.3102	0.1810	0.0945
nov-03	32.0032	0.4779	0.2384	0.1341
dic-03	32.2016	0.0508	0.0105	0.0369

Cont. Tabla (3-10)

Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Error absoluto medio para la serie pronóstico: promedio móvil de orden 3	Error absoluto medio para la serie pronóstico: promedio móvil de orden 6	Error absoluto medio para la serie pronóstico: promedio móvil de orden 12
ene-04	32.7320	0.6422	0.4998	0.5183
feb-04	33.0795	0.7672	0.6827	0.8903
mar-04	32.7908	0.1198	0.3291	0.4840
abr-04	32.2237	0.6437	0.2549	0.1383
may-04	31.4619	1.2361	1.0432	0.9115
jun-04	32.2829	0.1241	0.1320	0.0306
jul-04	32.0581	0.0686	0.3704	0.2723
ago-04	32.5171	0.5828	0.2010	0.1607
sep-04	32.8167	0.5307	0.5943	0.4746
oct-04	32.1417	0.3223	0.0851	0.2110
nov-04	31.8524	0.6394	0.3607	0.5067
dic-04	32.0375	0.2327	0.2406	0.3090
ene-05	32.3161	0.3056	0.0789	0.0168
feb-05	32.0386	0.0301	0.2417	0.2596
mar-05	32.0038	0.1269	0.1967	0.2077
abr-05	31.5937	0.5258	0.4713	0.5522
may-05	31.5065	0.3722	0.4672	0.5869
jun-05	31.7730	0.0717	0.1430	0.3240
jul-05	31.7018	0.0774	0.1702	0.3528
ago-05	31.5189	0.1416	0.2507	0.5061
sep-05	30.7796	0.8849	0.9033	1.1621
oct-05	31.5407	0.2073	0.0618	0.2313
nov-05	31.8874	0.6077	0.4173	0.1655
dic-05	31.9579	0.5553	0.4243	0.2331

Tabla (3-11)

Error cuadrático medio		0.4557	0.4546	0.4741
Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Error cuadrático para el alisado exponencial $\alpha = 0.28$	Error cuadrático para el alisado exponencial $\alpha = 0.31$	Error cuadrático para el alisado exponencial $\alpha = 0.50$
ene-01	30.2914			
feb-01	30.9986	0.5002	0.5002	0.5002
mar-01	30.8529	0.1321	0.1172	0.0432
abr-01	30.1155	0.2263	0.2512	0.4013
may-01	32.2967	3.3809	3.3686	3.4763
jun-01	30.8004	0.0297	0.0529	0.3182
jul-01	32.5590	2.6715	2.5600	2.1803
ago-01	31.6343	0.0636	0.0322	0.0347
sep-01	30.7984	0.4283	0.5073	0.8633
oct-01	32.0242	0.5694	0.5393	0.5795
nov-01	30.5555	0.8563	0.9254	1.1839
dic-01	32.4142	1.4220	1.4280	1.7284
ene-02	33.1484	2.5367	2.4294	1.9362
feb-02	33.2395	1.5325	1.3611	0.6192
mar-02	32.5621	0.0458	0.0163	0.0806
abr-02	32.2694	0.0193	0.0419	0.1890
may-02	30.6468	2.9668	3.1110	3.3853
jun-02	31.8982	0.0001	0.0012	0.1098
jul-02	32.8537	0.9284	0.9588	1.2570
ago-02	32.9063	0.5571	0.5304	0.3761
sep-02	32.5198	0.0228	0.0135	0.0064
oct-02	32.3241	0.0076	0.0134	0.0555
nov-02	31.6747	0.5071	0.5318	0.5887
dic-02	31.6138	0.3291	0.3182	0.1976
ene-03	33.0258	0.9980	1.0461	1.4155
feb-03	31.6676	0.4082	0.4257	0.5826
mar-03	32.1289	0.0000	0.0001	0.0063
abr-03	32.0874	0.0016	0.0011	0.0000
may-03	32.1807	0.0041	0.0049	0.0086
jun-03	32.0805	0.0029	0.0027	0.0029
jul-03	31.7451	0.1401	0.1378	0.1314
ago-03	32.6895	0.4554	0.4736	0.5824
sep-03	32.6895	0.2361	0.2255	0.1456
oct-03	32.0645	0.0757	0.0884	0.1885
nov-03	32.0032	0.0673	0.0710	0.0775
dic-03	32.2016	0.0001	0.0002	0.0035

Cont. Tabla (3-11)

Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Error cuadrático para el alisado exponencial $\alpha = 0.28$	Error cuadrático para el alisado exponencial $\alpha = 0.31$	Error cuadrático para el alisado exponencial $\alpha = 0.50$
ene-04	32.7320	0.2903	0.2921	0.3136
feb-04	33.0795	0.5408	0.5189	0.3937
mar-04	32.7908	0.0580	0.0434	0.0006
abr-04	32.2237	0.1550	0.1792	0.3075
may-04	31.4619	1.0926	1.1107	1.0797
jun-04	32.2829	0.0047	0.0088	0.0909
jul-04	32.0581	0.0308	0.0256	0.0055
ago-04	32.5171	0.1106	0.1215	0.1781
sep-04	32.8167	0.2906	0.2917	0.2607
oct-04	32.1417	0.0823	0.0914	0.1762
nov-04	31.8524	0.2459	0.2479	0.2491
dic-04	32.0375	0.0295	0.0251	0.0042
ene-05	32.3161	0.0240	0.0287	0.0607
feb-05	32.0386	0.0276	0.0258	0.0238
mar-05	32.0038	0.0238	0.0212	0.0125
abr-05	31.5937	0.2717	0.2608	0.2173
may-05	31.5065	0.2139	0.1932	0.1026
jun-05	31.7730	0.0044	0.0013	0.0113
jul-05	31.7018	0.0142	0.0093	0.0003
ago-05	31.5189	0.0722	0.0623	0.0368
sep-05	30.7796	0.8699	0.8307	0.6976
oct-05	31.5407	0.0080	0.0175	0.1180
nov-05	31.8874	0.1691	0.1917	0.2688
dic-05	31.9579	0.1343	0.1389	0.1087

Tabla (3-12)

Error absoluto medio		0.5040	0.5043	0.5299
Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Error absoluto para el alisado exponencial $\alpha = 0.28$	Error absoluto para el alisado exponencial $\alpha = 0.31$	Error absoluto para el alisado exponencial $\alpha = 0.50$
ene-01	30.2914			
feb-01	30.9986	0.7073	0.7073	0.7073
mar-01	30.8529	0.3635	0.3423	0.2079
abr-01	30.1155	0.4757	0.5012	0.6335
may-01	32.2967	1.8387	1.8354	1.8645
jun-01	30.8004	0.1725	0.2299	0.5641
jul-01	32.5590	1.6345	1.6000	1.4766
ago-01	31.6343	0.2521	0.1793	0.1864
sep-01	30.7984	0.6544	0.7122	0.9291
oct-01	32.0242	0.7546	0.7344	0.7612
nov-01	30.5555	0.9254	0.9620	1.0881
dic-01	32.4142	1.1925	1.1950	1.3147
ene-02	33.1484	1.5927	1.5587	1.3915
feb-02	33.2395	1.2379	1.1666	0.7869
mar-02	32.5621	0.2139	0.1276	0.2839
abr-02	32.2694	0.1388	0.2047	0.4347
may-02	30.6468	1.7224	1.7638	1.8399
jun-02	31.8982	0.0112	0.0344	0.3314
jul-02	32.8537	0.9635	0.9792	1.1212
ago-02	32.9063	0.7464	0.7283	0.6132
sep-02	32.5198	0.1509	0.1160	0.0799
oct-02	32.3241	0.0870	0.1156	0.2356
nov-02	31.6747	0.7121	0.7293	0.7673
dic-02	31.6138	0.5736	0.5641	0.4445
ene-03	33.0258	0.9990	1.0228	1.1897
feb-03	31.6676	0.6389	0.6525	0.7633
mar-03	32.1289	0.0012	0.0111	0.0796
abr-03	32.0874	0.0405	0.0338	0.0016
may-03	32.1807	0.0641	0.0700	0.0925
jun-03	32.0805	0.0541	0.0519	0.0540
jul-03	31.7451	0.3744	0.3713	0.3624
ago-03	32.6895	0.6749	0.6882	0.7632
sep-03	32.6895	0.4859	0.4749	0.3816
oct-03	32.0645	0.2751	0.2973	0.4342
nov-03	32.0032	0.2593	0.2664	0.2783
dic-03	32.2016	0.0116	0.0145	0.0592

Cont. Tabla (3-12)

Mes	Serie: promedio mensual de los embarques de las exportaciones de nafta	Error absoluto para el alisado exponencial $\alpha = 0.28$	Error absoluto para el alisado exponencial $\alpha = 0.31$	Error absoluto para el alisado exponencial $\alpha = 0.50$
ene-04	32.7320	0.5388	0.5404	0.5600
feb-04	33.0795	0.7354	0.7204	0.6275
mar-04	32.7908	0.2409	0.2084	0.0251
abr-04	32.2237	0.3937	0.4233	0.5546
may-04	31.4619	1.0453	1.0539	1.0391
jun-04	32.2829	0.0684	0.0938	0.3015
jul-04	32.0581	0.1756	0.1601	0.0741
ago-04	32.5171	0.3326	0.3486	0.4220
sep-04	32.8167	0.5391	0.5401	0.5106
oct-04	32.1417	0.2869	0.3023	0.4197
nov-04	31.8524	0.4958	0.4979	0.4991
dic-04	32.0375	0.1719	0.1584	0.0644
ene-05	32.3161	0.1548	0.1693	0.2464
feb-05	32.0386	0.1660	0.1607	0.1543
mar-05	32.0038	0.1543	0.1457	0.1119
abr-05	31.5937	0.5212	0.5106	0.4661
may-05	31.5065	0.4625	0.4396	0.3203
jun-05	31.7730	0.0664	0.0367	0.1064
jul-05	31.7018	0.1191	0.0966	0.0180
ago-05	31.5189	0.2687	0.2496	0.1919
sep-05	30.7796	0.9327	0.9114	0.8352
oct-05	31.5407	0.0895	0.1322	0.3435
nov-05	31.8874	0.4112	0.4379	0.5184
dic-05	31.9579	0.3665	0.3726	0.3297

Tabla (3-13)

Alfa =	Error cuadrático medio	Error absoluto medio
0.01	2.1755	1.3144
0.02	1.5619	1.0421
0.03	1.2222	0.8809
0.04	1.0177	0.7813
0.05	0.8847	0.7079
0.06	0.7923	0.6555
0.07	0.7247	0.6250
0.08	0.6735	0.6038
0.09	0.6336	0.5892
0.10	0.6018	0.5775
0.11	0.5761	0.5669
0.12	0.5551	0.5574
0.13	0.5378	0.5492
0.14	0.5233	0.5423
0.15	0.5113	0.5362
0.16	0.5012	0.5305
0.17	0.4927	0.5253
0.18	0.4855	0.5206
0.19	0.4795	0.5162
0.20	0.4744	0.5125
0.21	0.4702	0.5094
0.22	0.4666	0.5068
0.23	0.4637	0.5050
0.24	0.4613	0.5047
0.25	0.4593	0.5045
0.26	0.4578	0.5043
0.27	0.4566	0.5041
0.28	0.4557	0.5040
0.29	0.4551	0.5041
0.30	0.4548	0.5042
0.31	0.4546	0.5043
0.32	0.4547	0.5044
0.33	0.4549	0.5046
0.34	0.4553	0.5048
0.35	0.4559	0.5050
0.36	0.4565	0.5055
0.37	0.4573	0.5068
0.38	0.4582	0.5081
0.39	0.4592	0.5093
0.40	0.4602	0.5109

Alfa =	Error cuadrático medio	Error absoluto medio
0.41	0.4613	0.5127
0.42	0.4625	0.5145
0.43	0.4638	0.5166
0.44	0.4651	0.5186
0.45	0.4665	0.5206
0.46	0.4679	0.5226
0.47	0.4694	0.5245
0.48	0.4710	0.5263
0.49	0.4725	0.5281
0.50	0.4741	0.5299
0.51	0.4758	0.5316
0.52	0.4775	0.5333
0.53	0.4792	0.5349
0.54	0.4810	0.5368
0.55	0.4828	0.5386
0.56	0.4846	0.5404
0.57	0.4865	0.5421
0.58	0.4884	0.5438
0.59	0.4903	0.5454
0.60	0.4923	0.5469
0.61	0.4943	0.5485
0.62	0.4964	0.5500
0.63	0.4985	0.5516
0.64	0.5007	0.5532
0.65	0.5029	0.5547
0.66	0.5051	0.5561
0.67	0.5074	0.5576
0.68	0.5097	0.5589
0.69	0.5121	0.5602
0.70	0.5146	0.5615
0.71	0.5171	0.5628
0.72	0.5196	0.5640
0.73	0.5222	0.5651
0.74	0.5249	0.5662
0.75	0.5276	0.5673
0.76	0.5304	0.5683
0.77	0.5333	0.5694
0.78	0.5362	0.5703
0.79	0.5393	0.5713
0.80	0.5424	0.5723

Cont. Tabla (3-16)

Alfa =	Error cuadrático medio	Error absoluto medio
0.81	0.5455	0.5734
0.82	0.5488	0.5745
0.83	0.5521	0.5756
0.84	0.5555	0.5766
0.85	0.5590	0.5776
0.86	0.5626	0.5786
0.87	0.5663	0.5796
0.88	0.5701	0.5806
0.89	0.5740	0.5816
0.90	0.5780	0.5825
0.91	0.5821	0.5835
0.92	0.5863	0.5845
0.93	0.5906	0.5854
0.94	0.5950	0.5863
0.95	0.5996	0.5872
0.96	0.6043	0.5882
0.97	0.6091	0.5891
0.98	0.6140	0.5900
0.99	0.6190	0.5909

Anexo para el Capítulo 4

Tabla (4-1)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Suavizamiento exponencial simple $\alpha = 0.67$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-88	\$18.01		
feb-88	\$17.60	\$18.01	0.1686
mar-88	\$14.77	\$18.01	10.4864
abr-88	\$18.74	\$18.01	0.5279
may-88	\$17.44	\$18.01	0.3278
jun-88	\$15.78	\$18.01	4.9563
jul-88	\$16.25	\$18.01	3.1024
ago-88	\$14.18	\$18.01	14.6793
sep-88	\$14.49	\$18.01	12.4181
oct-88	\$13.81	\$18.01	17.6091
nov-88	\$14.68	\$18.01	11.0999
dic-88	\$16.28	\$18.01	2.9835
ene-89	\$18.05	\$18.01	0.0020
feb-89	\$19.74	\$18.01	2.9965
mar-89	\$18.54	\$18.01	0.2761
abr-89	\$22.17	\$18.01	17.2715
may-89	\$19.20	\$18.01	1.4185
jun-89	\$19.09	\$18.01	1.1728
jul-89	\$21.73	\$18.01	13.8336
ago-89	\$16.93	\$18.01	1.1568
sep-89	\$20.58	\$18.01	6.5800
oct-89	\$19.19	\$18.01	1.3989
nov-89	\$19.83	\$18.01	3.3085
dic-89	\$22.14	\$18.01	17.0931
ene-90	\$21.61	\$18.01	12.9625
feb-90	\$24.43	\$18.01	41.2721
mar-90	\$19.48	\$18.01	2.1723
abr-90	\$19.51	\$18.01	2.2529
may-90	\$17.62	\$18.01	0.1522
jun-90	\$16.86	\$18.01	1.3162
jul-90	\$18.64	\$18.01	0.3973
ago-90	\$25.95	\$18.01	63.0239
sep-90	\$37.23	\$18.01	369.5793
oct-90	\$32.79	\$18.01	218.5906
nov-90	\$32.30	\$18.01	204.2414
dic-90	\$30.02	\$18.01	144.2957

Cont. tabla (4-1)

Mes- Año	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Suavizamiento exponencial simple $\alpha = 0.67$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-91	\$23.58	\$18.01	30.9883
feb-91	\$22.70	\$18.01	21.9928
mar-91	\$20.88	\$18.01	8.2259
abr-91	\$19.87	\$18.01	3.4581
may-91	\$20.28	\$18.01	5.1551
jun-91	\$21.21	\$18.01	10.2560
jul-91	\$20.45	\$18.01	5.9734
ago-91	\$20.70	\$18.01	7.2178
sep-91	\$22.95	\$18.01	24.4009
oct-91	\$21.21	\$18.01	10.2367
nov-91	\$23.55	\$18.01	30.7243
dic-91	\$19.53	\$18.01	2.3144
ene-92	\$17.96	\$18.01	0.0021
feb-92	\$21.01	\$18.01	8.9742
mar-92	\$18.09	\$18.01	0.0059
abr-92	\$20.26	\$18.01	5.0470
may-92	\$22.05	\$18.01	16.2909
jun-92	\$21.34	\$18.01	11.1007
jul-92	\$20.76	\$18.01	7.5407
ago-92	\$21.29	\$18.01	10.7357
sep-92	\$21.92	\$18.01	15.2536
oct-92	\$20.72	\$18.01	7.3442
nov-92	\$22.51	\$18.01	20.2344
dic-92	\$19.41	\$18.01	1.9463
ene-93	\$20.03	\$18.01	4.0643
feb-93	\$21.07	\$18.01	9.3907
mar-93	\$19.42	\$18.01	1.9896
abr-93	\$20.33	\$18.01	5.3597
may-93	\$20.98	\$18.01	8.8080
jun-93	\$18.26	\$18.01	0.0644
jul-93	\$17.90	\$18.01	0.0131
ago-93	\$17.19	\$18.01	0.6654
sep-93	\$17.52	\$18.01	0.2398
oct-93	\$18.17	\$18.01	0.0265
nov-93	\$17.57	\$18.01	0.1903
dic-93	\$14.53	\$18.01	12.0914

Cont. tabla (4-1)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Suavizamiento exponencial simple $\alpha = 0.67$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-94	\$15.02	\$18.01	8.9352
feb-94	\$16.34	\$18.01	2.7976
mar-94	\$13.38	\$18.01	21.4412
abr-94	\$18.04	\$18.01	0.0012
may-94	\$17.83	\$18.01	0.0338
jun-94	\$18.20	\$18.01	0.0368
jul-94	\$20.64	\$18.01	6.9155
ago-94	\$16.78	\$18.01	1.5109
sep-94	\$17.47	\$18.01	0.2948
oct-94	\$17.71	\$18.01	0.0892
nov-94	\$19.00	\$18.01	0.9814
dic-94	\$17.16	\$18.01	0.7292
ene-95	\$17.99	\$18.01	0.0003
feb-95	\$20.49	\$18.01	6.1288
mar-95	\$16.94	\$18.01	1.1432
abr-95	\$21.98	\$18.01	15.7707
may-95	\$18.84	\$18.01	0.6939
jun-95	\$17.56	\$18.01	0.1990
jul-95	\$19.07	\$18.01	1.1305
ago-95	\$16.26	\$18.01	3.0500
sep-95	\$19.12	\$18.01	1.2283
oct-95	\$16.61	\$18.01	1.9690
nov-95	\$18.90	\$18.01	0.7881
dic-95	\$19.99	\$18.01	3.9174
ene-96	\$18.70	\$18.01	0.4766
feb-96	\$19.72	\$18.01	2.9292
mar-96	\$21.18	\$18.01	10.0602
abr-96	\$23.30	\$18.01	27.9324
may-96	\$19.26	\$18.01	1.5703
jun-96	\$21.45	\$18.01	11.8394
jul-96	\$21.25	\$18.01	10.4999
ago-96	\$20.91	\$18.01	8.4129
sep-96	\$25.13	\$18.01	50.6727
oct-96	\$22.73	\$18.01	22.2999
nov-96	\$26.03	\$18.01	64.3295
dic-96	\$25.12	\$18.01	50.6045

Cont. tabla (4-1)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Suavizamiento exponencial simple $\alpha = 0.67$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-97	\$24.04	\$18.01	36.3098
feb-97	\$24.51	\$18.01	42.1965
mar-97	\$22.02	\$18.01	16.1008
abr-97	\$18.83	\$18.01	0.6724
may-97	\$20.87	\$18.01	8.1898
jun-97	\$18.35	\$18.01	0.1187
jul-97	\$18.77	\$18.01	0.5706
ago-97	\$19.02	\$18.01	1.0290
sep-97	\$19.78	\$18.01	3.1240
oct-97	\$19.43	\$18.01	2.0114
nov-97	\$23.59	\$18.01	31.1350
dic-97	\$17.49	\$18.01	0.2734
ene-98	\$17.56	\$18.01	0.1991
feb-98	\$17.77	\$18.01	0.0561
mar-98	\$14.36	\$18.01	13.3183
abr-98	\$16.25	\$18.01	3.1135
may-98	\$15.68	\$18.01	5.4262
jun-98	\$13.05	\$18.01	24.6207
jul-98	\$13.46	\$18.01	20.6724
ago-98	\$13.38	\$18.01	21.4204
sep-98	\$15.00	\$18.01	9.0637
oct-98	\$13.76	\$18.01	18.0655
nov-98	\$14.41	\$18.01	12.9461
dic-98	\$10.81	\$18.01	51.8135
ene-99	\$13.81	\$18.01	17.6804
feb-99	\$13.29	\$18.01	22.3133
mar-99	\$13.41	\$18.01	21.2029
abr-99	\$17.30	\$18.01	0.5009
may-99	\$18.66	\$18.01	0.4218
jun-99	\$17.11	\$18.01	0.8184
jul-99	\$20.10	\$18.01	4.3497
ago-99	\$20.31	\$18.01	5.2980
sep-99	\$23.79	\$18.01	33.3959
oct-99	\$22.67	\$18.01	21.7588
nov-99	\$26.00	\$18.01	63.9152
dic-99	\$26.10	\$18.01	65.4769

Cont. tabla (4-1)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Suavizamiento exponencial simple $\alpha = 0.67$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-00	\$28.24	\$18.01	104.6882
feb-00	\$30.76	\$18.01	162.6199
mar-00	\$27.29	\$18.01	86.2059
abr-00	\$28.22	\$18.01	104.3423
may-00	\$27.50	\$18.01	89.9923
jun-00	\$30.10	\$18.01	146.0882
jul-00	\$32.84	\$18.01	220.0542
ago-00	\$28.43	\$18.01	108.5777
sep-00	\$35.56	\$18.01	308.0104
oct-00	\$31.44	\$18.01	180.2367
nov-00	\$35.98	\$18.01	322.7781
dic-00	\$29.82	\$18.01	139.4360
ene-01	\$29.26	\$18.01	126.5490
feb-01	\$32.77	\$18.01	217.7133
mar-01	\$26.03	\$18.01	64.3466
abr-01	\$29.00	\$18.01	120.8224
may-01	\$27.38	\$18.01	87.7996
jun-01	\$27.58	\$18.01	91.6737
jul-01	\$26.47	\$18.01	71.5212
ago-01	\$24.93	\$18.01	47.9459
sep-01	\$34.03	\$18.01	256.5525
oct-01	\$20.28	\$18.01	5.1572
nov-01	\$20.65	\$18.01	6.9847
dic-01	\$21.45	\$18.01	11.8065
ene-02	\$19.73	\$18.01	2.9547
feb-02	\$22.94	\$18.01	24.3097
mar-02	\$25.66	\$18.01	58.5833
abr-02	\$25.22	\$18.01	52.0192
may-02	\$25.73	\$18.01	59.5662
jun-02	\$26.82	\$18.01	77.6721
jul-02	\$26.94	\$18.01	79.7427
ago-02	\$26.92	\$18.01	79.3535
sep-02	\$31.15	\$18.01	172.7483
oct-02	\$26.35	\$18.01	69.6071
nov-02	\$28.95	\$18.01	119.5991
dic-02	\$29.39	\$18.01	129.5774

Cont. tabla (4-1)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Suavizamiento exponencial simple $\alpha = 0.67$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-03	\$32.70	\$18.01	215.7784
feb-03	\$39.49	\$18.01	461.5802
mar-03	\$33.16	\$18.01	229.4033
abr-03	\$28.14	\$18.01	102.5276
may-03	\$28.07	\$18.01	101.2107
jun-03	\$30.52	\$18.01	156.4851
jul-03	\$29.31	\$18.01	127.6129
ago-03	\$31.60	\$18.01	184.6071
sep-03	\$28.31	\$18.01	106.1169
oct-03	\$27.71	\$18.01	94.0197
nov-03	\$36.23	\$18.01	332.0414
dic-03	\$32.14	\$18.01	199.7207
ene-04	\$37.83	\$18.01	392.7220
feb-04	\$38.13	\$18.01	404.8729
mar-04	\$33.53	\$18.01	240.7228
abr-04	\$36.62	\$18.01	346.2034
may-04	\$42.29	\$18.01	589.7066
jun-04	\$38.05	\$18.01	401.5775
jul-04	\$40.81	\$18.01	519.7258
ago-04	\$42.84	\$18.01	616.6951
sep-04	\$45.94	\$18.01	779.9449
oct-04	\$53.09	\$18.01	1230.8649
nov-04	\$50.90	\$18.01	1081.6962
dic-04	\$43.26	\$18.01	637.3638
ene-05	\$49.19	\$18.01	972.4387
feb-05	\$53.11	\$18.01	1232.0984
mar-05	\$52.15	\$18.01	1165.2842
abr-05	\$53.22	\$18.01	1239.5677
may-05	\$49.87	\$18.01	1015.1123
jun-05	\$53.86	\$18.01	1284.8565
jul-05	\$61.98	\$18.01	1933.1125
ago-05	\$59.34	\$18.01	1708.3132
sep-05	\$65.55	\$18.01	2260.3114
oct-05	\$62.27	\$18.01	1958.8101
nov-05	\$61.26	\$18.01	1870.5647
dic-05	\$59.45	\$18.01	1717.0659

Tabla (4-2)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Suavizamiento exponencial simple $\alpha = 0.62$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-99	\$13.81		
feb-99	\$13.29	\$13.81	0.2692
mar-99	\$13.41	\$13.48	0.0061
abr-99	\$17.30	\$13.44	14.9554
may-99	\$18.66	\$15.83	7.9903
jun-99	\$17.11	\$17.59	0.2303
jul-99	\$20.10	\$17.29	7.8842
ago-99	\$20.31	\$19.03	1.6464
sep-99	\$23.79	\$19.82	15.7195
oct-99	\$22.67	\$22.28	0.1539
nov-99	\$26.00	\$22.53	12.1045
dic-99	\$26.10	\$24.68	2.0140
ene-00	\$28.24	\$25.56	7.1782
feb-00	\$30.76	\$27.22	12.5219
mar-00	\$27.29	\$29.42	4.5065
abr-00	\$28.22	\$28.10	0.0152
may-00	\$27.50	\$28.18	0.4644
jun-00	\$30.10	\$27.76	5.4817
jul-00	\$32.84	\$29.21	13.2294
ago-00	\$28.43	\$31.46	9.1931
sep-00	\$35.56	\$29.58	35.7364
oct-00	\$31.44	\$33.29	3.4349
nov-00	\$35.98	\$32.14	14.7189
dic-00	\$29.82	\$34.52	22.0886
ene-01	\$29.26	\$31.60	5.4983
feb-01	\$32.77	\$30.15	6.8365
mar-01	\$26.03	\$31.77	32.9465
abr-01	\$29.00	\$28.21	0.6227
may-01	\$27.38	\$28.70	1.7475
jun-01	\$27.58	\$27.88	0.0887
jul-01	\$26.47	\$27.70	1.5149
ago-01	\$24.93	\$26.93	4.0017
sep-01	\$34.03	\$25.69	69.4355
oct-01	\$20.28	\$30.86	111.9330
nov-01	\$20.65	\$24.30	13.3111
dic-01	\$21.45	\$22.04	0.3519

Cont. Tabla (4-2)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Suavizamiento exponencial simple $\alpha = 0.62$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-02	\$19.73	\$21.67	3.7735
feb-02	\$22.94	\$20.47	6.1177
mar-02	\$25.66	\$22.00	13.4204
abr-02	\$25.22	\$24.27	0.9035
may-02	\$25.73	\$24.86	0.7511
jun-02	\$26.82	\$25.40	2.0295
jul-02	\$26.94	\$26.28	0.4330
ago-02	\$26.92	\$26.69	0.0521
sep-02	\$31.15	\$26.83	18.6801
oct-02	\$26.35	\$29.51	9.9724
nov-02	\$28.95	\$27.55	1.9406
dic-02	\$29.39	\$28.42	0.9534
ene-03	\$32.70	\$29.02	13.5220
feb-03	\$39.49	\$31.30	67.1149
mar-03	\$33.16	\$36.38	10.4023
abr-03	\$28.14	\$34.38	39.0134
may-03	\$28.07	\$30.51	5.9475
jun-03	\$30.52	\$29.00	2.3175
jul-03	\$29.31	\$29.94	0.4024
ago-03	\$31.60	\$29.55	4.2000
sep-03	\$28.31	\$30.82	6.2848
oct-03	\$27.71	\$29.26	2.4260
nov-03	\$36.23	\$28.30	62.9444
dic-03	\$32.14	\$33.22	1.1555
ene-04	\$37.83	\$32.55	27.8413
feb-04	\$38.13	\$35.82	5.3329
mar-04	\$33.53	\$37.25	13.9030
abr-04	\$36.62	\$34.94	2.8036
may-04	\$42.29	\$35.98	39.8616
jun-04	\$38.05	\$39.89	3.4052
jul-04	\$40.81	\$38.75	4.2308
ago-04	\$42.84	\$40.03	7.9381
sep-04	\$45.94	\$41.77	17.3454
oct-04	\$53.09	\$44.36	76.3668
nov-04	\$50.90	\$49.77	1.2684
dic-04	\$43.26	\$50.47	52.0580

Cont. Tabla (4-2)

Mes-Año	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Suavizamiento exponencial simple a = 0.62 USD/BLS	Error cuadrático
ene-05	\$49.19	\$46.00	10.2153
feb-05	\$53.11	\$47.98	26.3358
mar-05	\$52.15	\$51.16	0.9704
abr-05	\$53.22	\$51.77	2.0897
may-05	\$49.87	\$52.67	7.8252
jun-05	\$53.86	\$50.93	8.5327
jul-05	\$61.98	\$52.75	85.2351
ago-05	\$59.34	\$58.47	0.7619
sep-05	\$65.55	\$59.01	42.8065
oct-05	\$62.27	\$63.07	0.6369
nov-05	\$61.26	\$62.57	1.7205
dic-05	\$59.45	\$61.76	5.3406

Tabla (4-3)

Pronóstico de Brown

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	S'	S''	a	b	Pronóstico usando Brown	Error cuadrático
			12.37	12.10				
ene-88	1	\$18.01	14.01	12.65	15.36	0.55		
feb-88	2	\$17.60	15.05	13.35	16.75	0.70	\$15.92	2.83
mar-88	3	\$14.77	14.97	13.82	16.12	0.47	\$17.45	7.16
abr-88	4	\$18.74	16.06	14.47	17.65	0.65	\$16.59	4.61
may-88	5	\$17.44	16.46	15.05	17.88	0.58	\$18.31	0.75
jun-88	6	\$15.78	16.26	15.40	17.13	0.35	\$18.45	7.12
jul-88	7	\$16.25	16.26	15.65	16.87	0.25	\$17.48	1.52
ago-88	8	\$14.18	15.66	15.65	15.66	0.00	\$17.12	8.65
sep-88	9	\$14.49	15.32	15.55	15.08	-0.10	\$15.66	1.39
oct-88	10	\$13.81	14.88	15.36	14.40	-0.20	\$14.98	1.37
nov-88	11	\$14.68	14.82	15.20	14.44	-0.16	\$14.21	0.22
dic-88	12	\$16.28	15.25	15.22	15.28	0.01	\$14.29	3.99
ene-89	13	\$18.05	16.06	15.46	16.66	0.24	\$15.29	7.65
feb-89	14	\$19.74	17.13	15.94	18.31	0.48	\$16.90	8.04
mar-89	15	\$18.54	17.54	16.41	18.67	0.46	\$18.79	0.07
abr-89	16	\$22.17	18.88	17.12	20.63	0.72	\$19.13	9.23
may-89	17	\$19.20	18.97	17.66	20.29	0.54	\$21.35	4.62
jun-89	18	\$19.09	19.01	18.05	19.96	0.39	\$20.82	2.99
jul-89	19	\$21.73	19.80	18.56	21.04	0.51	\$20.36	1.89
ago-89	20	\$16.93	18.97	18.68	19.26	0.12	\$21.54	21.24
sep-89	21	\$20.58	19.43	18.90	19.97	0.22	\$19.38	1.44
oct-89	22	\$19.19	19.36	19.03	19.70	0.14	\$20.19	1.00
nov-89	23	\$19.83	19.50	19.17	19.83	0.14	\$19.83	0.00
dic-89	24	\$22.14	20.27	19.49	21.05	0.32	\$19.97	4.75
ene-90	25	\$21.61	20.66	19.82	21.49	0.34	\$21.37	0.06
feb-90	26	\$24.43	21.75	20.38	23.12	0.56	\$21.83	6.80
mar-90	27	\$19.48	21.09	20.59	21.60	0.21	\$23.68	17.59
abr-90	28	\$19.51	20.63	20.60	20.67	0.01	\$21.80	5.26
may-90	29	\$17.62	19.76	20.36	19.16	-0.24	\$20.68	9.37
jun-90	30	\$16.86	18.92	19.94	17.90	-0.42	\$18.92	4.23
jul-90	31	\$18.64	18.84	19.62	18.06	-0.32	\$17.48	1.34
ago-90	32	\$25.95	20.90	19.99	21.81	0.37	\$17.74	67.44
sep-90	33	\$37.23	25.64	21.63	29.65	1.64	\$22.18	226.64
oct-90	34	\$32.79	27.71	23.39	32.03	1.76	\$31.28	2.29
nov-90	35	\$32.30	29.04	25.03	33.06	1.64	\$33.80	2.24
dic-90	36	\$30.02	29.33	26.28	32.38	1.25	\$34.69	21.82

Cont. Tabla (4-3)

Mes-Año	t	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	S'	S''	a	b	Pronóstico usando Brown	Error cuadrático
ene-91	37	\$23.58	27.66	26.68	28.64	0.40	\$33.62	100.92
feb-91	38	\$22.70	26.22	26.55	25.90	-0.13	\$29.04	40.22
mar-91	39	\$20.88	24.67	26.00	23.34	-0.54	\$25.76	23.87
abr-91	40	\$19.87	23.28	25.21	21.35	-0.79	\$22.80	8.57
may-91	41	\$20.28	22.41	24.40	20.42	-0.81	\$20.56	0.08
jun-91	42	\$21.21	22.06	23.72	20.40	-0.68	\$19.61	2.58
jul-91	43	\$20.45	21.60	23.11	20.09	-0.62	\$19.73	0.53
ago-91	44	\$20.70	21.34	22.59	20.08	-0.51	\$19.47	1.50
sep-91	45	\$22.95	21.80	22.36	21.24	-0.23	\$19.57	11.46
oct-91	46	\$21.21	21.63	22.15	21.11	-0.21	\$21.01	0.04
nov-91	47	\$23.55	22.19	22.16	22.22	0.01	\$20.90	7.04
dic-91	48	\$19.53	21.42	21.95	20.89	-0.22	\$22.23	7.26
ene-92	49	\$17.96	20.42	21.50	19.33	-0.44	\$20.67	7.34
feb-92	50	\$21.01	20.59	21.24	19.94	-0.27	\$18.89	4.49
mar-92	51	\$18.09	19.86	20.84	18.89	-0.40	\$19.67	2.51
abr-92	52	\$20.26	19.98	20.59	19.36	-0.25	\$18.49	3.13
may-92	53	\$22.05	20.58	20.59	20.57	0.00	\$19.11	8.59
jun-92	54	\$21.34	20.80	20.65	20.95	0.06	\$20.57	0.60
jul-92	55	\$20.76	20.79	20.69	20.89	0.04	\$21.01	0.07
ago-92	56	\$21.29	20.93	20.76	21.10	0.07	\$20.93	0.13
sep-92	57	\$21.92	21.22	20.89	21.54	0.13	\$21.18	0.55
oct-92	58	\$20.72	21.07	20.94	21.20	0.05	\$21.68	0.91
nov-92	59	\$22.51	21.49	21.10	21.88	0.16	\$21.25	1.57
dic-92	60	\$19.41	20.88	21.04	20.73	-0.06	\$22.03	6.91
ene-93	61	\$20.03	20.64	20.92	20.35	-0.12	\$20.67	0.41
feb-93	62	\$21.07	20.76	20.88	20.65	-0.05	\$20.23	0.71
mar-93	63	\$19.42	20.37	20.73	20.02	-0.15	\$20.60	1.40
abr-93	64	\$20.33	20.36	20.62	20.10	-0.11	\$19.87	0.21
may-93	65	\$20.98	20.54	20.60	20.48	-0.02	\$19.99	0.98
jun-93	66	\$18.26	19.88	20.39	19.37	-0.21	\$20.46	4.80
jul-93	67	\$17.90	19.30	20.08	18.53	-0.31	\$19.16	1.60
ago-93	68	\$17.19	18.69	19.67	17.71	-0.40	\$18.22	1.05
sep-93	69	\$17.52	18.35	19.29	17.41	-0.38	\$17.31	0.04
oct-93	70	\$18.17	18.30	19.00	17.60	-0.29	\$17.03	1.30
nov-93	71	\$17.57	18.09	18.74	17.44	-0.27	\$17.31	0.07
dic-93	72	\$14.53	17.06	18.25	15.87	-0.49	\$17.18	6.99

Cont. Tabla (4-3)

Mes-Año	t	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	S'	S''	a	b	Pronóstico usando Brown	Error cuadrático
ene-94	73	\$15.02	16.47	17.73	15.20	-0.52	\$15.38	0.13
feb-94	74	\$16.34	16.43	17.36	15.50	-0.38	\$14.68	2.74
mar-94	75	\$13.38	15.55	16.83	14.26	-0.53	\$15.13	3.05
abr-94	76	\$18.04	16.27	16.67	15.87	-0.16	\$13.73	18.58
may-94	77	\$17.83	16.72	16.68	16.76	0.02	\$15.71	4.48
jun-94	78	\$18.20	17.15	16.82	17.48	0.14	\$16.77	2.04
jul-94	79	\$20.64	18.16	17.21	19.12	0.39	\$17.62	9.13
ago-94	80	\$16.78	17.76	17.37	18.15	0.16	\$19.51	7.43
sep-94	81	\$17.47	17.68	17.46	17.89	0.09	\$18.32	0.72
oct-94	82	\$17.71	17.69	17.52	17.85	0.07	\$17.98	0.07
nov-94	83	\$19.00	18.07	17.68	18.45	0.16	\$17.91	1.18
dic-94	84	\$17.16	17.80	17.72	17.89	0.04	\$18.61	2.12
ene-95	85	\$17.99	17.86	17.76	17.96	0.04	\$17.92	0.00
feb-95	86	\$20.49	18.62	18.01	19.23	0.25	\$18.00	6.18
mar-95	87	\$16.94	18.13	18.04	18.22	0.04	\$19.48	6.46
abr-95	88	\$21.98	19.25	18.39	20.10	0.35	\$18.26	13.86
may-95	89	\$18.84	19.13	18.61	19.66	0.21	\$20.45	2.59
jun-95	90	\$17.56	18.68	18.63	18.73	0.02	\$19.87	5.31
jul-95	91	\$19.07	18.79	18.68	18.91	0.05	\$18.75	0.11
ago-95	92	\$16.26	18.06	18.50	17.62	-0.18	\$18.96	7.25
sep-95	93	\$19.12	18.37	18.46	18.27	-0.04	\$17.44	2.81
oct-95	94	\$16.61	17.86	18.28	17.43	-0.17	\$18.24	2.65
nov-95	95	\$18.90	18.16	18.25	18.07	-0.04	\$17.25	2.71
dic-95	96	\$19.99	18.69	18.38	19.00	0.13	\$18.03	3.83
ene-96	97	\$18.70	18.69	18.47	18.92	0.09	\$19.13	0.19
feb-96	98	\$19.72	18.99	18.62	19.36	0.15	\$19.01	0.51
mar-96	99	\$21.18	19.63	18.91	20.34	0.29	\$19.51	2.78
abr-96	100	\$23.30	20.69	19.43	21.95	0.52	\$20.63	7.09
may-96	101	\$19.26	20.28	19.67	20.88	0.25	\$22.47	10.28
jun-96	102	\$21.45	20.62	19.95	21.29	0.27	\$21.13	0.11
jul-96	103	\$21.25	20.80	20.19	21.41	0.25	\$21.56	0.10
ago-96	104	\$20.91	20.83	20.38	21.29	0.19	\$21.65	0.55
sep-96	105	\$25.13	22.08	20.87	23.28	0.49	\$21.47	13.38
oct-96	106	\$22.73	22.27	21.28	23.26	0.40	\$23.78	1.09
nov-96	107	\$26.03	23.36	21.88	24.84	0.60	\$23.66	5.60
dic-96	108	\$25.12	23.87	22.46	25.28	0.58	\$25.44	0.10

Cont. Tabla (4-3)

Mes-Año	t	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	S'	S''	a	b	Pronóstico usando Brown	Error cuadrático
ene-97	109	\$24.04	23.92	22.88	24.96	0.42	\$25.86	3.33
feb-97	110	\$24.51	24.09	23.23	24.95	0.35	\$25.38	0.76
mar-97	111	\$22.02	23.49	23.31	23.67	0.07	\$25.30	10.72
abr-97	112	\$18.83	22.14	22.97	21.31	-0.34	\$23.75	24.18
may-97	113	\$20.87	21.77	22.62	20.92	-0.35	\$20.97	0.01
jun-97	114	\$18.35	20.78	22.09	19.47	-0.53	\$20.57	4.93
jul-97	115	\$18.77	20.20	21.54	18.85	-0.55	\$18.94	0.03
ago-97	116	\$19.02	19.86	21.05	18.66	-0.49	\$18.31	0.52
sep-97	117	\$19.78	19.83	20.70	18.97	-0.35	\$18.17	2.57
oct-97	118	\$19.43	19.72	20.41	19.02	-0.28	\$18.62	0.66
nov-97	119	\$23.59	20.84	20.54	21.14	0.12	\$18.73	23.58
dic-97	120	\$17.49	19.87	20.34	19.39	-0.19	\$21.27	14.28
ene-98	121	\$17.56	19.20	20.01	18.39	-0.33	\$19.20	2.67
feb-98	122	\$17.77	18.79	19.66	17.92	-0.36	\$18.06	0.08
mar-98	123	\$14.36	17.50	19.03	15.97	-0.62	\$17.56	10.24
abr-98	124	\$16.25	17.14	18.48	15.79	-0.55	\$15.35	0.80
may-98	125	\$15.68	16.72	17.97	15.46	-0.51	\$15.24	0.19
jun-98	126	\$13.05	15.65	17.30	14.01	-0.67	\$14.95	3.61
jul-98	127	\$13.46	15.02	16.64	13.40	-0.66	\$13.33	0.02
ago-98	128	\$13.38	14.54	16.03	13.06	-0.61	\$12.74	0.42
sep-98	129	\$15.00	14.68	15.64	13.71	-0.39	\$12.45	6.50
oct-98	130	\$13.76	14.41	15.28	13.54	-0.36	\$13.32	0.19
nov-98	131	\$14.41	14.41	15.03	13.79	-0.25	\$13.18	1.51
dic-98	132	\$10.81	13.37	14.55	12.19	-0.48	\$13.54	7.44
ene-99	133	\$13.81	13.49	14.24	12.75	-0.31	\$11.71	4.41
feb-99	134	\$13.29	13.43	14.01	12.86	-0.23	\$12.44	0.71
mar-99	135	\$13.41	13.43	13.84	13.01	-0.17	\$12.63	0.61
abr-99	136	\$17.30	14.55	14.04	15.05	0.21	\$12.84	19.88
may-99	137	\$18.66	15.74	14.54	16.95	0.49	\$15.26	11.55
jun-99	138	\$17.11	16.14	15.00	17.27	0.46	\$17.44	0.11
jul-99	139	\$20.10	17.29	15.66	18.91	0.66	\$17.74	5.56
ago-99	140	\$20.31	18.16	16.39	19.94	0.72	\$19.57	0.55
sep-99	141	\$23.79	19.79	17.38	22.21	0.99	\$20.66	9.78
oct-99	142	\$22.67	20.63	18.32	22.94	0.94	\$23.20	0.28
nov-99	143	\$26.00	22.19	19.44	24.94	1.12	\$23.88	4.50
dic-99	144	\$26.10	23.32	20.57	26.08	1.13	\$26.06	0.00

Cont. Tabla (4-3)

Mes-Año	t	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	S'	S''	a	b	Pronóstico usando Brown	Error cuadrático
ene-00	145	\$28.24	24.75	21.78	27.72	1.21	\$27.21	1.07
feb-00	146	\$30.76	26.49	23.15	29.84	1.37	\$28.93	3.35
mar-00	147	\$27.29	26.73	24.18	29.27	1.04	\$31.21	15.30
abr-00	148	\$28.22	27.16	25.05	29.27	0.86	\$30.30	4.33
may-00	149	\$27.50	27.26	25.69	28.83	0.64	\$30.14	6.97
jun-00	150	\$30.10	28.08	26.38	29.78	0.69	\$29.47	0.40
jul-00	151	\$32.84	29.46	27.28	31.65	0.89	\$30.47	5.62
ago-00	152	\$28.43	29.16	27.82	30.50	0.55	\$32.54	16.91
sep-00	153	\$35.56	31.02	28.75	33.29	0.93	\$31.05	20.34
oct-00	154	\$31.44	31.14	29.44	32.84	0.69	\$34.21	7.72
nov-00	155	\$35.98	32.54	30.34	34.74	0.90	\$33.53	5.99
dic-00	156	\$29.82	31.75	30.75	32.75	0.41	\$35.64	33.91
ene-01	157	\$29.26	31.03	30.83	31.23	0.08	\$33.16	15.24
feb-01	158	\$32.77	31.53	31.03	32.03	0.20	\$31.31	2.12
mar-01	159	\$26.03	29.94	30.72	29.16	-0.32	\$32.23	38.47
abr-01	160	\$29.00	29.67	30.41	28.92	-0.30	\$28.84	0.03
may-01	161	\$27.38	29.00	30.00	28.00	-0.41	\$28.62	1.53
jun-01	162	\$27.58	28.59	29.59	27.59	-0.41	\$27.59	0.00
jul-01	163	\$26.47	27.98	29.12	26.83	-0.47	\$27.18	0.51
ago-01	164	\$24.93	27.09	28.54	25.65	-0.59	\$26.36	2.02
sep-01	165	\$34.03	29.10	28.70	29.51	0.16	\$25.06	80.37
oct-01	166	\$20.28	26.55	28.08	25.02	-0.62	\$29.67	88.21
nov-01	167	\$20.65	24.84	27.14	22.54	-0.94	\$24.39	13.97
dic-01	168	\$21.45	23.85	26.18	21.52	-0.95	\$21.60	0.02
ene-02	169	\$19.73	22.66	25.16	20.15	-1.02	\$20.57	0.71
feb-02	170	\$22.94	22.74	24.46	21.02	-0.70	\$19.13	14.52
mar-02	171	\$25.66	23.59	24.21	22.97	-0.25	\$20.32	28.59
abr-02	172	\$25.22	24.06	24.16	23.96	-0.04	\$22.72	6.28
may-02	173	\$25.73	24.55	24.27	24.82	0.11	\$23.92	3.28
jun-02	174	\$26.82	25.21	24.54	25.87	0.27	\$24.93	3.60
jul-02	175	\$26.94	25.71	24.88	26.53	0.34	\$26.14	0.65
ago-02	176	\$26.92	26.06	25.22	26.90	0.34	\$26.87	0.00
sep-02	177	\$31.15	27.54	25.89	29.18	0.67	\$27.24	15.34
oct-02	178	\$26.35	27.19	26.27	28.12	0.38	\$29.85	12.23
nov-02	179	\$28.95	27.70	26.69	28.72	0.41	\$28.49	0.21
dic-02	180	\$29.39	28.19	27.12	29.26	0.44	\$29.13	0.07

Cont. Tabla (4-3)

Mes-Año	t	Promedio mensual de los cierres diarios de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustado a 21 días USD/BLS	S'	S''	a	b	Pronóstico usando Brown	Error cuadrático
ene-03	181	\$32.70	29.50	27.81	31.19	0.69	\$29.70	9.01
feb-03	182	\$39.49	32.40	29.14	35.65	1.33	\$31.88	58.04
mar-03	183	\$33.16	32.62	30.15	35.09	1.01	\$36.98	14.65
abr-03	184	\$28.14	31.32	30.49	32.15	0.34	\$36.09	63.33
may-03	185	\$28.07	30.38	30.46	30.30	-0.03	\$32.49	19.50
jun-03	186	\$30.52	30.42	30.45	30.39	-0.01	\$30.26	0.07
jul-03	187	\$29.31	30.10	30.34	29.85	-0.10	\$30.38	1.15
ago-03	188	\$31.60	30.53	30.40	30.66	0.05	\$29.75	3.43
sep-03	189	\$28.31	29.89	30.25	29.52	-0.15	\$30.72	5.79
oct-03	190	\$27.71	29.25	29.96	28.55	-0.29	\$29.38	2.79
nov-03	191	\$36.23	31.28	30.34	32.21	0.38	\$28.26	63.56
dic-03	192	\$32.14	31.53	30.69	32.37	0.34	\$32.60	0.21
ene-04	193	\$37.83	33.36	31.46	35.25	0.77	\$32.71	26.14
feb-04	194	\$38.13	34.74	32.41	37.07	0.95	\$36.02	4.44
mar-04	195	\$33.53	34.39	32.99	35.79	0.57	\$38.02	20.20
abr-04	196	\$36.62	35.03	33.58	36.49	0.59	\$36.36	0.06
may-04	197	\$42.29	37.14	34.61	39.67	1.03	\$37.08	27.15
jun-04	198	\$38.05	37.40	35.42	39.39	0.81	\$40.70	7.02
jul-04	199	\$40.81	38.39	36.28	40.50	0.86	\$40.20	0.38
ago-04	200	\$42.84	39.68	37.27	42.10	0.99	\$41.36	2.20
sep-04	201	\$45.94	41.50	38.49	44.50	1.23	\$43.08	8.16
oct-04	202	\$53.09	44.86	40.34	49.38	1.85	\$45.72	54.32
nov-04	203	\$50.90	46.61	42.16	51.06	1.82	\$51.22	0.11
dic-04	204	\$43.26	45.64	43.17	48.11	1.01	\$52.88	92.65
ene-05	205	\$49.19	46.67	44.18	49.16	1.02	\$49.12	0.01
feb-05	206	\$53.11	48.54	45.45	51.63	1.26	\$50.17	8.65
mar-05	207	\$52.15	49.58	46.65	52.52	1.20	\$52.89	0.56
abr-05	208	\$53.22	50.64	47.80	53.47	1.16	\$53.72	0.25
may-05	209	\$49.87	50.42	48.56	52.27	0.76	\$54.63	22.64
jun-05	210	\$53.86	51.41	49.39	53.44	0.83	\$53.03	0.69
jul-05	211	\$61.98	54.48	50.86	58.09	1.48	\$54.26	59.48
ago-05	212	\$59.34	55.89	52.32	59.45	1.46	\$59.57	0.05
sep-05	213	\$65.55	58.69	54.17	63.21	1.85	\$60.91	21.54
oct-05	214	\$62.27	59.73	55.78	63.68	1.61	\$65.06	7.79
nov-05	215	\$61.26	60.17	57.05	63.29	1.27	\$65.29	16.23
dic-05	216	\$59.45	59.96	57.90	62.03	0.84	\$64.56	26.18

Tabla (4-4)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	S'	S''	a	b	Pronóstico usando Brown $\alpha = 0.24$ USD/BLS	Error cuadrático
			14.15	12.82				
ene-99	1	\$13.81	14.07	13.12	15.01	0.30		
feb-99	2	\$13.29	13.88	13.30	14.46	0.18	\$15.31	4.1029
mar-99	3	\$13.41	13.77	13.42	14.12	0.11	\$14.64	1.5200
abr-99	4	\$17.30	14.61	13.70	15.53	0.29	\$14.23	9.4488
may-99	5	\$18.66	15.59	14.15	17.02	0.45	\$15.81	8.0921
jun-99	6	\$17.11	15.95	14.59	17.32	0.43	\$17.47	0.1317
jul-99	7	\$20.10	16.95	15.15	18.74	0.57	\$17.75	5.5213
ago-99	8	\$20.31	17.75	15.78	19.73	0.62	\$19.30	1.0142
sep-99	9	\$23.79	19.20	16.60	21.81	0.82	\$20.35	11.7964
oct-99	10	\$22.67	20.04	17.42	22.65	0.82	\$22.63	0.0022
nov-99	11	\$26.00	21.47	18.39	24.54	0.97	\$23.47	6.4140
dic-99	12	\$26.10	22.58	19.40	25.76	1.00	\$25.51	0.3471
ene-00	13	\$28.24	23.94	20.49	27.39	1.09	\$26.77	2.1774
feb-00	14	\$30.76	25.58	21.71	29.44	1.22	\$28.48	5.2129
mar-00	15	\$27.29	25.99	22.74	29.24	1.03	\$30.66	11.3565
abr-00	16	\$28.22	26.53	23.65	29.41	0.91	\$30.27	4.1757
may-00	17	\$27.50	26.76	24.39	29.12	0.75	\$30.31	7.9413
jun-00	18	\$30.10	27.56	25.15	29.97	0.76	\$29.87	0.0509
jul-00	19	\$32.84	28.83	26.04	31.62	0.88	\$30.73	4.4849
ago-00	20	\$28.43	28.73	26.68	30.78	0.65	\$32.50	16.5889
sep-00	21	\$35.56	30.37	27.57	33.17	0.89	\$31.43	17.0587
oct-00	22	\$31.44	30.63	28.30	32.95	0.73	\$34.06	6.8890
nov-00	23	\$35.98	31.91	29.17	34.65	0.87	\$33.69	5.2471
dic-00	24	\$29.82	31.41	29.71	33.11	0.54	\$35.52	32.4982
ene-01	25	\$29.26	30.89	29.99	31.79	0.28	\$33.65	19.2664
feb-01	26	\$32.77	31.34	30.31	32.37	0.32	\$32.08	0.4700
mar-01	27	\$26.03	30.07	30.26	29.88	- 0.06	\$32.69	44.3806
abr-01	28	\$29.00	29.81	30.15	29.47	- 0.11	\$29.82	0.6695
may-01	29	\$27.38	29.23	29.93	28.53	- 0.22	\$29.37	3.9518
jun-01	30	\$27.58	28.83	29.67	28.00	- 0.26	\$28.31	0.5224
jul-01	31	\$26.47	28.27	29.33	27.20	- 0.34	\$27.74	1.6191
ago-01	32	\$24.93	27.47	28.88	26.05	- 0.45	\$26.87	3.7318
sep-01	33	\$34.03	29.04	28.92	29.16	0.04	\$25.60	70.9697
oct-01	34	\$20.28	26.94	28.44	25.43	- 0.48	\$29.20	79.5389
nov-01	35	\$20.65	25.43	27.72	23.14	- 0.72	\$24.96	18.5224
dic-01	36	\$21.45	24.47	26.94	22.01	- 0.78	\$22.42	0.9392

Cont. Tabla (4-4)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	S'	S''	a	b	Pronóstico usando Brown $\alpha = 0.24$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-02	37	\$19.73	23.34	26.08	20.59	- 0.87	\$21.23	2.2426
feb-02	38	\$22.94	23.24	25.40	21.09	- 0.68	\$19.73	10.3183
mar-02	39	\$25.66	23.82	25.02	22.63	- 0.38	\$20.40	27.6619
abr-02	40	\$25.22	24.16	24.81	23.50	- 0.21	\$22.25	8.8445
may-02	41	\$25.73	24.53	24.75	24.32	- 0.07	\$23.30	5.9029
jun-02	42	\$26.82	25.08	24.83	25.34	0.08	\$24.26	6.5792
jul-02	43	\$26.94	25.53	25.00	26.06	0.17	\$25.42	2.3010
ago-02	44	\$26.92	25.86	25.20	26.52	0.21	\$26.23	0.4701
sep-02	45	\$31.15	27.13	25.67	28.60	0.46	\$26.73	19.5641
oct-02	46	\$26.35	26.95	25.97	27.92	0.31	\$29.06	7.3358
nov-02	47	\$28.95	27.43	26.32	28.53	0.35	\$28.22	0.5208
dic-02	48	\$29.39	27.90	26.70	29.10	0.38	\$28.88	0.2656
ene-03	49	\$32.70	29.05	27.26	30.84	0.56	\$29.47	10.4048
feb-03	50	\$39.49	31.56	28.29	34.82	1.03	\$31.40	65.5150
mar-03	51	\$33.16	31.94	29.17	34.71	0.88	\$35.85	7.2545
abr-03	52	\$28.14	31.03	29.62	32.44	0.45	\$35.59	55.5219
may-03	53	\$28.07	30.32	29.78	30.85	0.17	\$32.89	23.1844
jun-03	54	\$30.52	30.37	29.92	30.81	0.14	\$31.02	0.2507
jul-03	55	\$29.31	30.11	29.97	30.25	0.05	\$30.95	2.6952
ago-03	56	\$31.60	30.47	30.09	30.85	0.12	\$30.30	1.6822
sep-03	57	\$28.31	29.95	30.06	29.85	- 0.03	\$30.97	7.0566
oct-03	58	\$27.71	29.41	29.90	28.92	- 0.15	\$29.81	4.4358
nov-03	59	\$36.23	31.05	30.18	31.92	0.28	\$28.77	55.7050
dic-03	60	\$32.14	31.31	30.45	32.17	0.27	\$32.20	0.0029
ene-04	61	\$37.83	32.88	31.03	34.72	0.58	\$32.45	28.9585
feb-04	62	\$38.13	34.14	31.78	36.50	0.75	\$35.30	8.0100
mar-04	63	\$33.53	33.99	32.31	35.67	0.53	\$37.24	13.8146
abr-04	64	\$36.62	34.62	32.86	36.38	0.56	\$36.20	0.1708
may-04	65	\$42.29	36.46	33.73	39.20	0.86	\$36.93	28.7404
jun-04	66	\$38.05	36.84	34.47	39.21	0.75	\$40.06	4.0472
jul-04	67	\$40.81	37.79	35.27	40.32	0.80	\$39.96	0.7194
ago-04	68	\$42.84	39.01	36.17	41.84	0.90	\$41.11	2.9893
sep-04	69	\$45.94	40.67	37.25	44.09	1.08	\$42.74	10.2171
oct-04	70	\$53.09	43.65	38.79	48.52	1.54	\$45.17	62.7572
nov-04	71	\$50.90	45.39	40.37	50.41	1.59	\$50.05	0.7130
dic-04	72	\$43.26	44.88	41.45	48.30	1.08	\$52.00	76.4016

Cont. Tabla (4-4)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	s'	s''	a	b	Pronóstico usando Brown $\alpha = 0.24$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-05	73	\$49.19	45.91	42.52	49.31	1.07	\$49.39	0.0372
feb-05	74	\$53.11	47.64	43.75	51.53	1.23	\$50.38	7.4808
mar-05	75	\$52.15	48.72	44.94	52.50	1.19	\$52.76	0.3765
abr-05	76	\$53.22	49.80	46.11	53.49	1.17	\$53.69	0.2268
may-05	77	\$49.87	49.82	47.00	52.64	0.89	\$54.66	22.9189
jun-05	78	\$53.86	50.79	47.91	53.66	0.91	\$53.53	0.1082
jul-05	79	\$61.98	53.47	49.24	57.70	1.34	\$54.57	54.8116
ago-05	80	\$59.34	54.88	50.60	59.17	1.35	\$59.04	0.0934
sep-05	81	\$65.55	57.44	52.24	62.64	1.64	\$60.52	25.3473
oct-05	82	\$62.27	58.60	53.77	63.43	1.53	\$64.29	4.0770
nov-05	83	\$61.26	59.24	55.08	63.40	1.31	\$64.96	13.6992
dic-05	84	\$59.45	59.29	56.09	62.49	1.01	\$64.71	27.7069

Tabla (4-5)

Pronóstico de Holt

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel	Tendencia	Pronóstico usando el método de Holt con $\alpha = 0.65$ y $\beta = 0.01$ USD/BLS	Error cuadrático
			12.65	0.11		
ene-88	1	\$18.01	16.17	0.15		
feb-88	2	\$17.60	17.15	0.15	\$16.32	1.6376
mar-88	3	\$14.77	15.66	0.14	\$17.31	6.4247
abr-88	4	\$18.74	17.71	0.16	\$15.80	8.6397
may-88	5	\$17.44	17.59	0.15	\$17.87	0.1830
jun-88	6	\$15.78	16.47	0.14	\$17.74	3.8347
jul-88	7	\$16.25	16.38	0.14	\$16.61	0.1314
ago-88	8	\$14.18	15.00	0.12	\$16.52	5.4591
sep-88	9	\$14.49	14.71	0.12	\$15.12	0.4030
oct-88	10	\$13.81	14.17	0.11	\$14.83	1.0300
nov-88	11	\$14.68	14.54	0.12	\$14.28	0.1566
dic-88	12	\$16.28	15.71	0.13	\$14.66	2.6458
ene-89	13	\$18.05	17.28	0.14	\$15.84	4.9012
feb-89	14	\$19.74	18.93	0.16	\$17.42	5.3846
mar-89	15	\$18.54	18.73	0.15	\$19.09	0.3023
abr-89	16	\$22.17	21.02	0.17	\$18.88	10.7931
may-89	17	\$19.20	19.90	0.16	\$21.19	3.9568
jun-89	18	\$19.09	19.43	0.15	\$20.06	0.9321
jul-89	19	\$21.73	20.98	0.17	\$19.59	4.5949
ago-89	20	\$16.93	18.41	0.14	\$21.15	17.7536
sep-89	21	\$20.58	19.87	0.15	\$18.55	4.0987
oct-89	22	\$19.19	19.48	0.15	\$20.02	0.6863
nov-89	23	\$19.83	19.76	0.15	\$19.63	0.0388
dic-89	24	\$22.14	21.36	0.17	\$19.91	4.9902
ene-90	25	\$21.61	21.58	0.17	\$21.53	0.0069
feb-90	26	\$24.43	23.49	0.18	\$21.75	7.2220
mar-90	27	\$19.48	20.95	0.16	\$23.68	17.5805
abr-90	28	\$19.51	20.07	0.15	\$21.11	2.5479
may-90	29	\$17.62	18.53	0.13	\$20.22	6.7348
jun-90	30	\$16.86	17.49	0.12	\$18.66	3.2186
jul-90	31	\$18.64	18.28	0.12	\$17.61	1.0667
ago-90	32	\$25.95	23.31	0.17	\$18.40	56.9466
sep-90	33	\$37.23	32.42	0.26	\$23.48	189.1791
oct-90	34	\$32.79	32.76	0.26	\$32.68	0.0126
nov-90	35	\$32.30	32.55	0.26	\$33.02	0.5141
dic-90	36	\$30.02	31.00	0.24	\$32.81	7.7733

Cont. Tabla (4-5)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel	Tendencia	Pronóstico usando el método de Holt con $\alpha = 0.65$ y $\beta = 0.01$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-91	37	\$23.58	26.26	0.19	\$31.24	58.6973
feb-91	38	\$22.70	24.01	0.17	\$26.45	14.0532
mar-91	39	\$20.88	22.03	0.14	\$24.18	10.8865
abr-91	40	\$19.87	20.68	0.13	\$22.18	5.3254
may-91	41	\$20.28	20.46	0.13	\$20.81	0.2769
jun-91	42	\$21.21	20.99	0.13	\$20.59	0.3867
jul-91	43	\$20.45	20.69	0.13	\$21.12	0.4500
ago-91	44	\$20.70	20.74	0.12	\$20.81	0.0139
sep-91	45	\$22.95	22.22	0.14	\$20.86	4.3555
oct-91	46	\$21.21	21.61	0.13	\$22.36	1.3185
nov-91	47	\$23.55	22.92	0.14	\$21.74	3.2783
dic-91	48	\$19.53	20.77	0.12	\$23.06	12.4658
ene-92	49	\$17.96	18.99	0.10	\$20.89	8.5406
feb-92	50	\$21.01	20.33	0.11	\$19.09	3.6772
mar-92	51	\$18.09	18.91	0.10	\$20.45	5.5744
abr-92	52	\$20.26	19.82	0.11	\$19.01	1.5512
may-92	53	\$22.05	21.30	0.12	\$19.93	4.4925
jun-92	54	\$21.34	21.37	0.12	\$21.42	0.0068
jul-92	55	\$20.76	21.01	0.11	\$21.49	0.5385
ago-92	56	\$21.29	21.23	0.12	\$21.13	0.0253
sep-92	57	\$21.92	21.72	0.12	\$21.35	0.3240
oct-92	58	\$20.72	21.11	0.11	\$21.84	1.2445
nov-92	59	\$22.51	22.06	0.12	\$21.22	1.6533
dic-92	60	\$19.41	20.38	0.10	\$22.18	7.6920
ene-93	61	\$20.03	20.18	0.10	\$20.48	0.2044
feb-93	62	\$21.07	20.80	0.10	\$20.28	0.6254
mar-93	63	\$19.42	19.94	0.09	\$20.90	2.1952
abr-93	64	\$20.33	20.22	0.10	\$20.03	0.0848
may-93	65	\$20.98	20.75	0.10	\$20.32	0.4328
jun-93	66	\$18.26	19.17	0.08	\$20.85	6.6813
jul-93	67	\$17.90	18.37	0.08	\$19.25	1.8418
ago-93	68	\$17.19	17.63	0.07	\$18.45	1.5668
sep-93	69	\$17.52	17.58	0.07	\$17.70	0.0322
oct-93	70	\$18.17	17.99	0.07	\$17.65	0.2740
nov-93	71	\$17.57	17.74	0.07	\$18.06	0.2355
dic-93	72	\$14.53	15.68	0.05	\$17.81	10.7402

Cont. Tabla (4-5)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel	Tendencia	Pronóstico usando el método de Holt con $\alpha = 0.65$ y $\beta = 0.01$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-94	73	\$15.02	15.27	0.04	\$15.72	0.4956
feb-94	74	\$16.34	15.98	0.05	\$15.31	1.0603
mar-94	75	\$13.38	14.31	0.03	\$16.02	6.9943
abr-94	76	\$18.04	16.75	0.05	\$14.34	13.7610
may-94	77	\$17.83	17.47	0.06	\$16.80	1.0518
jun-94	78	\$18.20	17.97	0.07	\$17.53	0.4541
jul-94	79	\$20.64	19.73	0.08	\$18.03	6.8052
ago-94	80	\$16.78	17.84	0.06	\$19.81	9.1687
sep-94	81	\$17.47	17.62	0.06	\$17.90	0.1901
oct-94	82	\$17.71	17.70	0.06	\$17.68	0.0010
nov-94	83	\$19.00	18.57	0.07	\$17.76	1.5396
dic-94	84	\$17.16	17.67	0.06	\$18.63	2.1851
ene-95	85	\$17.99	17.90	0.06	\$17.73	0.0684
feb-95	86	\$20.49	19.60	0.08	\$17.96	6.3706
mar-95	87	\$16.94	17.90	0.06	\$19.68	7.4955
abr-95	88	\$21.98	20.57	0.08	\$17.96	16.1896
may-95	89	\$18.84	19.48	0.07	\$20.66	3.2929
jun-95	90	\$17.56	18.26	0.06	\$19.55	3.9487
jul-95	91	\$19.07	18.81	0.06	\$18.32	0.5682
ago-95	92	\$16.26	17.18	0.05	\$18.87	6.8160
sep-95	93	\$19.12	18.46	0.06	\$17.23	3.5835
oct-95	94	\$16.61	17.28	0.05	\$18.52	3.6449
nov-95	95	\$18.90	18.35	0.06	\$17.32	2.4804
dic-95	96	\$19.99	19.43	0.07	\$18.40	2.5111
ene-96	97	\$18.70	18.98	0.06	\$19.50	0.6442
feb-96	98	\$19.72	19.48	0.07	\$19.04	0.4584
mar-96	99	\$21.18	20.61	0.08	\$19.55	2.6559
abr-96	100	\$23.30	22.38	0.10	\$20.69	6.7890
may-96	101	\$19.26	20.39	0.07	\$22.48	10.3371
jun-96	102	\$21.45	21.11	0.08	\$20.46	0.9767
jul-96	103	\$21.25	21.23	0.08	\$21.19	0.0042
ago-96	104	\$20.91	21.05	0.08	\$21.31	0.1586
sep-96	105	\$25.13	23.73	0.10	\$21.13	16.0013
oct-96	106	\$22.73	23.12	0.10	\$23.83	1.2113
nov-96	107	\$26.03	25.05	0.12	\$23.21	7.9287
dic-96	108	\$25.12	25.14	0.12	\$25.16	0.0014

Cont. Tabla (4-5)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel	Tendencia	Pronóstico usando el método de Holt con $\alpha = 0.65$ y $\beta = 0.01$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-97	109	\$24.04	24.46	0.11	\$25.25	1.4792
feb-97	110	\$24.51	24.53	0.11	\$24.57	0.0040
mar-97	111	\$22.02	22.94	0.09	\$24.64	6.8246
abr-97	112	\$18.83	20.30	0.06	\$23.03	17.6144
may-97	113	\$20.87	20.69	0.07	\$20.36	0.2602
jun-97	114	\$18.35	19.20	0.05	\$20.76	5.7834
jul-97	115	\$18.77	18.93	0.05	\$19.25	0.2316
ago-97	116	\$19.02	19.01	0.05	\$18.98	0.0019
sep-97	117	\$19.78	19.53	0.05	\$19.06	0.5193
oct-97	118	\$19.43	19.48	0.05	\$19.58	0.0223
nov-97	119	\$23.59	22.17	0.08	\$19.53	16.4676
dic-97	120	\$17.49	19.15	0.05	\$22.25	22.6587
ene-98	121	\$17.56	18.14	0.04	\$19.20	2.6772
feb-98	122	\$17.77	17.91	0.03	\$18.17	0.1596
mar-98	123	\$14.36	15.62	0.01	\$17.95	12.8584
abr-98	124	\$16.25	16.03	0.01	\$15.63	0.3839
may-98	125	\$15.68	15.81	0.01	\$16.04	0.1312
jun-98	126	\$13.05	14.02	-0.01	\$15.82	7.6795
jul-98	127	\$13.46	13.66	-0.01	\$14.01	0.3009
ago-98	128	\$13.38	13.47	-0.01	\$13.65	0.0696
sep-98	129	\$15.00	14.46	-0.00	\$13.46	2.3614
oct-98	130	\$13.76	14.00	-0.01	\$14.46	0.4907
nov-98	131	\$14.41	14.27	-0.00	\$14.00	0.1706
dic-98	132	\$10.81	12.02	-0.03	\$14.26	11.9180
ene-99	133	\$13.81	13.17	-0.01	\$11.99	3.2790
feb-99	134	\$13.29	13.24	-0.01	\$13.16	0.0166
mar-99	135	\$13.41	13.34	-0.01	\$13.23	0.0314
abr-99	136	\$17.30	15.91	0.01	\$13.33	15.7681
may-99	137	\$18.66	17.70	0.03	\$15.93	7.4700
jun-99	138	\$17.11	17.33	0.03	\$17.73	0.3958
jul-99	139	\$20.10	19.14	0.05	\$17.35	7.5215
ago-99	140	\$20.31	19.92	0.05	\$19.18	1.2784
sep-99	141	\$23.79	22.45	0.08	\$19.97	14.5941
oct-99	142	\$22.67	22.62	0.08	\$22.53	0.0211
nov-99	143	\$26.00	24.85	0.10	\$22.70	10.9060
dic-99	144	\$26.10	25.70	0.11	\$24.95	1.3294

Cont. Tabla (4-5)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel	Tendencia	Pronóstico usando el método de Holt con $\alpha = 0.65$ y $\beta = 0.01$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-00	145	\$28.24	27.39	0.12	\$25.81	5.9343
feb-00	146	\$30.76	29.62	0.14	\$27.51	10.5616
mar-00	147	\$27.29	28.16	0.13	\$29.77	6.1231
abr-00	148	\$28.22	28.25	0.13	\$28.29	0.0041
may-00	149	\$27.50	27.80	0.12	\$28.38	0.7723
jun-00	150	\$30.10	29.34	0.14	\$27.93	4.7111
jul-00	151	\$32.84	31.66	0.16	\$29.47	11.3631
ago-00	152	\$28.43	29.62	0.14	\$31.82	11.5094
sep-00	153	\$35.56	33.53	0.17	\$29.75	33.7168
oct-00	154	\$31.44	32.23	0.16	\$33.70	5.1374
nov-00	155	\$35.98	34.72	0.18	\$32.39	12.8761
dic-00	156	\$29.82	31.60	0.15	\$34.90	25.8501
ene-01	157	\$29.26	30.13	0.13	\$31.75	6.1894
feb-01	158	\$32.77	31.89	0.15	\$30.26	6.2585
mar-01	159	\$26.03	28.13	0.11	\$32.04	36.0890
abr-01	160	\$29.00	28.74	0.12	\$28.24	0.5734
may-01	161	\$27.38	27.90	0.11	\$28.85	2.1673
jun-01	162	\$27.58	27.73	0.10	\$28.00	0.1736
jul-01	163	\$26.47	26.95	0.09	\$27.83	1.8675
ago-01	164	\$24.93	25.67	0.08	\$27.04	4.4321
sep-01	165	\$34.03	31.13	0.13	\$25.75	68.4849
oct-01	166	\$20.28	24.13	0.06	\$31.27	120.6529
nov-01	167	\$20.65	21.89	0.04	\$24.19	12.5000
dic-01	168	\$21.45	21.62	0.04	\$21.93	0.2345
ene-02	169	\$19.73	20.40	0.02	\$21.65	3.6996
feb-02	170	\$22.94	22.06	0.04	\$20.43	6.3204
mar-02	171	\$25.66	24.42	0.06	\$22.10	12.6931
abr-02	172	\$25.22	24.96	0.07	\$24.48	0.5500
may-02	173	\$25.73	25.48	0.07	\$25.03	0.4850
jun-02	174	\$26.82	26.38	0.08	\$25.56	1.6023
jul-02	175	\$26.94	26.77	0.08	\$26.46	0.2288
ago-02	176	\$26.92	26.90	0.08	\$26.86	0.0037
sep-02	177	\$31.15	29.69	0.11	\$26.98	17.4039
oct-02	178	\$26.35	27.56	0.09	\$29.81	11.9175
nov-02	179	\$28.95	28.49	0.10	\$27.65	1.6776
dic-02	180	\$29.39	29.11	0.10	\$28.59	0.6438

Cont. Tabla (4-5)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel	Tendencia	Pronóstico usando el método de Holt con $\alpha = 0.65$ y $\beta = 0.01$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-03	181	\$32.70	31.48	0.13	\$29.22	12.1369
feb-03	182	\$39.49	36.73	0.18	\$31.61	62.2283
mar-03	183	\$33.16	34.47	0.15	\$36.91	14.0964
abr-03	184	\$28.14	30.41	0.11	\$34.62	42.0849
may-03	185	\$28.07	28.93	0.09	\$30.52	5.9846
jun-03	186	\$30.52	30.00	0.10	\$29.02	2.2445
jul-03	187	\$29.31	29.58	0.10	\$30.10	0.6286
ago-03	188	\$31.60	30.93	0.11	\$29.68	3.6622
sep-03	189	\$28.31	29.27	0.09	\$31.04	7.4399
oct-03	190	\$27.71	28.29	0.08	\$29.36	2.7342
nov-03	191	\$36.23	33.48	0.13	\$28.37	61.8374
dic-03	192	\$32.14	32.66	0.12	\$33.61	2.1661
ene-04	193	\$37.83	36.06	0.16	\$32.78	25.4528
feb-04	194	\$38.13	37.46	0.17	\$36.22	3.6575
mar-04	195	\$33.53	34.96	0.14	\$37.63	16.8660
abr-04	196	\$36.62	36.09	0.15	\$35.11	2.2820
may-04	197	\$42.29	40.18	0.19	\$36.24	36.6382
jun-04	198	\$38.05	38.86	0.18	\$40.37	5.3749
jul-04	199	\$40.81	40.19	0.19	\$39.04	3.1303
ago-04	200	\$42.84	41.98	0.20	\$40.38	6.0822
sep-04	201	\$45.94	44.62	0.23	\$42.19	14.0806
oct-04	202	\$53.09	50.21	0.28	\$44.85	67.9015
nov-04	203	\$50.90	50.76	0.29	\$50.49	0.1654
dic-04	204	\$43.26	45.98	0.23	\$51.04	60.6257
ene-05	205	\$49.19	48.15	0.25	\$46.22	8.8673
feb-05	206	\$53.11	51.46	0.28	\$48.41	22.1398
mar-05	207	\$52.15	52.01	0.29	\$51.75	0.1576
abr-05	208	\$53.22	52.89	0.29	\$52.29	0.8515
may-05	209	\$49.87	51.03	0.27	\$53.19	11.0032
jun-05	210	\$53.86	52.96	0.29	\$51.30	6.5088
jul-05	211	\$61.98	58.92	0.35	\$53.25	76.1566
ago-05	212	\$59.34	59.32	0.35	\$59.27	0.0054
sep-05	213	\$65.55	63.49	0.38	\$59.66	34.7059
oct-05	214	\$62.27	62.83	0.37	\$63.87	2.5802
nov-05	215	\$61.26	61.94	0.36	\$63.20	3.7796
dic-05	216	\$59.45	60.45	0.34	\$62.30	8.1443

Tabla (4-6)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel	Tendencia	Pronóstico usando Holt $\alpha = 0.54$ y $\beta = 0.01$ USD/BLS	Error cuadrático
			15.48	0.42		
ene-99	1	\$13.81	14.77	0.41		
feb-99	2	\$13.29	14.16	0.40	\$15.18	3.5675
mar-99	3	\$13.41	13.93	0.39	\$14.55	1.3165
abr-99	4	\$17.30	15.93	0.41	\$14.32	8.8668
may-99	5	\$18.66	17.59	0.42	\$16.34	5.3798
jun-99	6	\$17.11	17.52	0.42	\$18.01	0.8229
jul-99	7	\$20.10	19.10	0.43	\$17.94	4.6564
ago-99	8	\$20.31	19.95	0.43	\$19.53	0.6115
sep-99	9	\$23.79	22.22	0.45	\$20.38	11.6004
oct-99	10	\$22.67	22.67	0.45	\$22.67	0.0000
nov-99	11	\$26.00	24.68	0.46	\$23.12	8.3064
dic-99	12	\$26.10	25.66	0.47	\$25.14	0.9176
ene-00	13	\$28.24	27.27	0.48	\$26.13	4.4540
feb-00	14	\$30.76	29.38	0.50	\$27.75	9.0590
mar-00	15	\$27.29	28.48	0.48	\$29.88	6.6605
abr-00	16	\$28.22	28.57	0.48	\$28.97	0.5489
may-00	17	\$27.50	28.21	0.47	\$29.05	2.3995
jun-00	18	\$30.10	29.45	0.48	\$28.68	2.0057
jul-00	19	\$32.84	31.50	0.49	\$29.92	8.5257
ago-00	20	\$28.43	30.07	0.48	\$32.00	12.7156
sep-00	21	\$35.56	33.25	0.50	\$30.55	25.1424
oct-00	22	\$31.44	32.50	0.49	\$33.76	5.3878
nov-00	23	\$35.98	34.60	0.51	\$32.99	8.8976
dic-00	24	\$29.82	32.25	0.48	\$35.11	28.0039
ene-01	25	\$29.26	30.86	0.46	\$32.73	12.0469
feb-01	26	\$32.77	32.10	0.47	\$31.32	2.1029
mar-01	27	\$26.03	29.04	0.43	\$32.56	42.6827
abr-01	28	\$29.00	29.22	0.43	\$29.47	0.2176
may-01	29	\$27.38	28.42	0.42	\$29.65	5.1319
jun-01	30	\$27.58	28.16	0.41	\$28.84	1.5733
jul-01	31	\$26.47	27.44	0.40	\$28.57	4.4293
ago-01	32	\$24.93	26.27	0.38	\$27.83	8.4068
sep-01	33	\$34.03	30.63	0.42	\$26.65	54.4090
oct-01	34	\$20.28	25.24	0.36	\$31.06	116.1228
nov-01	35	\$20.65	22.93	0.34	\$25.60	24.4993
dic-01	36	\$21.45	22.28	0.33	\$23.27	3.3180

Cont. Tabla (4-6)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel	Tendencia	Pronóstico usando Holt $\alpha = 0.54$ y $\beta = 0.01$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-02	37	\$19.73	21.06	0.31	\$22.61	389.2353
feb-02	38	\$22.94	22.22	0.32	\$21.37	526.2716
mar-02	39	\$25.66	24.23	0.34	\$22.54	110.0168
abr-02	40	\$25.22	24.92	0.34	\$24.56	113.8425
may-02	41	\$25.73	25.51	0.34	\$25.26	130.0370
jun-02	42	\$26.82	26.38	0.35	\$25.86	109.8974
jul-02	43	\$26.94	26.84	0.35	\$26.73	79.6983
ago-02	44	\$26.92	27.04	0.35	\$27.19	80.6464
sep-02	45	\$31.15	29.42	0.37	\$27.39	135.1092
oct-02	46	\$26.35	27.94	0.35	\$29.79	35.6421
nov-02	47	\$28.95	28.64	0.35	\$28.29	39.3703
dic-02	48	\$29.39	29.21	0.36	\$29.00	39.3204
ene-03	49	\$32.70	31.26	0.37	\$29.57	57.0857
feb-03	50	\$39.49	35.88	0.42	\$31.63	178.5737
mar-03	51	\$33.16	34.60	0.40	\$36.29	29.1992
abr-03	52	\$28.14	31.29	0.36	\$35.00	3.0273
may-03	53	\$28.07	29.72	0.34	\$31.65	0.8017
jun-03	54	\$30.52	30.31	0.34	\$30.06	2.1725
jul-03	55	\$29.31	29.93	0.34	\$30.65	0.3921
ago-03	56	\$31.60	30.98	0.34	\$30.26	2.7979
sep-03	57	\$28.31	29.70	0.33	\$31.33	13.5767
oct-03	58	\$27.71	28.77	0.32	\$30.03	8.0635
nov-03	59	\$36.23	32.95	0.35	\$29.09	6.1287
dic-03	60	\$32.14	32.68	0.35	\$33.30	0.7240
ene-04	61	\$37.83	35.62	0.37	\$33.02	7.3823
feb-04	62	\$38.13	37.15	0.39	\$35.99	29.1728
mar-04	63	\$33.53	35.37	0.36	\$37.53	4.8854
abr-04	64	\$36.62	36.21	0.37	\$35.73	16.4164
may-04	65	\$42.29	39.67	0.40	\$36.58	164.4924
jun-04	66	\$38.05	38.98	0.39	\$40.06	70.6255
jul-04	67	\$40.81	40.14	0.40	\$39.37	143.2456
ago-04	68	\$42.84	41.78	0.41	\$40.54	203.6823
sep-04	69	\$45.94	44.22	0.43	\$42.19	327.7454
oct-04	70	\$53.09	49.21	0.47	\$44.64	699.2149
nov-04	71	\$50.90	50.34	0.48	\$49.68	393.7116
dic-04	72	\$43.26	46.74	0.44	\$50.82	311.6473

Cont. Tabla (4-6)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel	Tendencia	Pronóstico usando Holt $\alpha = 0.54$ y $\beta = 0.01$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-05	73	\$49.19	48.27	0.45	\$47.18	672.1766
feb-05	74	\$53.11	51.09	0.48	\$48.72	930.2050
mar-05	75	\$52.15	51.88	0.48	\$51.57	947.3253
abr-05	76	\$53.22	52.82	0.48	\$52.36	941.2358
may-05	77	\$49.87	51.45	0.46	\$53.30	640.4436
jun-05	78	\$53.86	52.96	0.47	\$51.91	817.6174
jul-05	79	\$61.98	58.05	0.52	\$53.44	1304.6667
ago-05	80	\$59.34	58.99	0.53	\$58.57	1063.6643
sep-05	81	\$65.55	62.77	0.56	\$59.51	1471.4964
oct-05	82	\$62.27	62.76	0.55	\$63.33	1216.2848
nov-05	83	\$61.26	62.20	0.54	\$63.31	990.1868
dic-05	84	\$59.45	60.96	0.52	\$62.74	971.0458

Tabla (4-7)

Pronóstico Holt-Winters

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel L(t)	Tendencia T(t)	Estacionalidad S(t)	Pronóstico usando el método de Holt-Winters con $\alpha = 0.75$, $\beta = 0.01$ y $\gamma = 0.05$ USD/BLS	Error cuadrático
					0.9879		
					1.0582		
					0.9437		
					1.0077		
					0.9819		
					0.9576		
					0.9928		
					0.9565		
					1.0817		
					0.9889		
					1.0688		
			14.80	0.1998	0.9743		
ene-88	1	\$18.01	17.42	0.3209	0.9902	\$14.82	10.1674
feb-88	2	\$17.60	16.91	0.2792	1.0573	\$18.78	1.3858
mar-88	3	\$14.77	16.04	0.2215	0.9426	\$16.22	2.1041
abr-88	4	\$18.74	18.01	0.3091	1.0093	\$16.38	5.5377
may-88	5	\$17.44	17.90	0.2881	0.9815	\$17.99	0.3017
jun-88	6	\$15.78	16.91	0.2242	0.9564	\$17.42	2.6678
jul-88	7	\$16.25	16.56	0.1954	0.9922	\$17.01	0.5784
ago-88	8	\$14.18	15.31	0.1231	0.9550	\$16.02	3.4080
sep-88	9	\$14.49	13.90	0.0467	1.0798	\$16.69	4.8572
oct-88	10	\$13.81	13.96	0.0474	0.9889	\$13.79	0.0004
nov-88	11	\$14.68	13.80	0.0371	1.0685	\$14.97	0.0874
dic-88	12	\$16.28	15.99	0.1448	0.9764	\$13.48	7.8325
ene-89	13	\$18.05	17.71	0.2233	0.9916	\$15.98	4.2979
feb-89	14	\$19.74	18.49	0.2510	1.0578	\$18.96	0.6094
mar-89	15	\$18.54	19.43	0.2857	0.9432	\$17.66	0.7623
abr-89	16	\$22.17	21.40	0.3698	1.0107	\$19.90	5.1241
may-89	17	\$19.20	20.11	0.2871	0.9801	\$21.37	4.6928
jun-89	18	\$19.09	20.07	0.2706	0.9562	\$19.51	0.1766
jul-89	19	\$21.73	21.51	0.3290	0.9931	\$20.19	2.3850
ago-89	20	\$16.93	18.76	0.1749	0.9524	\$20.86	15.3836
sep-89	21	\$20.58	19.03	0.1795	1.0798	\$20.44	0.0172
oct-89	22	\$19.19	19.36	0.1871	0.9891	\$18.99	0.0403
nov-89	23	\$19.83	18.80	0.1501	1.0678	\$20.88	1.1096
dic-89	24	\$22.14	21.75	0.2898	0.9785	\$18.51	13.2220

Cont. Tabla (4-7)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel L(t)	Tendencia T(t)	Estacionalidad S(t)	Pronóstico usando el método de Holt-Winters con $\alpha = 0.75$, $\beta = 0.01$ y $\gamma = 0.05$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-90	25	\$21.61	21.85	0.2806	0.9915	\$21.85	477.5622
feb-90	26	\$24.43	22.86	0.3168	1.0584	\$23.41	548.2177
mar-90	27	\$19.48	21.29	0.2224	0.9418	\$21.86	477.7508
abr-90	28	\$19.51	19.86	0.1398	1.0092	\$21.74	472.5761
may-90	29	\$17.62	18.48	0.0640	0.9788	\$19.60	384.1327
jun-90	30	\$16.86	17.86	0.0299	0.9556	\$17.73	314.4630
jul-90	31	\$18.64	18.55	0.0628	0.9937	\$17.77	315.7809
ago-90	32	\$25.95	25.09	0.3865	0.9565	\$17.73	314.2456
sep-90	33	\$37.23	32.23	0.7243	1.0836	\$27.51	756.7010
oct-90	34	\$32.79	33.11	0.7319	0.9891	\$32.59	1062.3389
nov-90	35	\$32.30	31.15	0.5974	1.0662	\$36.13	1305.5377
dic-90	36	\$30.02	30.95	0.5575	0.9781	\$31.06	964.9625
ene-91	37	\$23.58	25.71	0.2677	0.9878	\$31.24	174.9414
feb-91	38	\$22.70	22.58	0.0979	1.0557	\$27.49	97.9062
mar-91	39	\$20.88	22.30	0.0788	0.9415	\$21.36	43.3734
abr-91	40	\$19.87	20.36	-0.0220	1.0076	\$22.58	14.7872
may-91	41	\$20.28	20.62	-0.0077	0.9790	\$19.91	6.0956
jun-91	42	\$21.21	21.80	0.0517	0.9564	\$19.70	15.3401
jul-91	43	\$20.45	20.90	0.0040	0.9930	\$21.72	29.9095
ago-91	44	\$20.70	21.45	0.0315	0.9569	\$20.00	33.8372
sep-91	45	\$22.95	21.26	0.0199	1.0834	\$23.28	77.3848
oct-91	46	\$21.21	21.40	0.0262	0.9892	\$21.04	52.2860
nov-91	47	\$23.55	21.92	0.0510	1.0667	\$22.85	66.7154
dic-91	48	\$19.53	20.47	-0.0242	0.9769	\$21.49	27.1579
ene-92	49	\$17.96	18.75	-0.1089	0.9863	\$20.20	4.5866
feb-92	50	\$21.01	19.58	-0.0619	1.0566	\$19.68	0.0036
mar-92	51	\$18.09	19.29	-0.0735	0.9413	\$18.38	0.0243
abr-92	52	\$20.26	19.88	-0.0402	1.0081	\$19.36	7.8701
may-92	53	\$22.05	21.85	0.0602	0.9805	\$19.43	0.0504
jun-92	54	\$21.34	22.21	0.0754	0.9567	\$20.95	3.4667
jul-92	55	\$20.76	21.25	0.0234	0.9922	\$22.13	0.1615
ago-92	56	\$21.29	22.00	0.0599	0.9574	\$20.36	11.7063
sep-92	57	\$21.92	20.69	-0.0089	1.0822	\$23.90	11.0715
oct-92	58	\$20.72	20.88	0.0012	0.9894	\$20.46	1.5938
nov-92	59	\$22.51	21.05	0.0095	1.0668	\$22.27	5.9653
dic-92	60	\$19.41	20.16	-0.0352	0.9762	\$20.57	2.4793

Cont. Tabla (4-7)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel L(t)	Tendencia T(t)	Estacionalidad S(t)	Pronóstico usando el método de Holt-Winters con $\alpha = 0.75$, $\beta = 0.01$ y $\gamma = 0.05$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-93	61	\$20.03	20.26	-0.0285	0.9864	\$19.85	394.0461
feb-93	62	\$21.07	20.02	-0.0392	1.0564	\$21.38	0.0551
mar-93	63	\$19.42	20.47	-0.0147	0.9417	\$18.81	31.6809
abr-93	64	\$20.33	20.23	-0.0257	1.0080	\$20.62	1.2908
may-93	65	\$20.98	21.10	0.0188	0.9812	\$19.82	0.0924
jun-93	66	\$18.26	19.60	-0.0572	0.9554	\$20.20	6.6632
jul-93	67	\$17.90	18.41	-0.1136	0.9911	\$19.39	6.3726
ago-93	68	\$17.19	18.04	-0.1263	0.9572	\$17.52	1.2544
sep-93	69	\$17.52	16.62	-0.1911	1.0808	\$19.39	43.0063
oct-93	70	\$18.17	17.88	-0.1185	0.9907	\$16.26	440.0959
nov-93	71	\$17.57	16.80	-0.1669	1.0658	\$18.95	191.6453
dic-93	72	\$14.53	15.32	-0.2323	0.9748	\$16.23	258.1742
ene-94	73	\$15.02	15.19	-0.2271	0.9865	\$14.89	229.1341
feb-94	74	\$16.34	15.34	-0.2084	1.0568	\$15.81	60.3194
mar-94	75	\$13.38	14.44	-0.2430	0.9409	\$14.25	71.3970
abr-94	76	\$18.04	16.98	-0.1041	1.0107	\$14.31	43.1503
may-94	77	\$17.83	17.84	-0.0555	0.9821	\$16.55	10.9879
jun-94	78	\$18.20	18.74	-0.0081	0.9562	\$16.99	10.7958
jul-94	79	\$20.64	20.30	0.0705	0.9924	\$18.56	7.0290
ago-94	80	\$16.78	18.24	-0.0359	0.9553	\$19.50	0.9128
sep-94	81	\$17.47	16.67	-0.1126	1.0792	\$19.68	1.0411
oct-94	82	\$17.71	17.55	-0.0632	0.9917	\$16.41	42.8205
nov-94	83	\$19.00	17.74	-0.0503	1.0660	\$18.63	6.6319
dic-94	84	\$17.16	17.62	-0.0538	0.9747	\$17.25	39.7743
ene-95	85	\$17.99	18.07	-0.0286	0.9870	\$17.33	4.8380
feb-95	86	\$20.49	19.05	0.0217	1.0577	\$19.07	1.2176
mar-95	87	\$16.94	18.27	-0.0183	0.9402	\$17.94	9.3717
abr-95	88	\$21.98	20.87	0.1128	1.0128	\$18.45	0.1306
may-95	89	\$18.84	19.64	0.0452	0.9810	\$20.61	0.1261
jun-95	90	\$17.56	18.70	-0.0040	0.9554	\$18.82	10.4079
jul-95	91	\$19.07	19.09	0.0157	0.9928	\$18.55	7.7897
ago-95	92	\$16.26	17.54	-0.0622	0.9539	\$18.25	6.2810
sep-95	93	\$19.12	17.66	-0.0534	1.0793	\$18.87	5.8630
oct-95	94	\$16.61	16.96	-0.0856	0.9910	\$17.46	19.8779
nov-95	95	\$18.90	17.51	-0.0536	1.0667	\$17.99	7.4568
dic-95	96	\$19.99	19.75	0.0606	0.9766	\$17.02	30.1246

Cont. Tabla (4-7)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel L(t)	Tendencia T(t)	Estacionalidad S(t)	Pronóstico usando el método de Holt-Winters con $\alpha = 0.75$, $\beta = 0.01$ y $\gamma = 0.05$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-96	97	\$18.70	19.16	0.0284	0.9864	\$19.55	0.0204
feb-96	98	\$19.72	18.78	0.0079	1.0573	\$20.30	0.0741
mar-96	99	\$21.18	21.59	0.1481	0.9423	\$17.67	11.6134
abr-96	100	\$23.30	22.69	0.1953	1.0135	\$22.02	6.7592
may-96	101	\$19.26	20.45	0.0737	0.9790	\$22.45	4.4968
jun-96	102	\$21.45	21.97	0.1461	0.9564	\$19.61	1.8830
jul-96	103	\$21.25	21.58	0.1195	0.9924	\$21.96	13.6310
ago-96	104	\$20.91	21.87	0.1276	0.9540	\$20.70	7.8782
sep-96	105	\$25.13	22.96	0.1759	1.0801	\$23.74	42.8270
oct-96	106	\$22.73	22.99	0.1685	0.9909	\$22.93	29.2434
nov-96	107	\$26.03	24.09	0.2153	1.0674	\$24.70	42.5999
dic-96	108	\$25.12	25.37	0.2685	0.9773	\$23.74	38.0072
ene-97	109	\$24.04	24.68	0.2208	0.9858	\$25.29	115.7324
feb-97	110	\$24.51	23.61	0.1560	1.0564	\$26.33	127.9858
mar-97	111	\$22.02	23.47	0.1412	0.9421	\$22.39	36.6726
abr-97	112	\$18.83	19.84	-0.0475	1.0103	\$23.93	111.3261
may-97	113	\$20.87	20.94	0.0098	0.9799	\$19.37	1.7682
jun-97	114	\$18.35	19.63	-0.0560	0.9554	\$20.03	4.8729
jul-97	115	\$18.77	19.08	-0.0809	0.9919	\$19.42	1.4934
ago-97	116	\$19.02	19.70	-0.0454	0.9546	\$18.12	6.3390
sep-97	117	\$19.78	18.65	-0.0960	1.0791	\$21.23	19.8263
oct-97	118	\$19.43	19.34	-0.0564	0.9916	\$18.38	0.8404
nov-97	119	\$23.59	21.40	0.0491	1.0691	\$20.59	8.2596
dic-97	120	\$17.49	18.78	-0.0841	0.9750	\$20.96	3.8381
ene-98	121	\$17.56	18.04	-0.1171	0.9852	\$18.43	1.6267
feb-98	122	\$17.77	17.10	-0.1582	1.0555	\$18.93	0.8783
mar-98	123	\$14.36	15.67	-0.2218	0.9408	\$15.96	20.4899
abr-98	124	\$16.25	15.92	-0.1981	1.0108	\$15.61	1.7839
may-98	125	\$15.68	15.93	-0.1876	0.9802	\$15.41	43.2130
jun-98	126	\$13.05	14.18	-0.2659	0.9536	\$15.04	14.4509
jul-98	127	\$13.46	13.66	-0.2786	0.9916	\$13.80	14.1589
ago-98	128	\$13.38	13.86	-0.2547	0.9552	\$12.77	39.7029
sep-98	129	\$15.00	13.83	-0.2436	1.0794	\$14.68	2.5079
oct-98	130	\$13.76	13.80	-0.2326	0.9919	\$13.47	31.9246
nov-98	131	\$14.41	13.50	-0.2359	1.0690	\$14.51	4.4051
dic-98	132	\$10.81	11.63	-0.3176	0.9727	\$12.94	35.5547

Cont. Tabla (4-7)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel L(t)	Tendencia T(t)	Estacionalidad S(t)	Pronóstico usando el método de Holt-Winters con $\alpha = 0.75$, $\beta = 0.01$ y $\gamma = 0.05$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-99	133	\$13.81	13.34	-0.2165	0.9877	\$11.15	78.1646
feb-99	134	\$13.29	12.72	-0.2365	1.0550	\$13.85	23.5170
mar-99	135	\$13.41	13.81	-0.1704	0.9423	\$11.75	63.6168
abr-99	136	\$17.30	16.25	-0.0399	1.0135	\$13.79	54.7137
may-99	137	\$18.66	18.33	0.0663	0.9820	\$15.89	54.9021
jun-99	138	\$17.11	18.05	0.0491	0.9533	\$17.54	2.9602
jul-99	139	\$20.10	19.72	0.1302	0.9930	\$17.95	12.2601
ago-99	140	\$20.31	20.91	0.1831	0.9560	\$18.96	5.2252
sep-99	141	\$23.79	21.80	0.2185	1.0800	\$22.77	3.4607
oct-99	142	\$22.67	22.65	0.2499	0.9923	\$21.84	10.7972
nov-99	143	\$26.00	23.97	0.3034	1.0698	\$24.48	3.0598
dic-99	144	\$26.10	26.19	0.3994	0.9739	\$23.61	5.8571
ene-00	145	\$28.24	28.09	0.4745	0.9885	\$26.27	1.3028
feb-00	146	\$30.76	29.01	0.4966	1.0552	\$30.14	37.2516
mar-00	147	\$27.29	29.10	0.4763	0.9421	\$27.81	10.8891
abr-00	148	\$28.22	28.28	0.4114	1.0128	\$29.98	63.2846
may-00	149	\$27.50	28.17	0.3855	0.9817	\$28.18	87.3594
jun-00	150	\$30.10	30.82	0.4984	0.9545	\$27.22	40.3548
jul-00	151	\$32.84	32.64	0.5645	0.9936	\$31.10	162.3485
ago-00	152	\$28.43	30.60	0.4347	0.9546	\$31.74	168.3181
sep-00	153	\$35.56	32.45	0.5054	1.0808	\$33.52	210.1904
oct-00	154	\$31.44	32.00	0.4573	0.9918	\$32.71	167.1811
nov-00	155	\$35.98	33.34	0.5013	1.0703	\$34.72	233.9052
dic-00	156	\$29.82	31.42	0.3806	0.9727	\$32.95	87.6738
ene-01	157	\$29.26	30.15	0.2979	0.9876	\$31.44	194.6366
feb-01	158	\$32.77	30.90	0.3205	1.0555	\$32.13	212.1611
mar-01	159	\$26.03	28.53	0.1860	0.9406	\$29.41	135.4571
abr-01	160	\$29.00	28.66	0.1830	1.0127	\$29.08	216.6879
may-01	161	\$27.38	28.13	0.1474	0.9813	\$28.31	145.6170
jun-01	162	\$27.58	28.74	0.1709	0.9547	\$26.99	127.8339
jul-01	163	\$26.47	27.21	0.0855	0.9926	\$28.73	245.9562
ago-01	164	\$24.93	26.41	0.0415	0.9541	\$26.05	158.4979
sep-01	165	\$34.03	30.23	0.2301	1.0830	\$28.59	231.3180
oct-01	166	\$20.28	22.95	-0.1452	0.9864	\$30.21	231.3032
nov-01	167	\$20.65	20.17	-0.2768	1.0680	\$24.41	113.3876
dic-01	168	\$21.45	21.51	-0.1961	0.9739	\$19.35	24.4119

Cont. Tabla (4-7)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel L(t)	Tendencia T(t)	Estacionalidad S(t)	Pronóstico usando el método de Holt-Winters con $\alpha = 0.75$, $\beta = 0.01$ y $\gamma = 0.05$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-02	169	\$19.73	20.31	-0.2463	0.9868	\$21.05	104.8500
feb-02	170	\$22.94	21.32	-0.1836	1.0565	\$21.18	54.3570
mar-02	171	\$25.66	25.75	0.0470	0.9434	\$19.88	43.4493
abr-02	172	\$25.22	25.13	0.0137	1.0123	\$26.12	161.7046
may-02	173	\$25.73	25.95	0.0541	0.9818	\$24.67	54.3115
jun-02	174	\$26.82	27.57	0.1326	0.9556	\$24.83	38.0194
jul-02	175	\$26.94	27.28	0.1114	0.9923	\$27.50	108.0406
ago-02	176	\$26.92	28.01	0.1422	0.9544	\$26.14	36.4789
sep-02	177	\$31.15	28.61	0.1652	1.0833	\$30.49	103.5475
oct-02	178	\$26.35	27.23	0.0879	0.9855	\$28.39	21.1345
nov-02	179	\$28.95	27.16	0.0799	1.0679	\$29.18	42.2637
dic-02	180	\$29.39	29.45	0.1903	0.9751	\$26.53	0.2717
ene-03	181	\$32.70	32.26	0.3215	0.9882	\$29.25	9.8840
feb-03	182	\$39.49	36.18	0.5015	1.0583	\$34.42	38.2270
mar-03	183	\$33.16	35.53	0.4438	0.9429	\$34.61	14.7838
abr-03	184	\$28.14	29.84	0.1371	1.0088	\$36.41	83.1681
may-03	185	\$28.07	28.94	0.0851	0.9812	\$29.43	1.4566
jun-03	186	\$30.52	31.21	0.1944	0.9568	\$27.73	0.0564
jul-03	187	\$29.31	30.00	0.1243	0.9916	\$31.16	1.1341
ago-03	188	\$31.60	32.36	0.2361	0.9555	\$28.75	16.7483
sep-03	189	\$28.31	27.75	-0.0062	1.0802	\$35.31	47.3593
oct-03	190	\$27.71	28.02	0.0077	0.9857	\$27.34	67.5582
nov-03	191	\$36.23	32.45	0.2289	1.0703	\$29.93	2.2619
dic-03	192	\$32.14	32.89	0.2394	0.9752	\$31.87	16.8657
ene-04	193	\$37.83	36.99	0.4325	0.9899	\$32.74	8.5407
feb-04	194	\$38.13	36.38	0.3802	1.0578	\$39.61	107.0793
mar-04	195	\$33.53	35.86	0.3350	0.9425	\$34.66	3.5956
abr-04	196	\$36.62	36.27	0.3390	1.0088	\$36.51	109.7953
may-04	197	\$42.29	41.48	0.5824	0.9832	\$35.92	47.9012
jun-04	198	\$38.05	40.34	0.4965	0.9561	\$40.24	165.4360
jul-04	199	\$40.81	41.08	0.5083	0.9917	\$40.49	166.6723
ago-04	200	\$42.84	44.02	0.6303	0.9564	\$39.73	176.0343
sep-04	201	\$45.94	43.06	0.5506	1.0795	\$48.23	542.8458
oct-04	202	\$53.09	51.30	0.9352	0.9881	\$42.98	80.2385
nov-04	203	\$50.90	48.73	0.7596	1.0690	\$55.91	1269.3709
dic-04	204	\$43.26	45.64	0.5673	0.9738	\$48.26	762.0916

Cont. Tabla (4-7)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel L(t)	Tendencia T(t)	Estacionalidad S(t)	Pronóstico usando el método de Holt-Winters con $\alpha = 0.75$, $\beta = 0.01$ y $\gamma = 0.05$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-05	205	\$49.19	48.82	0.6982	0.9908	\$45.74	590.1384
feb-05	206	\$53.11	50.04	0.7240	1.0580	\$52.38	1066.3289
mar-05	207	\$52.15	54.19	0.8951	0.9435	\$47.84	620.1733
abr-05	208	\$53.22	53.33	0.8078	1.0083	\$55.57	894.2332
may-05	209	\$49.87	51.58	0.6797	0.9824	\$53.23	784.4224
jun-05	210	\$53.86	55.31	0.8323	0.9570	\$49.96	587.3340
jul-05	211	\$61.98	60.91	1.0706	0.9930	\$55.68	832.5016
ago-05	212	\$59.34	62.03	1.0730	0.9564	\$59.28	1045.8121
sep-05	213	\$65.55	61.32	0.9839	1.0790	\$68.12	1697.4770
oct-05	214	\$62.27	62.84	1.0107	0.9883	\$61.56	924.7691
nov-05	215	\$61.26	58.94	0.7653	1.0675	\$68.26	1755.7859
dic-05	216	\$59.45	60.71	0.8155	0.9741	\$58.14	852.5201

Tabla (4-8)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel L(t)	Tendencia T(t)	Estacionalidad S(t)	Pronóstico usando el método de Holt-Winters con a = 0.55, b = 0.05 y g = 0.05 USD/BLS	Error cuadrático
					1.0009		
					1.0934		
					0.9797		
					0.9750		
					0.9651		
					0.9846		
					0.9985		
					0.9678		
					1.0944		
					0.9515		
					1.0377		
			16.26	0.5193	0.9513		
ene-99	1	\$13.81	15.14	0.4371	0.9965	\$16.80	8.9514
feb-99	2	\$13.29	13.69	0.3430	1.0873	\$17.03	14.0162
mar-99	3	\$13.41	13.84	0.3333	0.9792	\$13.75	0.1191
abr-99	4	\$17.30	16.14	0.4315	0.9799	\$13.82	12.1245
may-99	5	\$18.66	18.09	0.5075	0.9684	\$15.99	7.1185
jun-99	6	\$17.11	17.92	0.4738	0.9831	\$18.31	1.4564
jul-99	7	\$20.10	19.35	0.5213	1.0005	\$18.37	2.9788
ago-99	8	\$20.31	20.49	0.5521	0.9690	\$19.23	1.1719
sep-99	9	\$23.79	21.42	0.5713	1.0952	\$23.02	0.5857
oct-99	10	\$22.67	23.00	0.6219	0.9532	\$20.93	3.0549
nov-99	11	\$26.00	24.41	0.6613	1.0391	\$24.52	2.2147
dic-99	12	\$26.10	26.38	0.7263	0.9532	\$23.85	5.0575
ene-00	13	\$28.24	27.78	0.7604	0.9975	\$27.01	1.5270
feb-00	14	\$30.76	28.41	0.7535	1.0871	\$31.04	0.0748
mar-00	15	\$27.29	28.45	0.7182	0.9782	\$28.55	1.5819
abr-00	16	\$28.22	28.97	0.7081	0.9796	\$28.58	0.1291
may-00	17	\$27.50	28.97	0.6728	0.9674	\$28.74	1.5459
jun-00	18	\$30.10	30.18	0.6994	0.9838	\$29.14	0.9083
jul-00	19	\$32.84	31.95	0.7531	1.0019	\$30.89	3.8122
ago-00	20	\$28.43	30.85	0.6606	0.9666	\$31.69	10.6131
sep-00	21	\$35.56	32.04	0.6869	1.0960	\$34.52	1.0906
oct-00	22	\$31.44	32.86	0.6938	0.9534	\$31.20	0.0575
nov-00	23	\$35.98	34.14	0.7231	1.0398	\$34.87	1.2227
dic-00	24	\$29.82	32.90	0.6245	0.9508	\$33.23	11.6655

Cont. tabla (4-8)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel L(t)	Tendencia T(t)	Estacionalidad S(t)	Pronóstico usando el método de Holt-Winters con $a = 0.55$, $b = 0.05$ y $g = 0.05$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-01	25	\$29.26	31.22	0.5094	0.9945	\$33.44	856.1197
feb-01	26	\$32.77	30.85	0.4658	1.0858	\$34.49	1073.5607
mar-01	27	\$26.03	28.73	0.3363	0.9746	\$30.64	677.6523
abr-01	28	\$29.00	29.36	0.3511	0.9800	\$28.47	841.1189
may-01	29	\$27.38	28.94	0.3122	0.9664	\$28.75	749.6791
jun-01	30	\$27.58	28.58	0.2789	0.9829	\$28.78	760.9191
jul-01	31	\$26.47	27.52	0.2117	0.9999	\$28.92	700.5096
ago-01	32	\$24.93	26.67	0.1585	0.9650	\$26.80	621.7255
sep-01	33	\$34.03	29.15	0.2747	1.0995	\$29.40	1157.8628
oct-01	34	\$20.28	24.94	0.0506	0.9464	\$28.05	411.3221
nov-01	35	\$20.65	22.17	-0.0905	1.0344	\$25.99	426.5454
dic-01	36	\$21.45	22.34	-0.0774	0.9513	\$20.99	459.9385
ene-02	37	\$19.73	20.93	-0.1441	0.9919	\$22.14	8.5957
feb-02	38	\$22.94	20.97	-0.1347	1.0862	\$22.57	34.9323
mar-02	39	\$25.66	23.86	0.0164	0.9796	\$20.31	141.9331
abr-02	40	\$25.22	24.90	0.0676	0.9816	\$23.40	130.0103
may-02	41	\$25.73	25.88	0.1131	0.9678	\$24.13	94.8003
jun-02	42	\$26.82	26.71	0.1488	0.9840	\$25.55	72.4375
jul-02	43	\$26.94	26.90	0.1513	0.9999	\$26.85	73.4484
ago-02	44	\$26.92	27.52	0.1743	0.9657	\$26.11	59.1188
sep-02	45	\$31.15	28.04	0.1920	1.1001	\$30.45	66.0934
oct-02	46	\$26.35	28.02	0.1813	0.9461	\$26.72	29.4446
nov-02	47	\$28.95	28.08	0.1752	1.0342	\$29.17	19.6217
dic-02	48	\$29.39	29.71	0.2479	0.9532	\$26.88	30.6950
ene-03	49	\$32.70	31.61	0.3306	0.9940	\$29.71	32.4148
feb-03	50	\$39.49	34.37	0.4521	1.0893	\$34.70	71.5495
mar-03	51	\$33.16	34.29	0.4251	0.9790	\$34.12	21.1934
abr-03	52	\$28.14	31.38	0.2588	0.9774	\$34.07	0.2012
may-03	53	\$28.07	30.19	0.1863	0.9659	\$30.62	0.4481
jun-03	54	\$30.52	30.73	0.2038	0.9844	\$29.89	1.8926
jul-03	55	\$29.31	30.04	0.1591	0.9987	\$30.93	2.5127
ago-03	56	\$31.60	31.59	0.2285	0.9674	\$29.16	0.0082
sep-03	57	\$28.31	28.47	0.0613	1.0948	\$35.00	38.4970
oct-03	58	\$27.71	28.95	0.0820	0.9466	\$26.99	12.1729
nov-03	59	\$36.23	32.33	0.2471	1.0386	\$30.02	1.8544
dic-03	60	\$32.14	33.21	0.2786	0.9539	\$31.05	1.1914

Cont. tabla (4-8)

Mes-Año	T	Promedio mensual de los cierres de los futuros del primer mes de WTI del NYMEX ajustados a 21 días USD/BLS	Nivel L(t)	Tendencia T(t)	Estacionalidad S(t)	Pronóstico usando el método de Holt-Winters con $a = 0.55$, $b = 0.05$ y $g = 0.05$ USD/BLS	Error cuadrático
ene-04	61	\$37.83	36.00	0.4043	0.9968	\$33.28	1430.9077
feb-04	62	\$38.13	35.63	0.3658	1.0884	\$39.66	22.0542
mar-04	63	\$33.53	35.03	0.3175	0.9779	\$35.24	0.9296
abr-04	64	\$36.62	36.51	0.3756	0.9787	\$34.55	35.7518
may-04	65	\$42.29	40.68	0.5653	0.9695	\$35.63	190.9866
jun-04	66	\$38.05	39.82	0.4939	0.9830	\$40.61	86.5356
jul-04	67	\$40.81	40.61	0.5089	0.9990	\$40.26	144.7396
ago-04	68	\$42.84	42.86	0.5959	0.9690	\$39.78	193.9724
sep-04	69	\$45.94	42.63	0.5547	1.0940	\$47.58	366.1391
oct-04	70	\$53.09	50.28	0.9093	0.9521	\$40.88	561.4272
nov-04	71	\$50.90	49.99	0.8493	1.0375	\$53.17	522.0434
dic-04	72	\$43.26	47.82	0.6982	0.9515	\$48.50	298.2674
ene-05	73	\$49.19	48.98	0.7211	0.9972	\$48.36	795.2563
feb-05	74	\$53.11	49.20	0.6964	1.0879	\$54.09	959.2177
mar-05	75	\$52.15	51.78	0.7907	0.9794	\$48.80	874.7836
abr-05	76	\$53.22	53.57	0.8403	0.9794	\$51.45	1082.9406
may-05	77	\$49.87	52.77	0.7586	0.9683	\$52.75	700.7117
jun-05	78	\$53.86	54.22	0.7931	0.9835	\$52.62	883.6766
jul-05	79	\$61.98	58.88	0.9863	1.0017	\$54.96	1327.1884
ago-05	80	\$59.34	60.62	1.0241	0.9695	\$58.01	1055.6720
sep-05	81	\$65.55	60.70	0.9767	1.0933	\$67.44	1555.8965
oct-05	82	\$62.27	63.72	1.0792	0.9534	\$58.72	1012.5897
nov-05	83	\$61.26	61.64	0.9208	1.0354	\$67.24	1192.8603
dic-05	84	\$59.45	62.51	0.9187	0.9514	\$59.52	916.5143

Bibliografía

- Alonso Reyes, Ma. Del Pilar.- Elementos estadísticos para la toma de decisiones.- Módulo IV del Diplomado “La toma de decisiones a través de métodos estadísticos”.- UNAM
- Anderson, Sweeney, Williams.- Métodos cuantitativos para los negocios.- Ed. International Thomson Editores, séptima edición.- México, 1999
- Chatfield, Chris.- The Analysis of Time Series.- Ed. Chapman & Hall/CRC, sexta edición.- EUA, 2004.
- Jiménez, E. Uriel.- Análisis de datos, series temporales y análisis multivariante.- Ed. AC Libros Científicos y Técnicos, col. Plan Nuevo.- Madrid, 1995
- Makridakis – Wheelwright.- Métodos de pronósticos.- Ed. Limusa.- México, 2004
- Mason, Robert D y Lind, Douglas A.- Statistical Techniques in Business and Economics.- Ed. Irwin.- EUA
- Mendoza Martínez, Alberto Iván.- Tesis “Introducción a los modelos ARIMA multiplicativos”.- UNAM.- México, 2005
- Rodríguez Morilla, Carmen.- Análisis de series temporales.- Ed. La Muralla.- España, 2000
- Wooldridge, Jeffrey M.- Introducción a la econometría.- Ed Thomson Learning.- México, 2001
- Yaffe, Robert A.-Introduction to Time Series Analysis and Forecasting with applications of SAS and SPSS.- Ed. Academic Press.- EUA, 2000
- <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook>
- <http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/stat-data/Forecast.htm>
- <http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/stat-data/Forecast.htm>
- <http://www.statsoft.com/textbook/sttimser.html>
- <http://ciberconta.unizar.es/LECCION/seriest/100.HTM>
- <http://www.stockssite.com/pf/st/>
- http://www.stats.gla.ac.uk/steps/glossary/time_series.html
- http://en.wikipedia.org/wiki/Time_series