

01168

14
201

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Modelos de suavización
exponencial simple,
HOLT y WINTERS

TESIS PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRO EN INGENIERIA
EN INVESTIGACION DE
DE OPERACIONES.

PRESENTA

ING. JOSE LUIS CORONEL TRUJILLO.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

01168

14
DET-

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Modelos de suavización
exponencial simple,
HOLT y WINTERS

TESIS PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRO EN INGENIERIA
EN INVESTIGACION DE
DE OPERACIONES.

PRESENTA

ING. JOSE LUIS CORONEL TRUJILLO.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INDICE

	PAGINA
INTRODUCCION	04
CAPITULO 1 : FUNDAMENTOS DE LOS PRONÓSTICOS.	06
1.1.- Conceptos, usos y ventajas.	07
1.2.- Clasificación general.	10
1.2.1.- Modelos de pronósticos cualitativos.	11
1.2.2.- Modelos de pronósticos cuantitativos.	11
1.2.3.- Con enfoque estructural	12
1.2.4.- con enfoque no estructural.	13
1.3.- Modelos de series de tiempo.	15
1.3.1.- Componentes de una serie de tiempo.	17
1.3.2.- Representación matemática de una serie de tiempo.	20
1.3.3.- El proceso estocastico y el pronóstico de ventas.	24
1.3.4.- El pronóstico a partir de las series de tiempo.	27
1.4.- Control del modelo.	30
1.5.- Proceso para la determinación del pronóstico.	32
1.6.- Metodología para el desarrollo de la tesis.	39
1.6.1.- Metodología para el modelo de suavización exponencial simple.	39
1.6.2.- Metodología para el modelo de Holt.	41
1.6.3.- Metodología para el modelo de Winters.	44

CAPITULO 2 : MODELO DE PRONOSTICO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE.	47
2.1.- Descripción del modelo de suavización exponencial simple.	48
2.2.- Descripción del modelo de control adaptativo de W.M. Chow para un solo ponderador α .	65
2.3.- Aplicación del modelo de pronóstico de suavización exponencial simple, controlado por el modelo adaptativo de Chow para pronosticar y controlar las ventas de una serie de tiempo con proceso constante.	68
2.4.- Programa y resultados.	80
CAPITULO 3 : MODELO DE PRONOSTICO DE HOLT.	113
3.1.- Descripción del modelo de Holt.	114
3.2.- Descripción del modelo de Robert y Reed para dos ponderadores.	121
3.3.- Aplicación del modelo de pronóstico de Holt, controlado por el modelo adaptativo de Robert y Reed, para pronosticar y controlar las ventas de una serie de tiempo con proceso de tendencia.	127
3.4.- Programa y resultados.	142
CAPITULO 4 : MODELO DE PRONOSTICO DE WINTERS	184
4.1.- Descripción del modelo de Winters.	185
4.2.- Descripción del modelo de Robert y Reed para tres ponderadores.	198
4.3.- Aplicación del modelo de pronóstico de Winters, controlado por el modelo adaptativo de Robert y Reed, para pronosticar y controlar las ventas de una serie de tiempo con proceso estacional.	206
4.4.- Programa y resultados.	226
CONCLUSIONES.	270
BIBLIOGRAFIA.	271

INTRODUCCION

Al abordar el tema de pronósticos nos percatamos que existe una extensa variedad de información en cuanto a su concepto, los factores que deben tomarse en cuenta para seleccionar el o los modelos y el método a utilizar, los elementos que se consideran para su clasificación, y un si número de aplicaciones que muestran la importancia del pronóstico en el proceso de toma de decisiones.

Existen libros, tesis, boletines, etc. que tratan los aspectos conceptual y metodológico así como la aplicación de la técnica utilizada, otros han diseñado software cuyo contenido comprende desde el análisis de los datos históricos, la selección del método y del modelo, hasta el análisis de los resultados.

La mayoría de las aplicaciones existentes en el tema de pronósticos carecen de una metodología que muestre de manera sistemática, la interrelación del modelo de pronóstico y su modelo de control. Tal es el caso de los modelos de suavización exponencial simple, de Holt y de Winters; controlados a su vez por los modelos de Chow para un ponderador y el de Robert y Reed, para dos y tres ponderadores, respectivamente. Por esta razón surgió la inquietud de realizar la presente tesis, que tiene como objetivo principal mostrar la relación que existe entre el modelo de pronóstico y su modelo de control. Esto se hace para los modelos de pronósticos de suavización exponencial simple, de Holt y de Winters cuyo control se realiza mediante los modelos de Chow para un ponderador, de Robert y Reed para dos y tres ponderadores, respectivamente.

Para tal fin se seleccionaron tres series de tiempo, una serie con proceso constante, una con proceso de tendencia y la otra con proceso estacional.

Se diseñó la metodología y el software de aplicación para cada caso.

La tesis se desarrolló en cuatro capítulos. En el primer capítulo se tratan los aspectos generales teóricos de los pronósticos. En los capítulos 2, 3 y 4 se describen los modelos de pronóstico y de control, así como también se hace una aplicación para cada caso.

En el capítulo 1, se hace una descripción general del pronóstico: su conceptualización, los usos y ventajas; su clasificación; el concepto de series de tiempo; la importancia de la revisión y control del modelo utilizado para pronosticar y finalmente el enfoque sistémico del proceso para determinar el pronóstico.

En el capítulo 2, se describe la estructura matemática del modelo de pronóstico de suavización exponencial simple y del modelo de control de Chow, aplicados a una serie de tiempo con proceso constante, mediante la metodología siguiente:

FASE A: Gráfica y análisis de la serie de tiempo.
FASE B: Inicialización del modelo.
FASE C: Pronóstico para planeación.
FASE D: Control del modelo.

En los capítulos 3 y 4, se describen las estructuras matemáticas de los modelos de Holt y Winters, y del modelo de control de Robert y Reed para dos y tres ponderadores, aplicados a las series de tiempo con proceso de tendencia y estacionalidad respectivamente mediante la metodología siguiente:

FASE A: Gráfica y análisis de la serie de tiempo.
FASE B: Inicialización del modelo.
FASE C: Diseño de los límites de control.
FASE D: Pronóstico para planeación.
FASE E: Control del modelo.

La aplicación de los tres modelos de pronóstico y control se hizo mediante el diseño del software " SUAVIEXP.PAS " realizado en TURBO PASCAL 5.5.

GUIA DE USUARIO.

1.- Introduzca el disket que contenga el sistema operativo MS-DOS

Hasta que aparezca el indicador A)

2.- Colocar el disket que contenga el software " SUAVIEXP.EXE ".

3.- Teclee suavieexp.

A) SUAVIEXP

después pulse la tecla " ENTER "

Aparece el menú

SUAVIZACION EXP. SIMPLE.

MODELO DE HOLT.

MODELO DE WINTERS.

Selecciones la opción deseada y siga las instrucciones que se dan en la pantalla.

En el momento en que se desee información del método que se este utilizando oprima la tecla F10.

Los ponderadores X, Y, Z varían entre 0 y 1, con cualquier incremento, se sugiere un incremento de 0.1 .

Para los casos de aplicación se utilizaron las ventas históricas siguientes:

MODELO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE.

k = 4 años de ventas históricas.

np = 12 periodos.

MODELO DE HOLT.

k = 2, L = 1, M = 1 años de ventas históricas.

np = 12 periodos.

MODELO DE WINTERS.

k = 2, L = 1, M = 1 años de ventas históricas.

np = 12 periodos.

4.- Para salir del menú oprima la tecla ESC.

SÍMBOLOS UTILIZADOS.

t	: Variable independiente, tiempo.
n, m, k, h, i, j	: Subíndices.
$V(t), D$	: Variable aleatoria de ventas o demanda.
$V(t_1), V(t_2), \dots, V(t_n)$	: Serie de tiempo. Realización de un proceso productivo.
$F [V(t_1), V(t_2), \dots, V(t_n) ]$	: Distribución de probabilidad conjunta.
$E [V(t) ]$	: Valor esperado de las ventas.
u, r, θ	: Constantes.
$\text{Var} [V(t) ]$	: Variancia.
$\text{COV} [V(t), V(t-j) ]$	: Covariancia.
$C(0)$	: Valor inicial del componente constante.
$C(t)$	: Componente constante.
$T(0)$	: Valor inicial del componente tendencia.
$\hat{C}(t)$	: Estimador del componente constante.
$\hat{T}(t)$	: Estimador del componente tendencia.
$E(t)$	: Componente estacional.
$\hat{E}(t)$	: Estimador del componente estacional.
L	: Amplitud estacional, períodos, años históricos para diseñar límites de control componente cíclica.
CI	: Componente de variaciones aleatorias.
$\epsilon(t)$	: Componente de variaciones aleatorias.
a, b, b_1	: Parámetro o valor de promedio de la serie de tiempo.

b_e	: Parámetro o valor de tendencia de la serie de tiempo.
b_1	: Parámetro de la serie de tiempo.
σ^2	: Variancia.
$Z_t(t)$	: Función matemática de una serie de tiempo.
E	: Experimento.
S	: Espacio muestral.
R_i	: Resultado de un experimento.
$V(t, R)$	: Serie de tiempo como un proceso estocástico.
T	: Conjunto de definición del parámetro t.
\hat{b}_i	: Estimador del parámetro i.
$F(t)$	: Pronóstico de las ventas.
$A(t)$	: Desviación media absoluta.
S	: Desviación estándar.
w	: Ponderador.
SS_e	: Suma de errores al cuadrado.
N	: Periodos, años de ventas históricas.
X	: Ponderador.
X_e, X_{min}	: Ponderador nominal para el componente constante.
d	: Constante de Chow.
X_i	: Ponderador inferior de control.
X_s	: Ponderador superior de control.
$A(X_e)$	: Desviación media absoluta nominal.
$A(X_i)$	: Desviación media absoluta inferior.
$A(X_s)$	: Desviación media absoluta superior.

M	: Numero de años históricos para controlar el modelo.
$e(t)$	: Error del pronostico.
S_x, S	: Desviación estándar.
$S(t)$	: Estimador de las ventas.
Z	: Ponderador para el componente tendencia.
Z_0, Z_{min}	: Ponderador nominal para el componente tendencia.
(X, Z)	: Combinación de ponderadores.
(X_0, Z_0)	: Combinación nominal.
Z_i	: Ponderador inferior.
(X_i, Z_i)	: Combinación inferior.
(X_s, Z_s)	: Combinación superior.
$e^2(k, j)$	: Error al cuadrado para cada combinación i y periodo j.
R_i	: Rango para cada combinación i.
\bar{R}	: Rango promedio.
d_2	: Constante de rangos promedio.
Z_c	: Valor critico.
$\bar{E}^2(i)$	: Promedio de errores al cuadrado para cada combinación.
$E(x)$	: Error esperado para el componente constante.
$E(z)$	: Error esperado para el componente tendencia.
X', Y', Z'	: Ponderadores modificados.
L S C	: Limite superior de control.
L I C	: Limite inferior de control.
SD	: Suma de factores.
Q (t)	: Factores estacionales.

- $\bar{Q}(j)$: Promedio de factores estacionales de un mismo mes para varios años.
- $E(0,1), E(0,2), \dots, E(0,j)$: Componentes iniciales estacionales.
- \bar{Q} : Razón estacional.
- Y : Ponderador para el componente estacional.
- Y_0, Y_{\min} : Ponderador nominal.
- Y_1 : Ponderador inferior.
- Y_2 : Ponderador superior.
- (X_0, Y_0, Z_0) : Combinación nominal.
- (X_1, Y_1, Z_1) : Combinación inferior.
- (X_2, Y_2, Z_2) : Combinación superior.
- $E(y)$: Valor esperado para el componente estacional.

CAPITULO 1.**FUNDAMENTOS DE LOS****PRONOSTICOS.**

CAPITULO 1. - FUNDAMENTOS DE LOS - PRONOSTICOS .

1.1. - CONCEPTOS, USOS Y VENTAJAS

CONCEPTOS

Coincido con Suarez Rocha Javier³ en que la preocupación por el futuro ha adquirido una importancia de primer orden porque se considera que este es transformable, elegible, moldeable hasta determinados puntos, razones que han servido de base y estímulo para el desarrollo y popularización de la planeación y con ello, del pronóstico. En general existe una necesidad de generar acciones para diseñar a futuro, lo que parece ser la génesis de la planeación, en lo particular, del pronóstico.

Con frecuencia las palabras de pronóstico, previsión y - prospectiva se emplean de manera indistinta, pareciendo ser lo mismo; esto es en buena parte producto de la influencia anglosajona de enmarcar todo estudio acerca del futuro mediante el término forecasting .

Sin embargo, si se revisa la literatura especializada en el tema, se encontrará que varios autores, entre ellos Suarez Rocha Javier³, analizan el concepto de pronóstico tomando como base algunos de los aspectos siguientes:

TENDENCIAS.

Partiendo de esta consideración, el pronóstico es el resultado del comportamiento pasado que se extiende hacia el futuro, válido en aquello que se denomina tendencias pasadas y donde el papel del planeador es reconocerlas y cuantificarlas para desarrollar medidas de adaptación a la nueva realidad.

RELACIONES CAUSA-EFECTO

Esto genera una concepción determinística del pronóstico, y en este sentido el pronóstico es un conjunto de leyes determinadas por relaciones causa-efecto, que tratan de descubrir o inferir lo que va a acontecer en futuro.

³ Base conceptual y metodológica para el pronóstico.
Suarez Rocha, DEPT. UNAM

PREVISIÓN

Es una concepción probabilística del pronóstico y bajo este contexto, la Previsión es un conjunto de técnicas - y herramientas matemáticas como la Probabilidad y la Estadística que tratan de descubrir y explorar el estado futuro más probable.

PROSPECTIVA

Una concepción inicial de la Prospectiva es aquella en la que se parte no de las tendencias pasadas o del estado actual de las cosas, sino la que hace una ruptura con todo aquello y define de una manera libre la realidad deseable, esto es, a establecer el estado deseado de las cosas. Así, la Prospectiva visualiza al futuro no como único, sino como una multiplicidad de opciones que se generan a través - del estudio de la dinámica de los sistemas y una crítica a la estructura que los engendra.

RETROSPECTIVA

La concepción retrospectiva parte del supuesto que para conocer el futuro habrá que estudiar en forma metódica - el pasado, observando su desarrollo, sus tendencias y el comportamiento de sus " variables relevantes ".

El concepto de pronóstico deberá involucrar tanto el - enfoque retrospectivo como el prospectivo, para ser usado en la - solución de problemas.

Por ello se considera apropiado definir el concepto de pronóstico que servirá de base para el desarrollo de la presente tesis:

El pronóstico es un proceso de conocimiento que investiga en forma metódica el pasado, el presente y el futuro, haciendo uso de técnicas cuantitativas y cualitativas, - así como de la experiencia y habilidad de la persona que lo realiza, con el propósito de generar acciones en el tiempo para - diseñar el futuro.

USOS

La función administrativa de la moderna empresa, considera de gran utilidad el pronóstico de los valores futuros que - la demanda de producto o servicio puedan asumir, debido a que - todos sus departamentos toman como base al pronóstico para planear y programar sus actividades. A continuación se describen - algunas de las funciones más generales de los departamentos de - una empresa:

DEPARTAMENTO DE VENTAS. Existen diferentes situaciones en las cuales las decisiones deben basarse en pronósticos confiables y en las características del mercado. Es decir, una compañía que produce y vende artículos de uso doméstico, debe pronosticar la demanda de cada uno de sus productos por regiones - geográficas y por tipo de consumidor. Estos pronósticos sirven - de base para elaborar sus programas de publicidad, sus ventas - directas y otras actividades promocionales.

DEPARTAMENTO DE COMPRAS. El pronóstico es utilizado - para elaborar los programas de compras, de tal manera que se suministren las refacciones, herramientas, aditivos y algunos otros elementos necesarios en la actividad productiva, en las cantidades y tiempo requeridos.

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO. Se utilizan los pronósticos para elaborar eficientemente los programas de mantenimiento preventivo y correctivo.

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN. Se utilizan los pronósticos para saber cuando y cuanto producir; para elaborar los planes y programas de producción, así como el control de los mismos; para determinar el tamaño de inventario de materia prima, de material en proceso y producto acabado; en el balanceo en las cargas de - producción y en la determinación de las capacidades de producción por turno o periodo, etc.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HUMANOS. Se utiliza el pronóstico para determinar la cantidad de personal por turno o temporada de producción; para elaborar los programas de entrenamiento; para determinar la cantidad de contrataciones por cada departamento; etc.

DEPARTAMENTO DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO. Utiliza el pronóstico para elaborar los planes y programas de la empresa; distribuir eficientemente el presupuesto por departamento de acuerdo a los planes y programas prioritarios; determinar los flujos de dinero y necesidades de efectivo; para determinar la magnitud de la inversión debido a la expansión de la empresa. Las decisiones de cómo, cuándo y dónde construir nuevas plantas, estarán parcialmente basados en los pronósticos.

En fin la correcta elaboración y adecuada utilización de - los pronósticos, coadyuvan de alguna manera a la optimización de los medios productivos.

VENTAJAS.

Cada vez que se toma una decisión, ésta lleva cuando menos implícito un pronóstico que sirve de base para futuras decisiones en general, el pronóstico de ventas, es el vínculo que hay entre los movimientos externos e incontrolables de la economía y los a-

suntos internos y controlables, del mundo de los negocios. Por ello, el pronóstico de ventas, tiene que basarse en un cuidadoso análisis de los factores internos y externos de la entidad productiva, porque se utilizan como base para la elaboración de los planes y programas de todos los aspectos operacionales de la empresa.

A éste nivel, es indiscutible, que cuando la empresa planea y programa sus actividades, en base a herramientas científicas como es la técnica de los pronósticos, traerá con ello, necesariamente, un sín número de ventajas. A continuación, citamos algunas de ellas:

- 1.- Los departamentos de la compañía podrá elaborar programas de operación más fidedignos y eficientes.
- 2.- Se reducen considerablemente los costos de operación y mantenimiento en cada uno de los departamentos.
- 3.- El control de compras, producción, inventarios, personal y ventas se realiza más eficientemente.
- 4.- Los clientes se sentirán satisfechos al ver que se les suministran los pedidos en el tiempo deseado, eliminándose así la cancelación de pedidos y retraso en la entrega.
- 5.- La utilización de los sistemas de pronósticos por el hecho de ser técnicas que ayudan a planear y programar las operaciones de la empresa, ayudan mucho a reducir los costos de producción, operación y distribución y con ello, solidariamente, se considera que la empresa esta en condiciones de ofrecer productos o servicios a un precio más accesibles al consumidor; así como salarios más remunerativos a la clase trabajadora, para hacer frente a la carestía de la vida y en general a las contradicciones del sistema capitalista.
- 6.- Se distribuye eficientemente el capital financiero y el capital industrial.

1.2.- CLASIFICACION GENERAL.

Existen diferentes criterios para clasificar a los modelos de pronóstico. Alguno de estos criterios se dan a continuación:

Tomando en cuenta el procedimiento utilizado se clasifican en:

- modelos de pronóstico objetivos.
- modelos de pronóstico subjetivos.

Considerando el horizonte de tiempo para el cual se hace se clasifican en:

- modelos de pronóstico a corto plazo.
- modelos de pronóstico a plazo intermedio.
- modelos de pronóstico a largo plazo.

En base a su utilización se clasifican en:

- modelos de pronóstico para instalación.
- modelos de pronóstico para planeación.
- modelos de pronóstico para programación.

Tomando en cuenta el tipo de información externa o interna a la empresa que se clasifican en:

- modelos de pronóstico externos.
- modelos de pronóstico internos.

El criterio más conocido y utilizados es aquel que los clasifica en:

- modelos de pronóstico cualitativos.
- modelos de pronóstico cuantitativos.

Debido a que la clasificación anterior es la que mas se utiliza en la bibliografía sobre el tema de pronósticos, se describirá cada uno de ellos.

1.2.1. - MODELOS DE PRONOSTICOS CUALITATIVOS. Se utilizan cuando la información de la variable o variables es muy escasa. El método utilizado en estos modelos, se basa fundamentalmente en recopilar y analizar, de una manera lógica, imparcial y sistemática toda la información y juicios, que relacionan a los factores o variables que se desean estimar. Estos modelos son usados frecuentemente en áreas tecnológicas nuevas, en promociones de ventas, introducción de un producto nuevo en el mercado, en la toma de decisiones para determinar la realización o no de grandes proyectos donde se manejan elevadas cantidades de capital, etc.

Algunos modelos de pronósticos cualitativos son: modelo Delphi, modelos de investigación de mercados, modelos de analogías históricas, modelos de encuestas directa e indirecta, etc.

1.2.2. - LOS MODELOS DE PRONOSTICOS CUANTITATIVOS. Se utilizan cuando existe suficiente información histórica de la variable o variables que se desean pronosticar. Los modelos cuantitativos poseen mucho más solidez científica que los modelos cualitativos, por el hecho de que utilizan métodos estadísticos o matemáticos aplicados a la serie de tiempo que siguen los datos, variable o variables que se desean pronosticar. Por supuesto que el pronóstico obtenido podrá ser modificado por el grupo decisor, para incluir algunos aspectos intangibles relacionados con el producto o productos.

Dependiendo de que se conozcan o no, las causas del comportamiento de la variable o variables, los modelos cuantitativos, aplicados a las series de tiempo del producto tienen los siguientes enfoques:

- modelos cuantitativos con enfoque estructural.
- modelos cuantitativos con enfoque no estructural

1.2.3.- MODELOS CUANTITATIVOS CON ENFOQUE ESTRUCTURAL

El enfoque estructural, consiste en pronosticar los efectos - del comportamiento, de la variable o variables correspondientes, - al sistema en estudio, en base al conocimiento real de las causas que originan el comportamiento de la variable o variables, del sistema mencionados en la mayoría de los casos, las causas son - económicas, de aquí, que también se les conozca como: modelos - cuantitativos con enfoque econométrico.

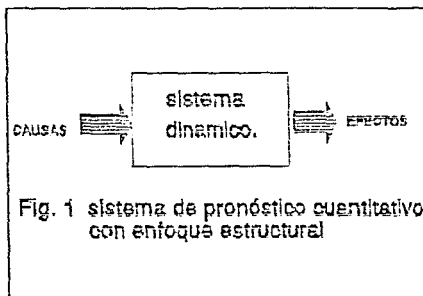


Fig. 1 sistema de pronóstico cuantitativo con enfoque estructural

El enfoque estructural consiste fundamentalmente en construir un modelo o conjunto de modelos matemáticos, que representen las relaciones descriptivas del comportamiento de la variable o variables, que desean pronosticarse.

Se recomienda usar un modelo cuantitativo con enfoque estructural, econométrico cuando se tiene información histórica y además se ha desarrollado un método de análisis para determinar detalladamente la conexión existente entre los parámetros que se van a pronosticar y los demás factores que puedan influir relevantemente en el sistema de pronósticos; como por ejemplo: factores económicos de otras empresas, situación de la economía a nivel nacional y mundial, cambios en el comportamiento de la serie de tiempo del producto, huelgas, etc.

Los modelos cuantitativos con enfoque estructural son los mejores para hacer pronósticos a largo plazo. Algunas de sus utilidades son:

- obtención de PNB.
- niveles de inversión y consumo.
- determinación de las ventas de grandes empresas que influyen en otros campos de la economía nacional.
- determinación de precios.

- niveles de publicidad.
- etc.

Entre los modelos cuantitativos con enfoque estructural, podemos citar los siguientes:

- modelos econométricos.
- modelos de regresión.

Entre las técnicas utilizadas o relacionadas con los modelos cuantitativos con enfoque estructural, se encuentran las siguientes:

- intensión de compra e investigación anticipada.
- insumo-producto.
- índice de difusión.
- indicador de liderazgo.
- análisis del ciclo de vida del producto.
- simulación.
- análisis de mercado.
- mínimos cuadrados.
- estimaciones de máxima verosimilitud.
- mínimos cuadrados de dos fases.
- etc.

1.2.4.- MODELOS CUANTITATIVOS CON ENFOQUE NO ESTRUCTURAL

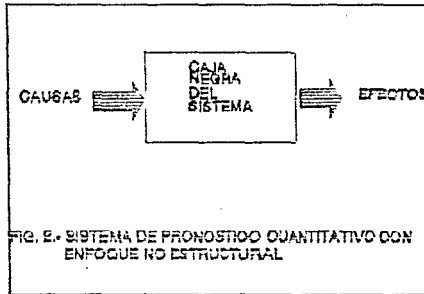


FIG. E.- SISTEMA DE PRONOSTICO CUANTITATIVO CON ENFOQUE NO ESTRUCTURAL

El enfoque no estructural, consiste en pronosticar el comportamiento de la variable o variables correspondientes al sistema en estudio, en base a la extrapolación o proyección del futuro de las características de la variable o variables mostradas en la serie de tiempo del sistema mencionado.

Los modelos cuantitativos con enfoque no estructural, no tratan de determinar una explicación de la variable o variables bajo estudio. Solo tratan de ajustarse al comportamiento de la serie de tiempo de la variable o variables del sistema, por ello se les conoce también como modelos cuantitativos ingenuos.

El enfoque no estructural consiste fundamentalmente en construir un modelo o conjunto de modelos matemáticos que ajusten al comportamiento de la variable o variables descritas en la serie de tiempo.

Se recomienda utilizar los modelos cuantitativos con enfoque no estructural, cuando se tenga suficiente información histórica debido a que una parte de las ventas históricas es utilizada para calcular los parámetros iniciales, otra parte de la información es para ajustar el modelo o modelos matemáticos, otra porción de las ventas es para determinar los límites de confianza del modelo y finalmente, la parte restante de la información histórica será para la prueba del modelo; como se ve, en estos modelos la cantidad de información histórica que se tenga es de gran importancia.

Los modelos cuantitativos con enfoque no estructural se utilizan generalmente para la obtención de pronósticos a corto y mediano plazo. El campo de su aplicación es muy variado y dependerá de las situaciones y necesidades que en cada caso se den.

Dependiendo del modelo de la serie de tiempo, será el modelo o método utilizado. Entre ellos podemos citar los siguientes:

- modelos de suavización exponencial simple.
- modelos de R.G. Brown para serie de tiempo con proceso de tendencia.
- modelos de suavización exponencial de orden n .
- modelos de Box-Jenkins.
- modelos Bayesianos.
- modelos de promedios móviles.
- modelos de P.R. Winters para serie de tiempo con proceso estacional.
- modelo de Holt.
- etc.

Entre las técnicas utilizadas o relacionadas con los métodos o modelos cuantitativos con enfoque no estructural, se encuentran las siguientes:

- análisis espectral.
- ajuste de curvas.
- ponderación cuadrada.
- ponderación rectangular y exponencial.
- suavización exponencial.
- mínimos cuadrados
- etc.

En la práctica lo más probable es que se utilice la combinación de los modelos cuantitativos con enfoque no estructural; es decir tener una concepción dialéctica de los sistemas de pronósticos.

En la presente tesis, se describe y aplican tres modelos cuantitativos con enfoque no estructural, es decir, sin pretender conocer las causas determinísticas o probabilísticas que generan el comportamiento de la demanda del producto, ajustaremos a la serie de tiempo descrita por la variable demanda, un modelo matemático, por medio del método de suavización y ponderación exponencial. Esto se hace para una serie de tiempo con proceso constante, de tendencia y estacionalidad.

1.3. - MODELOS DE SERIES DE TIEMPO.

De acuerdo a los fines de este trabajo de grado, se define una serie de tiempo como el conjunto de observaciones generadas -secuencialmente en la variable tiempo. Si el conjunto de observaciones es discreto, se dice que la serie de tiempo es discreta.

De manera general se describen y utilizan las series de tiempo discretas, en las que las observaciones se hacen a intervalos de tiempo fijos, de tal manera que aun cuando las ventas de la serie de tiempo tenga una distribución de probabilidad, para nosotros desconocida, los valores futuros de las observaciones, se deberán obtener en base a un modelo matemático, ajustado a la serie de tiempo mencionada.

Al analizar una serie de tiempo, consideraremos a ésta, como un realización o como el resultado particular de un proceso, estocástico; es decir, si denotamos por $v(t_1)$, $v(t_2)$, ..., $v(t_n)$ las observaciones -ventas- en este caso, hechas en los tiempos t_1, t_2, \dots, t_n , que forman a la serie de tiempo; las consideramos como resultados particulares de las variables aleatorias $V(t_1), V(t_2), \dots, V(t_n)$ con función densidad $P[V(t_1), V(t_2), \dots, V(t_n)]$.

En el estudio de las series de tiempo, es muy importante la consideración de que el conjunto de observaciones obtenidas del proceso de las series de tiempo, son realizaciones aleatorias -distribuidas conjuntamente; es decir, la secuencia de observaciones $V(t_1), V(t_2), V(t_3), \dots, V(t_n)$ tomadas a espacios iguales de tiempo, son de hecho, extraídas de la distribución de probabilidad conjunta $P[V(t_1), V(t_2), \dots, V(t_n)]$, la que se usa para inferir sobre observaciones futuras, por ejemplo: $P[V(t_{n+1}) / V(t_1), V(t_2), V(t_3), \dots, V(t_n)]$.

En la práctica este método es muy complicado. En su lugar se trata de determinar el mecanismo que genera a las observaciones lo que se logra mediante el ajuste de un modelo matemático a las observaciones dadas, y a partir de él, pronosticar los valores futuros deseados; lo que en la realidad corresponde a la distribución condicional de las observaciones futuras.

Un aspecto fundamental que se considera, cuando se realizan pronósticos en base a la información histórica de las ventas, o lo que es lo mismo, en base a series de tiempo; es que ésta tenga en el presente un comportamiento igual como en el pasado. Claro que con esto no damos a entender que los comportamientos pasado y presente sean exactamente iguales, sino que, ciertos estimadores o valores, promedio esperado, sean muy aproximados.

Si la suposición anterior, este enfoque no tendría ningún sentido. En otras palabras, lo que en realidad se necesita es que la estructura probabilística de la serie de tiempo histórica o pasada, sea aproximadamente igual a la estructura probabilística de la serie actual y futura, es decir, que la distribución de probabilidad de la serie de las ventas sea invariante con respecto al tiempo t , es decir:

$$P [V(t_1), V(t_2), \dots, V(t_k)] = P [V(t_{1+k}), V(t_{2+k}), \dots, V(t_{k+k})]$$

donde $t_1, t_2, \dots, t_k; m$ y k son enteros. ----- EC. 1.

Lo expuesto anteriormente es lo que se llama " ESTACIONALIDAD DEBIL " esta consistirá en que, el valor esperado de las observaciones sea independiente de la variable tiempo, es decir:

$$E [V(t)] = u \quad \text{----- EC. 2.}$$

y que la covariancia entre $V(t)$ y $V(t+j)$ dependa solamente del índice j , es decir:

$$E [[V(t)-u] [V(t+j)-u]] = r_j \quad \text{----- EC. 3.}$$

La estacionalidad estricta incluye a la " DEBIL ", es decir - la ecuación 1 implica las ecuaciones 2 y 3. Si en la ecuación 1 - hacemos que $k = 1$ se tiene:

$$P [V(t)] = P [V(t+m)]$$

Si la densidad de $P [V(t)]$ no depende de la variable t , entonces:

$$E [V(t)] = \sum V P(V) = u, \quad t \text{ entero}$$

En el caso de las covariancias, si hacemos que $t_1 = t, t_2 = t-j$ y $m = k$, se tiene:

$$P [V(t), V(t-j)] = P [V(t+k), V(t-j+k)], \quad k \text{ entero}$$

La densidad de probabilidad conjunta depende solo de la diferencia de sus índices, en el caso j , y así se tiene:

$$\text{COV} [V(t), V(t-j)] = \text{COV} [V(t+k), V(t-j+k)] = r_j$$

$$\text{con } \text{VAR} [V(t)] = r_0$$

Los conceptos de estacionalidad estricta o "estacionalidad débil" constituyen el fundamento matemático o estadístico sobre el que se basa el proceso de pronóstico cuando se utilizan modelos de series de tiempo.

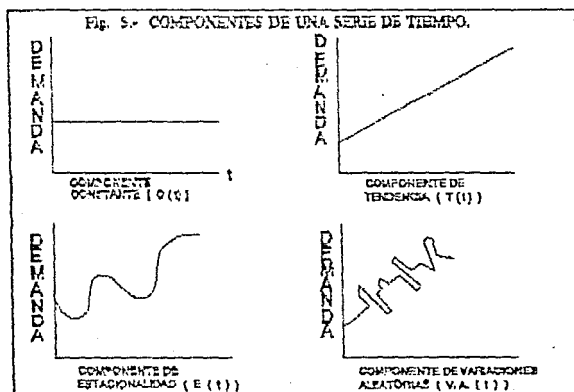
La diferencia básica de los modelos de series de tiempo con respecto a otros modelos, consiste en que la variable dependiente que en este caso son las ventas es función de una sola variable independiente o explicativa, que es el tiempo. Con esto tratamos de decir que existe una fuerte correlación entre la variable independiente tiempo y la variable dependiente o la venta que se desea pronosticar.

Así pues, en esta tesis se considera a la serie de tiempo como el comportamiento de las ventas con respecto al tiempo. Las ventas estarán representadas en el eje vertical y el elemento t tiempo en el eje horizontal. Las ventas están representadas por la variable dependiente, tiempo por la variable independiente.

Los movimientos y variaciones de las ventas con respecto al tiempo, están representados básicamente por cuatro componentes, elementos muy característicos de una serie de tiempo, y son:

1.3.1.- COMPONENTES DE UNA SERIE DE TIEMPO.

- A) componente constante.
- B) componente de tendencia.
- C) componente estacional o cíclica.
- D) componente de variaciones aleatorias.



Exceptuando al componente de variaciones aleatorias, los otros tres se pueden determinar de una manera más o menos exacta.

A continuación se da una breve descripción de cada uno de los componentes.

A) COMPONENTE CONSTANTE $C(t)$

Se refiere al comportamiento horizontal de toda la serie de tiempo. También representa el comportamiento horizontal de una observación determinada de la serie de tiempo en un periodo de tiempo t .

Cuando el modelo se aplica por primera vez, al componente constante se le llama arrancador o valor inicial y se representa por $C(0)$.

B) COMPONENTE DE TENDENCIA $T(t)$

Se refiere a la pendiente general que sigue toda la serie de tiempo. También representa el incremento o decremento computados entre los periodos de tiempo sucesivo " t " y " $t-1$ " de la serie de tiempo.

Cuando el modelo se aplica por primera vez, al componente de tendencia se le llama arrancador o valor inicial y se le representa por $T(0)$.

C) COMPONENTE ESTACIONAL $E(t)$

Este componente se refiere a las casi idénticas normas de comportamiento de una serie de tiempo, parece seguir durante los correspondientes meses en el curso de una año.

Los movimientos o comportamientos parecidos se deben fundamentalmente a aquellos sucesos que ocurren en épocas de temporadas con cierta periodicidad, entre ellos podemos citar los siguientes: las ventas de abrigo en épocas de frío; ventas de refrigeradores, ventiladores, clima en época de calor, etc.

Al pronosticar para un periodo " t ", es necesario conocer el comportamiento o estacionalidad del periodo " $t-L$ ", es decir el valor $E(t-L)$. Por lo general $L = 12$ meses.

Cuando el modelo se aplica por primera vez, al componente estacionalidad se le llama arrancador o valor inicial, y se representa por $E(0,t)$, en donde $t = 1, \dots, L$ es decir se necesitan determinar los " L " arrancadores.

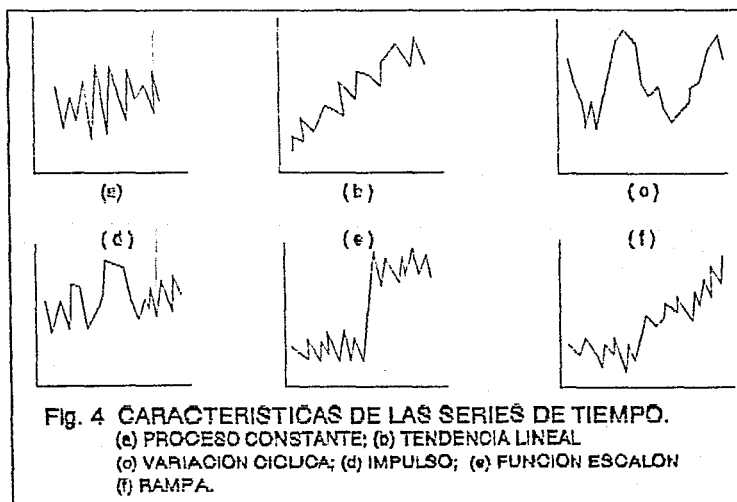
D) COMPONENTES CÍCLICAS CI.

Este componente normalmente corresponde a los ciclos económicos generales, que se realizan a través de las fases de expansión, prosperidad, recesión y depresión o crisis. En la actividad económica de los negocios, solamente se consideran fluctuaciones cíclicas, si estas acontecen en intervalos de tiempo con duración de más de un año.

E) COMPONENTES DE VARIACIONES ALEATORIAS $\epsilon(t)$.

Este componente se refiere a los movimientos esporádicos, aleatorios de la serie de tiempo, debido a sucesos inesperados, tales como: terremotos, inundaciones, políticos sindicales, devaluaciones de moneda, etc., y que debido a su aleatoriedad, no es posible predecir a este componente.

La combinación de los 4 componentes descritos dan un sin número de modelos de series de tiempo. A continuación damos algunos ejemplos:



1.3.2. - REPRESENTACION MATEMATICA DE UNA SERIE DE TIEMPO.

Muchos de los modelos usados para representar series de tiempo son funciones de tiempo, algebraicos o trascendentes, o algunos modelos compuestos que combinan ambos componentes algebraicos y trascendentales.

Si por ejemplo, las observaciones son muestras al azar de una distribución de probabilidad, y si la media de esta distribución no cambia con el tiempo, entonces, usamos el modelo matemático constante para representar a la serie de tiempo de ese proceso, como se muestra en la figura 5.

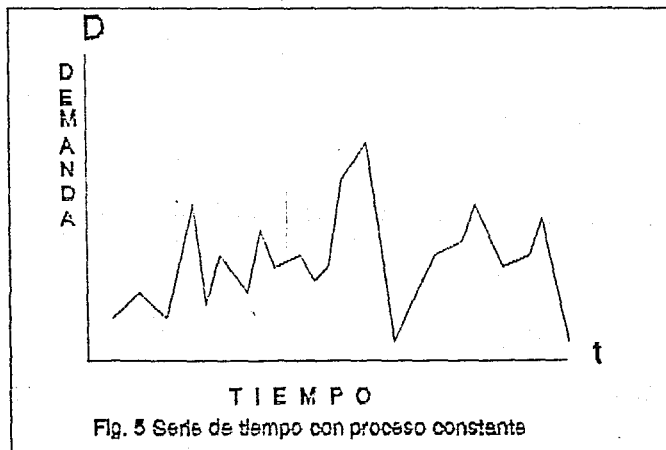
$$V(t) = b + \epsilon(t) \text{ -----Ec. 4}$$

donde $V(t)$ es el nivel de ventas en el periodo t ,
 b es el promedio o media esperada del proceso.
 $\epsilon(t)$ es la componente aleatoria del proceso.

La componente aleatoria tiene un valor esperado de cero, y usualmente asumimos que su variancia es constante, esto es:

$$E[\epsilon(t)] = 0 \qquad \qquad \qquad V[\epsilon(t)] = \sigma_{\epsilon}^2$$

Lo que es equivalente a decir que $V(t)$ es una variable aleatoria con media b y variancia σ_{ϵ}^2 .



Si por ejemplo, las observaciones son muestras al azar de alguna distribución de probabilidad, y si la media de esta distribución cambia linealmente con el tiempo, entonces, usamos el modelo matemático de tendencia lineal para representar a la serie de tiempo de ese proceso, como se muestra en la fig. 6.

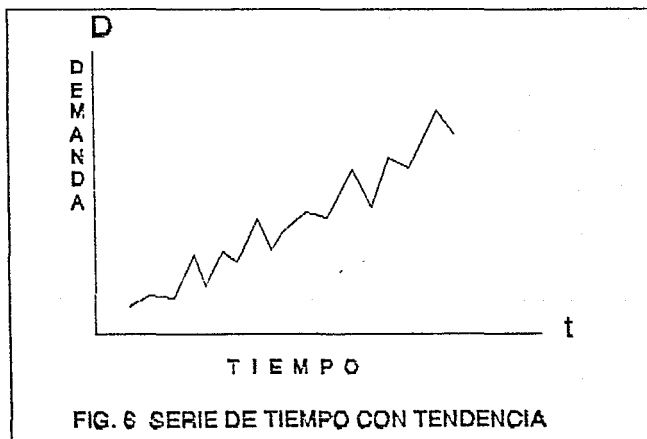
$$V(t) = b_1 + b_2 t + \epsilon(t) \quad \text{-----Ec. 5}$$

donde b_1 y b_2 son constantes. Note que la inclinación, $-b_2$, representa el cambio en el nivel promedio de la demanda de uno y otro periodo. La componente aleatoria $\epsilon(t)$ tiene un valor esperado de cero, y usualmente asumimos que su variancia es constante, esto es:

$$E[\epsilon(t)] = 0$$

$$V[\epsilon(t)] = \sigma_4^2$$

Lo que es equivalente a decir que $V(t)$ es una variable aleatoria con media b_1 , tendencia b_2 y variancia σ_4^2 .

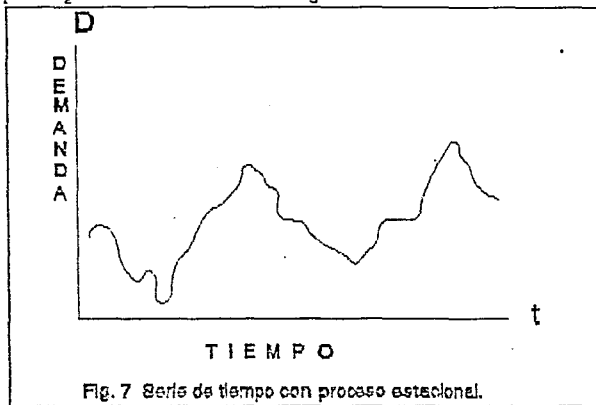


Si por ejemplo, las observaciones son muestras al azar de alguna distribución de probabilidad, y si la media de esta distribución cambia cuadráticamente en el tiempo, entonces, usamos el modelo matemático de tendencia cuadrática para representar la serie de tiempo de ese proceso, fig. 7.

$$V(t) = b_1 + b_2 t + b_3 t^2 + \epsilon(t) \quad \text{-----Ec. 6}$$

Si las observaciones son muestras al azar de alguna distribución de probabilidad y si la media de ésta distribución cambia cíclicamente, en el tiempo, entonces usamos el modelo matemático de variación cíclica para representar la serie de tiempo de éste proceso, como se muestra en la figura 7.

$$V(t) = b_1 + b_2 \sin(2t/12) + b_3 \cos(2t/12) + \epsilon(t) \text{ ----Ec. 7}$$



Las ecuaciones 4,5,6,7, descritos anteriormente son de la forma general siguiente:

$$V(t) = b_1 Z_1(t) + b_2 Z_2(t) + \dots + b_k Z_k(t) + \epsilon(t) \text{ ----Ec. 8}$$

donde el conjunto (b_i) son los parámetros del modelo
 el conjunto $[Z_i(t)]$ son funciones matemáticas de t
 el componente $\epsilon(t)$ es el componente de variaciones aleatorias.

Si en la ecuación 8 hacemos que $Z_1(t) = 1$ se obtiene la ecuación 4:

$$V(t) = b_1 + \epsilon(t)$$

Si en la ecuación 8 hacemos que $Z_1(t) = 1$ y $Z_2(t) = t$ se obtiene la ecuación 5:

$$V(t) = b_1 + b_2 t + \epsilon(t)$$

Etc.

Ahora, bien, cuando en una serie de tiempo las observaciones son altamente correlacionadas, esto es, donde las observaciones son mutuamente independientes, en el tiempo, entonces, usamos el modelo matemático de Box-Jenkins, para representar la serie de tiempo de dicho proceso.

$$V(t) = u + Q_0 \epsilon_t + Q_1 \epsilon_{t-1} + Q_2 \epsilon_{t-2} + \dots \quad \text{-----Ec. 9}$$

donde u y (Q_i) son constantes

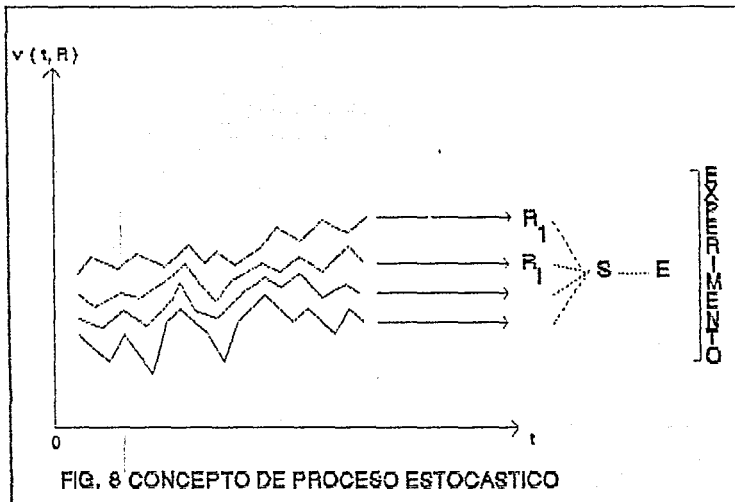
ϵ_{t-i} son las componentes aleatorias en el período $t-i$

Los modelos matemáticos descritos anteriormente son algunos de los muchos que existen. Algunos de estos modelos se pueden combinar para obtenerse otros con los que se pueda lograr un mejor ajuste a la serie de tiempo bajo estudio.

1.3.3. - EL PROCESO ESTOCÁSTICO Y EL PRONOSTICO DE VENTAS.

Entre las aplicaciones de los procesos estocásticos a la investigación de operaciones, tenemos: control de inventarios (pedidos, niveles de inventario, etc), teoría de colas o líneas de esperas (tiempo de llegada, longitud de la cola, tiempo de espera, etc) mantenimiento (fallas de máquinas, política de sustitución, etc) modelos de tráfico; series de tiempo, etc.

CONCEPTO DE PROCESO ESTOCÁSTICO: al realizar un experimento " E " definido, de acuerdo con el planteamiento usual en la teoría usual de la probabilidad, por el espacio " S " de su resultados "R" y por ciertos subconjuntos de " S " llamados eventos que forman una clase aditiva completa (σ - álgebra) es posible asociar a cada resultado " R ", una función real o compleja de cierto parámetro t :



Algunas observaciones en relación a ese tema son:

- 1.- El conjunto T de definición del parámetro t se llama usualmente conjunto indicador; T puede ser continuo o discreto. Si la suma $t + h$ de cualquier elemento t y h de T, también pertenece a T, se dice que el conjunto indicador es lineal.
- 2.- El parámetro t es, para la mayor parte de las aplicaciones, el tiempo.

3.- El parámetro t puede ser múltiple (x, y, z) en el caso de procesos especiales.

4.- La notación de proceso estocástico, generalmente empleada es $V(t)$.

5.- $V(t)$ puede interpretarse en cuatro formas diferentes:

- como una familia de funciones del parámetro t (t y R variables).
- Como una función del tiempo (t variable, R fijo) esta función se llama entonces "realización del proceso".
- Como una variable aleatoria (t fijo, R variable).
- Un valor determinado (t fijo, R fijo).

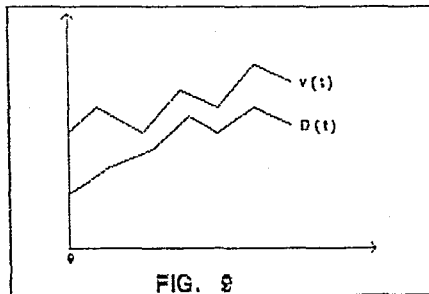
Ejemplo.- suponga que una tienda matriz tiene dos sucursales que venden el mismo producto. Se considera un experimento de Bernoulli consiste en lanzar una moneda. El espacio S de resultados es el siguiente:

$$S = \begin{cases} R_1 = \text{águila.} \\ R_2 = \text{sol} \end{cases}$$

El resultado águila se asocia la función serie de tiempo $-V(t)$, al resultado sol se asocia la función serie de tiempo $V(t)$ donde t es el parámetro definido de 0 a ∞ .

Las diversas interpretaciones del proceso estocástico así definido, son las siguientes:

a) UNA FAMILIA DE FUNCIONES: R y t son variables.



- b) UNA FUNCION DEL TIEMPO (realización del proceso): t - variable, R fijo.

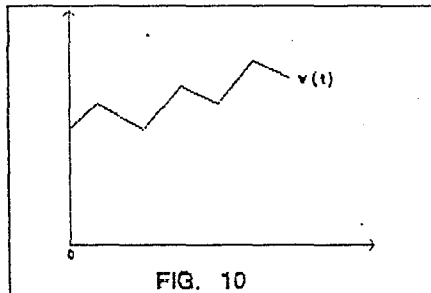


FIG. 10

Específicamente el concepto de proceso estocástico mostrado en el inciso b) es el que se aplica en este trabajo.

- c) UNA VARIABLE ALEATORIA: R variable, t fijo.

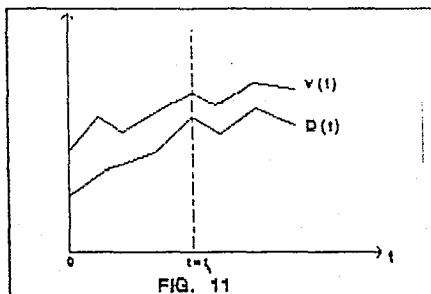


FIG. 11

d) UN VALOR DETERMINADO : R fijo, t fijo.

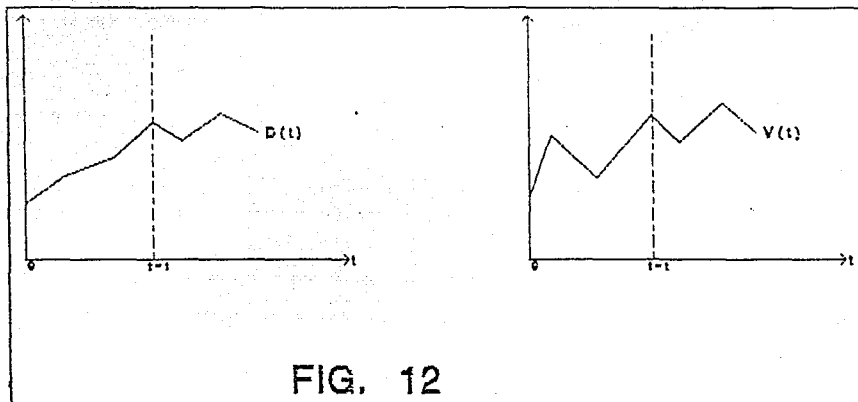
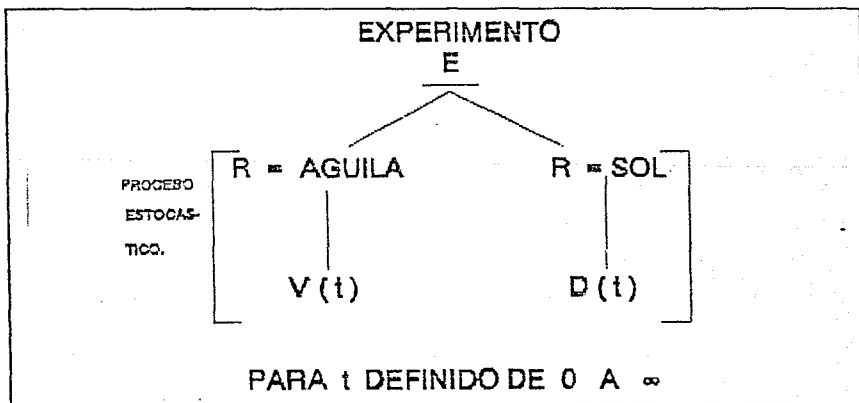


FIG. 12

Para nuestro caso, cada serie de tiempo en un periodo L , es una realización del proceso estocástico.



1.3.4.- PRONOSTICO A PARTIR DE LAS SERIES DE TIEMPO.

El pronóstico por medio de las series de tiempo consiste en estimar los parámetros desconocidos del modelo apropiado y usar - estos estimadores para proyectar el modelo en el futuro y obtener el pronóstico requerido.

Si se tiene el modelo matemático para una serie de tiempo con proceso constante, al final del periodo t .

$$V(t) = b + \epsilon(t) \text{ ----- Ec. 10}$$

Si se desea obtener el pronóstico de las ventas para el periodo $t + m$, esto es, $P(t+m)$, se debe utilizar un estimador del parámetro b , que sería, el estimador \hat{b} . Así, determinado el parámetro, y proyectando el modelo matemático $t+m$ de tiempo futuro, se obtiene el pronóstico deseado.

$$P(t+m) = \hat{b} + \epsilon(t+m) \text{ ----- Ec. 11}$$

Ahora bien, determinar el estimador \hat{b} del modelo, existen - muchos métodos, que se diferencian por la exactitud que brindan - cada uno de ellos. Algunos de estos métodos son: método de promedios simples, método de promedio móviles, método de suavización - y ponderación exponencial simple, etc.

Si se tiene el modelo matemático para una serie de tiempo con proceso de tendencia, al final del periodo t .

$$V(t) = b_1 + b_2 t + \epsilon(t) \text{ ----- Ec. 12}$$

Si se desea obtener el pronóstico de las ventas para el periodo $t+m$, esto es, $P(t+m)$, se debe utilizar un método para estimar los parámetros b_1, b_2 del modelo, esto es, determinar los estimadores \hat{b}_1, \hat{b}_2 y proyectando el modelo m periodos al futuro, obtener el pronóstico deseado.

$$P(t) = \hat{b}_1 + \hat{b}_2(t+m) + \epsilon(t+m) \text{ ----- Ec. 13}$$

Ahora bien, para determinar los estimadores \hat{b}_1, \hat{b}_2 existen muchos métodos. Para el estimador \hat{b}_1 se utilizan los métodos mencionados, para el modelo de la ecuación 10 para el estimador \hat{b}_2 se pueden utilizar los métodos: regresión lineal, ponderación, y suavización exponencial, etc.

Si se tiene el modelo matemático de la serie de tiempo con proceso estacional o de temporada, al final del periodo t .

$$V(t) = [C(t) + T(t)] E(t) + \epsilon(t) \text{ ----- Ec. 14}$$

Si se desea obtener el pronóstico de las ventas para el periodo $t+m$, esto es, $P(t+m)$, se debe utilizar un método para estimar los parámetros $C(t)$, $T(t)$ y $E(t)$ del modelo, esto es, para determinar los estimadores $\hat{C}(t)$, $\hat{T}(t)$ y los L estimadores estacionales; y proyectando el modelo m periodos. Al futuro, obtener el pronóstico deseado.

$$P(t+m) = [\hat{C}(t) + \hat{T}(t)] \hat{E}(t+m - L) + e(t+m) \text{ ----- Ec. 15}$$

En este caso, lo más adecuado para determinar los estimadores $\hat{C}(t)$, $\hat{T}(t)$ y $\hat{E}(t+m - L)$, es utilizar el método de suavización y ponderación exponencial.

En fin, así como hay diversos modelos matemáticos, múltiples combinaciones de ellos; existen también muchos métodos para determinar los estimadores de sus parámetros correspondientes y que al proyectar el modelo considerado, se obtiene el pronóstico requerido.

1.4. CONTROL DEL MODELO.

Por muy preciso que sea el modelo matemático o el método para pronosticar, la variable de las ventas del producto, existen por lo general una pequeña cantidad de error. El error en el pronóstico para un periodo de tiempo t , se define de la siguiente manera:

ERROR DEL PRONÓSTICO EN EL TIEMPO t = (valor real del nivel de ventas en el tiempo t) - (pronóstico del nivel de ventas en el tiempo t).

$$e(t) = V(t) - P(t) \text{ ----- Ec. 16}$$

Por lo general, existen dos formas para medir el error en el pronóstico, que son las siguientes:

DESVIACION ESTANDAR

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n [V_j(t) - P_j(t)]^2}{n}} \text{ Ec. 17}$$

DESVIACION MEDIA ABSOLUTA

$$A(t) = \frac{\sum_{j=1}^n |V_j(t) - P_j(t)|}{n} \text{ Ec. 18}$$

Seleccionar un modelo matemático apropiado a la serie de tiempo y diseñar un buen método para pronosticar las ventas del producto en el periodo t , representan una etapa inicial en la realización del pronóstico. La siguiente etapa de este proceso, consiste en revisar el pronóstico, para cerciorarnos si el modelo matemático utilizado, sigue representando exactamente la situación real de la serie de tiempo de la variable en estudio. Una vez que el pronóstico ha sido revisado, se pueden establecer los criterios necesarios para su control.

Algunas de las razones más relevantes para revisar y controlar el sistema de pronósticos, son las siguientes:

- a) determinar mediante alguna medida el nivel del error del pronóstico.

- b) Investigar la causa del error del pronóstico .
- c) Comparar el nivel de error con alguna escala de control - para determinar si está o no dentro de los límites previamente diseñados.
- d) Realizar los ajustes necesarios de los parámetros o función matemática del modelo para hacer que se ajuste a los nuevos cambios de la serie de tiempo. Si con esto no se resuelve el problema, seleccionar otro modelo o la combinación de varios de ellos.
- e) Mejorar la eficiencia del sistema de pronóstico.

Básicamente, existen dos tipos de modelos para controlar el sistema de pronóstico, son los siguientes:

- modelo de control de escala móvil
- modelo de control adaptivo

En la presente tesis, se utilizan los modelos de control adaptivos.

1.5. - PROCESO PARA LA DETERMINACION DEL PRONOSTICO.

Una vez que la idea de controlar el futuro se acepta, surge - la pregunta de si la planeación es una manera de lograrlo.

La planeación es aceptada como una toma de decisiones anticipada, que es motivada por el deseo de obtener un estado futuro de la cosas, o por lo menos, de evitarlas. Si se considera que el futuro comienza en el presente, es necesaria una reflexión - acerca de la situación actual, lo que permitirá qué se quiere y qué no se quiere para el sistema. Hasta ahora, este ha sido el modo de operar de la propuesta para realizar pronósticos: contar con un modelo de la realidad - tanto conceptual como formal - , donde se basarán las decisiones y la actividad de pronosticar.

La percepción (modelo) de la realidad deberá incluir las - las siguientes clases de elementos:

- a. Lo que es de interés primordial (el objeto del - pronóstico), entre otras cosas, se deberá identificar los elementos internos del sistema, tanto de - estructura (personal, recursos, instalaciones, - etc.) como de proceso (objetivos, funciones, programas, etc.), así como sus relaciones en un momento dado.
- b. El medio ambiente (lo que influye en lo anterior); variables que no pertenecen al sistema pero que de alguna manera influyen en el comportamiento de este.
- c. Lo que puede ser controlado por el que toma decisiones (los instrumentos).

Lo anterior implica especificar las propiedades relevantes - del objeto y del medio ambiente, así como establecer la naturaleza de las relaciones significativas a lo largo del tiempo, es decir, en esta etapa del proceso se tendrá que haber hecho el planteamiento de los problemas presentes y futuros así como la razón de su existencia.

En este sentido existen varios enfoques, todos ellos útiles - y legítimos dentro de cierto rango, desde aquellos donde se interpreta el futuro como resultado de tendencias del pasado (pronóstico fenomenológico), hasta aquellos casos en los que se - reinventa la realidad, definiéndose cómo se desea que fuera en el futuro y de ahí desarrollar medidas para su transformación (integrando el carácter prospectivo al pronóstico.

En la figura 13, las etapas I, II, III Y VIII representan - el modelo del diamante de Ivan I. Mitroff y Frederick Betz y las etapas IV, V, VI Y VII integran la visión proyectiva al pronóstico.

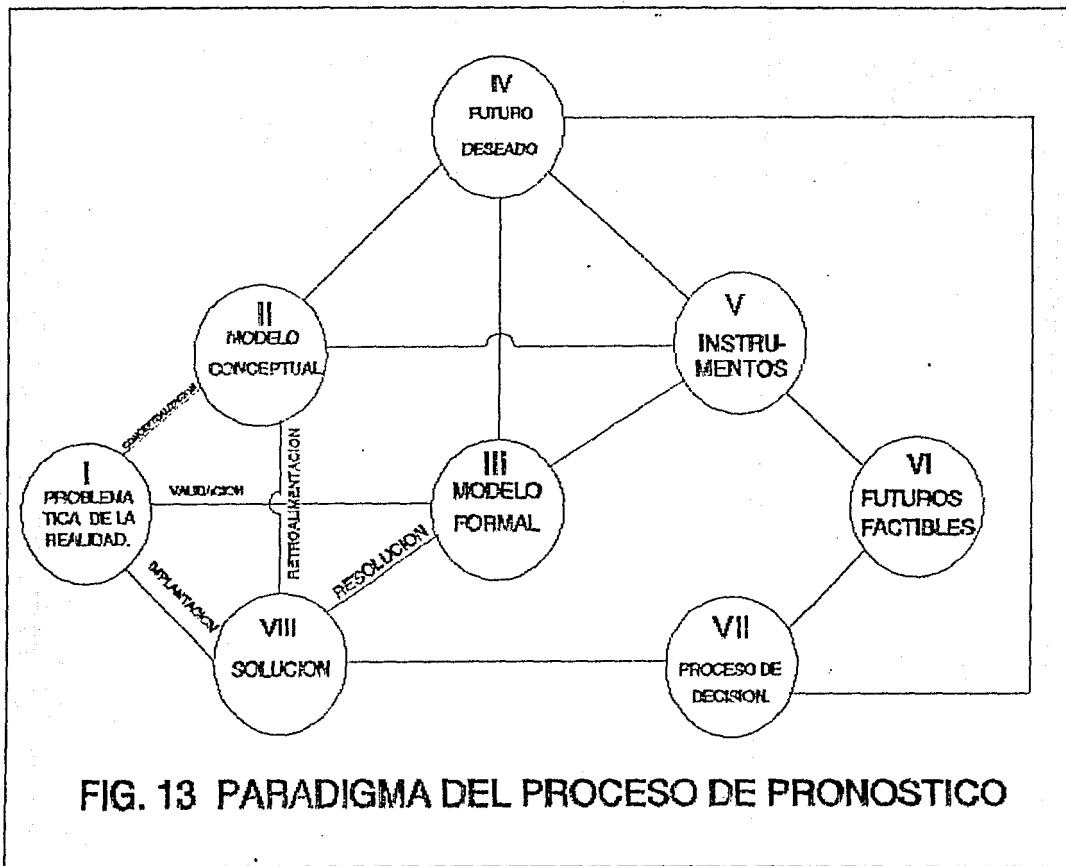


FIG. 13 PARADIGMA DEL PROCESO DE PRONOSTICO

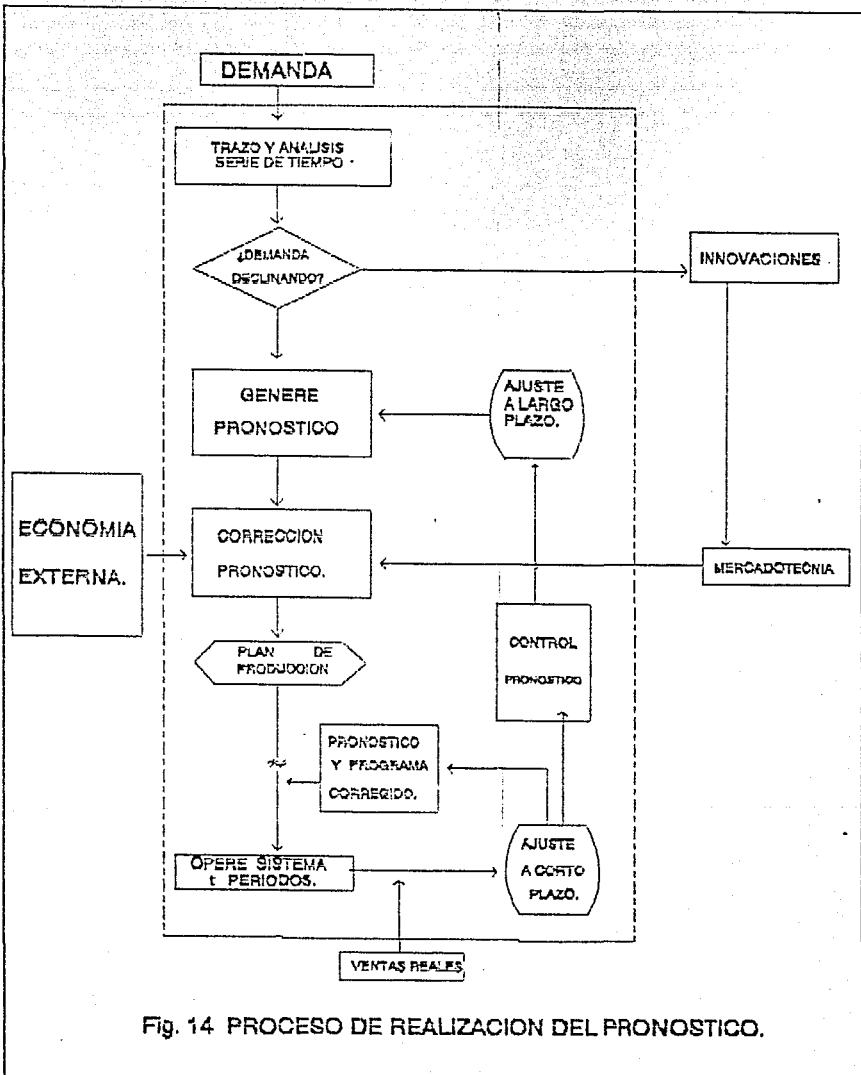


Fig. 14 PROCESO DE REALIZACION DEL PRONOSTICO.

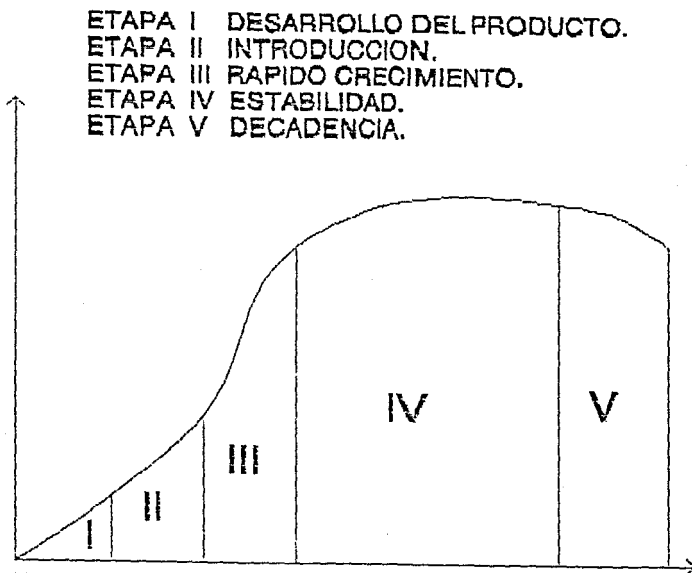


Fig. 15 CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO

Dado que el objetivo de la presente tesis no es el análisis - teórico-filosófico ni del concepto ni tampoco del proceso para - realizar el pronóstico, sino de la aplicación del concepto y de - alguno de sus métodos, a continuación se describe un enfoque de - proceso para realizar un pronóstico, cuyo contenido va mas de - acuerdo con los fines de este trabajo.

1.5.- PROCESO PARA LA DETERMINACION DEL PRONOSTICO.

En un sistema, todos los elementos que lo forman actúan con un propósito bien definido. En éste caso, el propósito sería el de - generar pronósticos con un mínimo de error. Para lograr esto, es necesario tener un conocimiento completo de las variables endógenas y exógenas del sistema.

Si se observa detenidamente el diagrama de flujo de la figura 14 en donde se muestran los elementos mas generales y relevantes que intervienen en el diseño de un sistema de pronósticos, se llegara a la conclusión, de que realmente, el pronóstico de ventas es la vinculación que existe entre los movimientos externos é incontrolables de la economía y, los asuntos internos y controlables del mundo de los negocios. Por ello en la determinación - del pronóstico de ventas, es de suma importancia la consideración de un cuidadoso análisis de los factores externos al sistema, -- puesto que en un momento dado, estos puede tener mucha influencia en el mismo sistema y concretamente influirán de manera determinante en el proceso de la toma de decisiones sobre los aspectos operacionales de la empresa correspondiente.

Entre los aspectos más importantes que en el diseño de sistemas de pronósticos se deben considerar, se encuentran:

- a) análisis de la naturaleza del mercado del producto en estudio.
- b) Análisis del modelo de series de tiempo correspondiente a la naturaleza del producto.
- c) Ajuste del modelo matemático a la serie de tiempo correspondiente.
- d) Determinación del nivel de pronóstico para t periodos de tiempo futuros.
- e) Corrección del pronóstico debido a factores externos.
- f) Formulación de planes y programas correspondientes a la - empresa.
- g) Revisión y control del pronóstico.
- h) Ajuste de parámetros o del modelo matemático utilizado.

Supongase que se desea determinar el pronóstico de las ventas de un producto en una empresa determinada. Lo primero que se tiene que hacer es investigar si se cuenta con datos históricos. Si es un producto nuevo lo más seguro es que no tengamos datos históricos. En este caso (véase figura 15) el producto se encuentra o bien en una etapa de desarrollo o bien en una etapa de introducción. En este caso se pueden utilizar modelos cualitativos para determinar el pronóstico deseado. Algunos de estos métodos son los siguientes:

- método de encuesta directa.
- Método de encuesta indirecta.
- Método de comparación con un producto conocido.
- Método de venta-prueba limitada en el mercado.

Si es un producto ya conocido, esto es, se tienen datos históricos. Lo más probable es que el producto, se encuentre en una etapa de rápido crecimiento; o en una etapa de estabilidad o bien en etapa de decadencia. Cualquiera que fuere la etapa en la que se encuentre; para determinar el pronóstico, se podrá utilizar alguno de los siguientes modelos:

- Modelos cuantitativos con enfoque estructural.
- Modelos cuantitativos con enfoque no estructural

Cualquiera que fuere el modelo utilizado, se genera el pronóstico deseado de acuerdo a los fines del sistema mismo. El valor o valores obtenidos, por lo general son afectados por factores internos al sistema. Algunas de estas modificaciones, se deben a situaciones, tales como:

- CONDICIONES ECONÓMICAS GENERALES: inflación, devaluación, -recesiones, conflictos mundiales entre potencias económicas, etc.
- CONDICIONES DE COMPETENCIA: existencia de otros productos, -nuevos precios, aumento o disminución de empresas competitivas de la misma línea o parecidas, etc.
- CONDICIONES ESPECÍFICAS DE MERCADO: cambios en los gustos y del cliente, nivel de ventas cambiante, promociones, -cambios en la presentación o calidad del producto, introducción de productos sustitutos, etc.
- CONDICIONES IMPUESTAS POR INSTITUCIONES DEL SECTOR PÚBLICO: requisitos de seguridad, calidad, control de precios, -control de nivel de ventas, etc.
- PROBLEMAS SINDICALES, etc.

Una vez que el pronóstico ha sido corregido, se elaboran los programas y planes a corto y largo plazo.

Se opera el sistema mediante un número, previamente estudiado, de periodo de tiempo. En este tiempo el pronóstico podría ser nuevamente modificado, ya sea por alguna cancelación o incremento de pedido; por algún conflicto sindical, etc.

Una vez que se ha decidido cada cuantos periodos se revisará el modelo matemático. Se computan los datos de las ventas reales correspondientes a esos periodos. Contando con los datos del pronóstico y datos reales, se determina el error del pronóstico y compara con los límites de control previamente diseñados por algún modelo de escala móvil o adaptativo. En base a lo que resulte de la revisión del control, se procederá a la corrección de los parámetros o bien a la utilización de otro modelo o combinación de varios de ellos. Y así volvemos a comenzar el proceso.

Spyros Makridakis y Steven C. Wheelwright, en su libro - "Interactive Forecasting System", capítulo 1, editorial Jhon Wiley Sons, 1978. Proporciona un metodología para analizar los datos históricos y mediante el programa SIBYL selecciona la subrutina adecuada para determinar el pronóstico deseado.

1.6 METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE LA TESIS.

1.6.1.- METODOLOGIA PARA EL MODELO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE.

Metodología utilizada para determinar el pronóstico de una serie de tiempo con proceso constante mediante el modelo de suavización exponencial simple, controlado por el modelo adaptativo de Chow, para un ponderador:

FASE A. GRAFICA DE LA SERIE DE TIEMPO

Se traza la serie de tiempo de los K años de datos - históricos.

Para aplicar el modelo de suavización exponencial la serie de tiempo debe tener un proceso constante sin tendencia ni estacionalidad.

FASE B. INICIALIZACION DEL MODELO.

Se utilizan los K años de datos históricos para:

- 1.- Calcular el arrancador o componente inicial $C(0)$.
- 2.- Utilizando $C(0)$ y los $K \cdot np$ datos históricos, suavice el modelo con todos los ponderadores exponenciales x .
- 3.- Utilizando los componentes $C(t)$ y los ponderadores x , pronostique para el mismo año K , con cada np .
- 4.- Calcule la desviación estándar para cada ponderador x .
- 5.- Seleccione como ponderador nominal X_0 al que genere la mínima desviación estándar.

FASE C. PRONOSTICO PARA PLANEACION PARA EL AÑO M .

- 1.- Utilizando la componente constante $C(K \cdot np)$ para la constante de suavización óptima X_0 , las ventas reales para el año (M) obtenga el pronóstico para planeación.

FASE D. CONTROL DEL MODELO.

Se utiliza el pronóstico y los datos reales para el - año M.

- 1.- Conociendo la constante de suavización X_0 determine las constantes superior e inferior para el control del modelo, respectivamente.
- 2.- Utilizando la componente constante $C(k*mp)$ correspondiente al ponderador nominal, las ventas reales para el año M, determine el pronóstico de control - para el ponderador superior de control.
- 3.- Utilizando el componente $C(l*mp)$ correspondiente - al ponderador nominal, las ventas reales para el - año (M). Determine el pronóstico de control para el ponderador inferior de control.
- 4.- Conociendo el pronóstico de planeación para el ponderador nominal X_0 , los pronósticos de control para X_i y X_s respectivamente.
- 5.- Determine la desviación media absoluta para cada - uno de los ponderadores, es decir:

$$A(X_0) , A(X_s) , A(X_i)$$

- 6.- Ajuste el ponderador nominal X_0 .

REGRESE A LA FASE C.

1.6.2. - METODOLOGIA PARA EL MODELO DE HOLT.

Metodología utilizada para determinar el pronóstico de una serie de tiempo con proceso de tendencia mediante el modelo - Holt, para dos ponderadores, controlado por el modelo adaptativo de Robert y Reed:

FASE A. GRAFICA DE LA SERIE DE TIEMPO

Se traza la serie de tiempo de los $(K + L + M)$ años de datos históricos.

Para aplicar el modelo de Holt, la serie de tiempo debe tener un proceso con tendencia.

FASE B. INICIALIZACION DEL MODELO.

Se utilizan los K años de datos históricos.

- 1.- Se calculan los arrancadores $C(0)$, $T(0)$ del modelo.
- 2.- Suavice todas las combinaciones (x, z) , utilizando los componentes $C(0)$ y $T(0)$.
- 3.- Con los componentes $C(k*np)$ y $T(k* np)$ obtenidos al suavizar cada combinación (x, z) pronostique para el año L de datos históricos.

Se utilizan los L años de datos históricos.

- 4.- Determine la desviación estándar del error del pronóstico para cada combinación (x, z) .
- 5.- Seleccione como combinación nominal (X_0, Z_0) aquella que tenga la mínima desviación estándar.

FASE C. DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL.

- 1.- Apartir de la combinación nominal (X_0, Z_0) obtener las combinaciones de control superior e inferior (X_s, Z_s) , (X_i, Z_i) respectivamente.

- 2.- Obtener las 4 combinaciones de control.

Se utilizan los datos históricos del año L .

- 3.- Suavice la combinación nominal (X_0, Z_0) y las 4 de control utilizando los $(L*np)$ datos históricos y los componentes $C(k*np)$ y $T(k*np)$ para la combinación nominal (X_0, Z_0) .

- 4.- Con los componentes $C I (k+L) * np J$ y $T I (k+L) * np J$ pronostique para el año M de datos históricos.

Se utilizan los datos históricos del año M.

- 5.- Determine los errores al cuadrado para cada combinación y periodo j.
- 6.- Determine el rango de errores al cuadrado para cada una de las 5 combinaciones.
- 7.- Calcule el rango promedio de todos los rangos.
- 8.- Determine la desviación estándar del error, por el método de rango promedio.
- 9.- Obtenga los límites de control inferior y superior para un nivel de confianza determinado.

FASE D. PRONOSTICO PARA PLANEACION.

Se utilizan los años M de datos históricos.

- 1.- Con los componentes $C I (k+L) * np J$ y los $T I (k+L) * np J$ para la combinación nominal (X_0, Z_0) suavizar la combinación nominal utilizando los datos históricos del año M.
- 2.- Con los componentes $C I (k+L+M) * np J$ y los $T I (k+L+M) * np J$ genere el pronostico para la planeación de operaciones de la empresa.

FASE E. CONTROL DEL MODELO.

Se utiliza el año M de datos históricos.

- 1.- Con los componentes $C I (k+L) * np J$ y los $T I (k+L) * np J$ para la combinación nominal (X_0, Z_0) , suavice las 4 combinaciones de control utilizando los $M * np$ datos históricos del año M.
- 2.- Con los componentes $C I (k+L+M) * np J$ y los $T I (k+L+M) * np J$ para cada combinación de control, genere los pronósticos para control para el año real M+1.

A continuación se utilizan los datos reales del año M+1.

3.- Utilizando los datos reales del año $M+1$ y los pronósticos para control generados para el año $M+1$, - determine los errores al cuadrado para cada combinación de control y periodos j .

4.- Determine los promedios de errores al cuadrado para cada combinación de control.

$$E^2 (i)$$

5.- Calcular los errores esperados para cada ponderador.

$$E (x) , E (z)$$

6.- Compare los errores esperados $E(x)$, $E(z)$ con los límites de control superior e inferior.

7.- Ajuste la combinación nominal (X_0, Z_0) si es necesario.

REGRESE A LA FASE D.

1.6.3. - METODOLOGIA PARA EL MODELO DE WINTERS.

Metodología utilizada para determinar el pronóstico de una serie de tiempo con proceso estacional mediante el modelo de Winters, para tres ponderadores, controlado por el modelo adaptativo de Robert y Reed:

FASE A. GRAFICA DE LA SERIE DE TIEMPO

Se traza la serie de tiempo de los $(K + L + M)$ años de datos históricos.

Para aplicar el modelo de Winters, la serie de tiempo debe tener un proceso estacional.

FASE B. INICIALIZACION DEL MODELO.

Se utilizan los K años de datos históricos.

1.- Se calculan los arrancadores $C(0)$, $T(0)$ y los 12 estacionales $E(0,1)$, $E(0,2)$, ..., $E(0,12)$.

2.- Suavice todas las combinaciones (x, y, z) .

3.- Con los componentes $L(K*12)$ y $T(K*12)$ obtenidos al suavizar cada combinación (x, y, z) pronostique para el año L de datos históricos.

A continuación se utilizan los L años de datos históricos.

4.- Determine la desviación estándar del error del pronóstico para cada combinación (x, y, z) .

5.- Seleccione como combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) aquella que tenga la mínima desviación estándar.

FASE C. DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL.

1.- Apartir de la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) obtener las combinaciones de control superior e inferior (X_s, Y_s, Z_s) , (X_i, Y_i, Z_i) respectivamente.

2.- Obtener las 8 combinaciones de control.

A continuación se utilizan los datos históricos del año L .

- 3.- Suavice la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) y las B de control utilizando los ($L*12$) datos históricos y los componentes $C(k*12)$ y $T(k*12)$ para la combinación nominal X_0, Y_0, Z_0 .
- 4.- Con los componentes $C[(k+12)*12]$ y $T[(k+12)*12]$ pronostique para el año M de datos históricos.
A continuación se utilizan los datos históricos del año M .
- 5.- Determine los errores al cuadrado para cada combinación y periodo j .
- 6.- Determine el rango de errores al cuadrado para cada una de las 9 combinaciones.
- 7.- Calcule el rango promedio de todos los rangos.
- 8.- Determine la desviación estándar del error, por el método de rango promedio.
- 9.- Obtenga los límites de control inferior y superior para un nivel de confianza determinado.

FASE D. PRONOSTICO PARA PLANEACION.

A continuación se utilizan los años M de datos históricos.

- 1.- Con los componentes $C [(k+L) * np]$ y los $T [(k+L) * np]$ para la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) suavice la combinación nominal utilizando los $M*np$ datos históricos.
- 2.- Con los componentes $C [(k+L+M) * np]$ y los $T [(k+L+M) * np]$ genere el pronostico para la planeación de operaciones de la empresa.

FASE E. CONTROL DEL MODELO.

A continuación se utiliza el año M de datos históricos.

- 1.- Con los componentes $C [(k+L) * np]$ y los $T [(k+L) * np]$ para la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0), suavice las B combinaciones de control utilizando los $M*np$ datos históricos del año M .

- 2.- Con los componentes $C [(k+L+M) * np]$ y los $T [(k+L+M) * np]$ para cada combinación de control, genere los pronósticos para control para el año real $M+1$.

A continuación se utilizan los datos reales del año $M+1$.

- 3.- Utilizando los datos reales del año $M+1$ y los pronósticos para control generados para el año $M+1$, - determine los errores al cuadrado para cada combinación de control y periodos j .
- 4.- Determine los promedios de errores al cuadrado para cada combinación de control.

$$E z (i)$$

- 5.- Calcular los errores esperados para cada ponderador.

$$E (x) , E (y) , E (z)$$

- 6.- Compare los errores esperados $E(x), E(y), E(z)$ con los límites de control superior e inferior.
- 7.- Ajuste la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) si es necesario.

REGRESE A LA FASE D.

CAPITULO 2**MODELO DE PRONOSTICO****DE SUAVIZACION EXPONENCIAL****SIMPLE.**

CAPITULO 2 .- MUDELO DE PRONOSTICO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL - SIMPLE.

Con el fin de tener los fundamentos que ayudaran a comprender la estructura del modelo de pronóstico de suavización exponencial simple se analizarán los conceptos de promedio simple - promedio móvil, promedio móvil ponderado y los tipos de ponderaciones.

PROMEDIO SIMPLE.

El promedio simple es un tipo de modelo que se puede emplear en forma inicial, si los datos históricos son la base para obtener el pronóstico de la demanda.

Un pronóstico simple sería tomar la demanda de este mes para pronosticar el siguiente periodo.

Otro sería, tomar en cuenta una cantidad mayor de periodos - anteriores y formar el promedio de ellos.

En términos matemáticos, el promedio simple de demanda para dos meses está dado por:

$$C(2) = [V(1) + V(2)] / 2$$

donde:

$$V(1) = \text{demanda para } t = 1.$$

$$V(2) = \text{demanda para } t = 2.$$

$$C(2) = \text{promedio hasta el periodo } t = 2.$$

Y así, el promedio hasta el periodo $t = 2$, será el pronóstico para el periodo $t = 3$.

$$C(2) \text{ ----- } P(3)$$

El promedio de n periodos anteriores se calcula por:

$$C(n) = \frac{V(1) + V(2) + \dots + V(n)}{n} = \sum_{j=1}^n \frac{V(j)}{n} \quad \text{Ec. 21.}$$

j , toma valores en forma sucesiva.

El valor de $C(n)$ lo usaremos para pronosticar el periodo $n + 1$.

$$P(n + 1) = C(n) \text{ ----- Ec 22}$$

PROMEDIO MOVIL

El promedio móvil es la suma de las ventas correspondientes al número deseado de periodos pretéritos, dividido por el número de demandas incluidas en la suma. En cada periodo, se calcula un nuevo periodo móvil, abandonando la venta correspondiente al periodo más antiguo y, añadiendo la correspondiente al periodo reciente; o sea, que el periodo de longitud es fija, pero desplazable respecto al tiempo. De aquí el nombre de promedio móvil.

A continuación, se observa la relación que existe entre el periodo y las ventas.

PERIODOS:	$t-n$	$t-n+1$	$t-n+2$	$t-2$	$t-1$	t	$t+1$
	-	-	-----	-	-	-	-
VENTAS:	$V(t-n)$	$V(t-n+1)$	$V(t-n+2)$	$V(t-2)$	$V(t-1)$	$V(t)$	$V(t+1)$

donde :

$V(t)$, $V(t-1)$, ..., $V(t-n)$, son las ventas para los periodos t , $t-1$, ..., $t-n$ respectivamente.

Para pronosticar la venta para el periodo t , se utilizará el promedio de los n datos, hasta el periodo $t-1$.

$$F(t) = C(t-1) = \frac{[V(t-n) + V(t-n+1) + V(t-n+2) + \dots + V(t-1)]}{n}$$

Ec. 23

donde:

$C(t-1)$ = al promedio hasta el periodo $t-1$.

$P(t)$ = al pronóstico para el periodo t .

n = $(t-1) - (t-n) + 1$. Y, además, es el número de datos históricos incluidos en la longitud del promedio móvil.

El pronóstico de las ventas para el periodo $t+1$, considera el promedio hasta el periodo t , desechándose el dato más viejo, sea $V(t-n)$.

$$P(t+1) = C(t) = \frac{[V(t-n+1) + V(t-n+2) + \dots + V(t)]}{n} \quad \text{--- Ec. 24}$$

donde:

$$n = (t) - (t-n+1) + 1.$$

Gráficamente el promedio móvil se representa en la fig. 16.

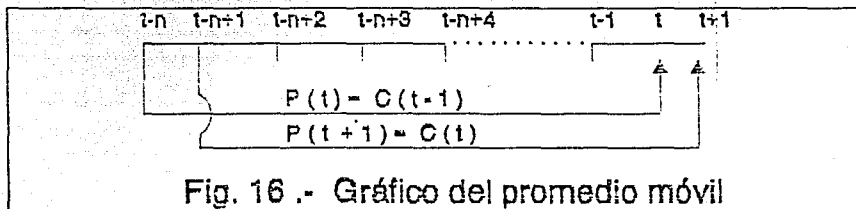


Fig. 16.- Gráfico del promedio móvil

PROMEDIOS MÓVILES PONDERADOS

Los promedios móviles mencionados anteriormente, dan igual peso o ponderación a los datos históricos, lo que no sucede con los promedios móviles ponderados que a continuación analizamos.

La ecuación para promedios móviles, la podemos escribir de la siguiente forma:

$$C(t) = \frac{1}{n} V(t) + \frac{1}{n} V(t-1) + \frac{1}{n} V(t-2) + \dots + \frac{1}{n} V(t-n+1)$$

Ec. 25

donde:

$1/n$ es la ponderación o peso dado a cada valor de las ventas (es decir, la importancia que se le da a cada valor). Y en todos los casos la suma de las ponderaciones es igual a 1.

En los promedios móviles, cada periodo anterior es igual de importante, ya que para todas las demandas la ponderación es $1/n$.

En muchas situaciones es deseable darle mayor peso a los datos más recientes, por ejemplo, $C(t) = 0.7 V(t) + 0.3 V(t-1)$.

Esta relación es usada para efectuar un pronóstico basado en dos periodos anteriores, en este caso se da mayor peso a $V(t)$ por ser el dato más reciente.

n pronóstico sin ponderar (o igualmente ponderado) sería:

$$C(t) = 0.5 V(t) + 0.5 V(t-1)$$

En términos más generales, la fórmula puede quedar escrita:

$$C(t) = x V(t) + (1-x) V(t-1)$$

donde:

x = factor ponderador.

Para n periodos, la ecuación general de promedios móviles ponderados es :

$$C(t) = w(t) V(t) + w(t-1) V(t-1) + w(t-2) V(t-2) + \dots + w(t-n+1) V(t-n+1) \text{ ----- Ec. 26.}$$

donde:

w = factor ponderador. Que debe cumplir con:

$$w(t) + w(t-1) + w(t-2) + \dots + w(t-n+1) = 1 \text{ ---- Ec. 27}$$

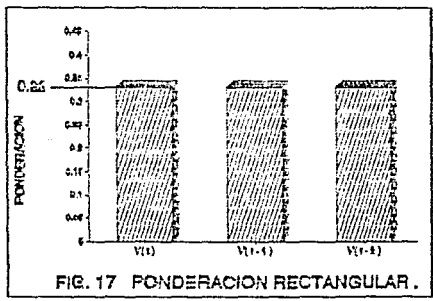
TIPOS DE PONDERACIONES

Una ponderación es el peso o importancia que se le da a los datos, con el fin de obtener un pronóstico. Las ponderaciones mas comunes son las siguientes:

- PONDERACION RECTANGULAR.
- PONDERACION TRIANGULAR.
- PONDERACION EXPONENCIAL.

A continuación se describen cada una de las ponderaciones a las que pueden estar sujetos los datos de una serie de tiempo.

PONDERACION RECTANGULAR; La ponderación rectangular es la que se ha mencionado anteriormente o sea, en la que a los datos históricos se les da igual peso, como se muestra en la fig. 17.



La altura del histograma, no representa la demanda, sino la importancia, peso o ponderación que se les esta dando a cada una de las demandas.

En este caso el ponderador $w(t) = w(t-1) = w(t-2) = 1/n = 1/3 = 0.33$

Y el pronostico para $t + n$ sera :

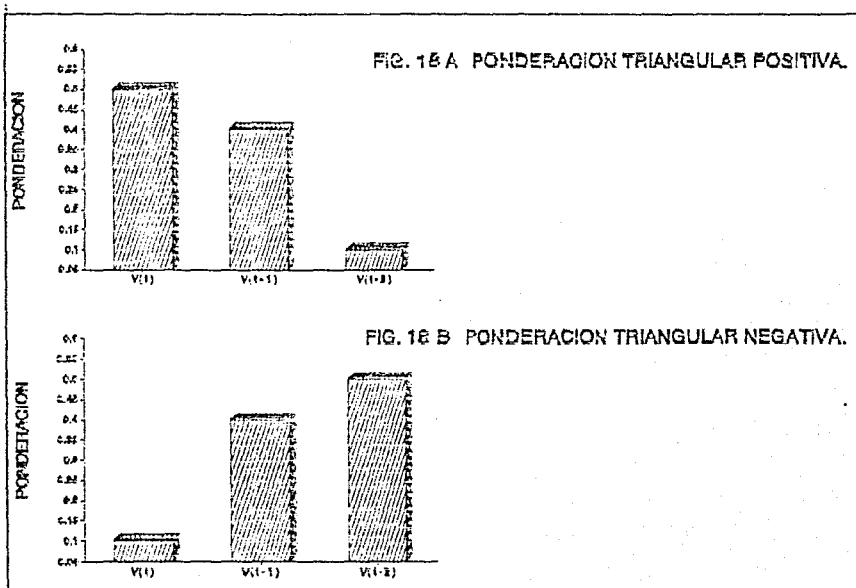
$$P(t+1) = C(t) = \frac{V(t)}{3} + \frac{V(t-1)}{3} + \frac{V(t-2)}{3}$$

PONDERACION TRIANGULAR : La ponderación triangular puede ser de dos tipos:

- ponderación triangular positiva Y,
- ponderación triangular negativa.

PONDERACION TRIANGULAR POSITIVA: consiste en darle mayor peso a las demandas recientes. Fig. 18 A.

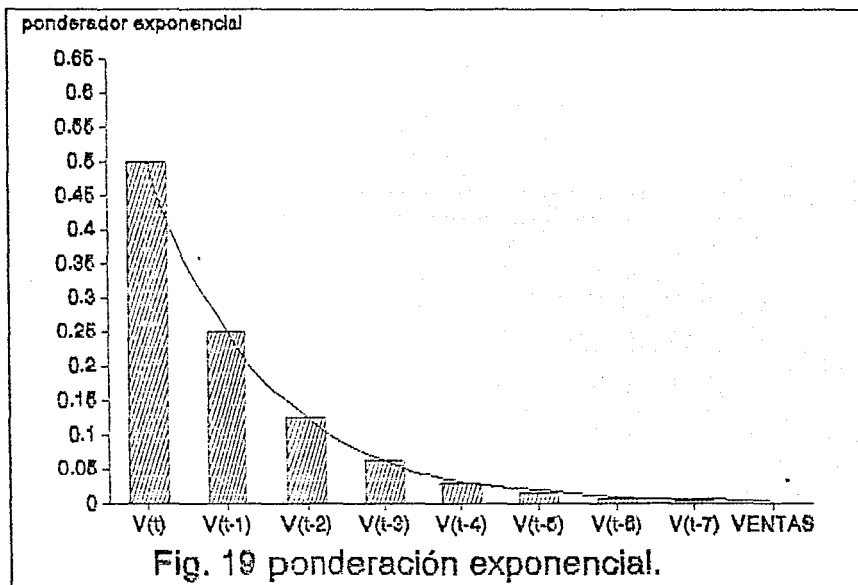
PONDERACION TRIANGULAR NEGATIVA: consiste en darle mayor peso a las mas antiguas. Fig. 18 B



PONDERACION EXPONENCIAL :

La ponderación exponencial es algo parecida a la ponderación triangular, ya que los datos anteriores también son ponderados, - solo que en la ponderación exponencial, los datos se ponderan - por medio de una proporción constante en lugar de una cantidad constante.

En la fig. 19 se presenta el tipo de ponderación exponencial, donde se observa que las barras siguen una distribución exponencial.



El pronóstico para el periodo $t+1$, es el siguiente:

$$P(t+1) = C(t) = 0.5V(t) + 0.25V(t-1) + 0.125V(t-2) + 0.0625V(t-3) + 0.03125V(t-4) + 0.015625V(t-5) + 0.0078125V(t-6).$$

El promedio anterior $C(t)$, es a lo que se conoce como promedio móvil ponderado exponencialmente.

Una vez que se ha descrito la naturaleza de los métodos de promedios, simple, móvil y ponderados, así como también los tipos de ponderaciones, a continuación se desarrolla el modelo matemático por suavización exponencial simple.

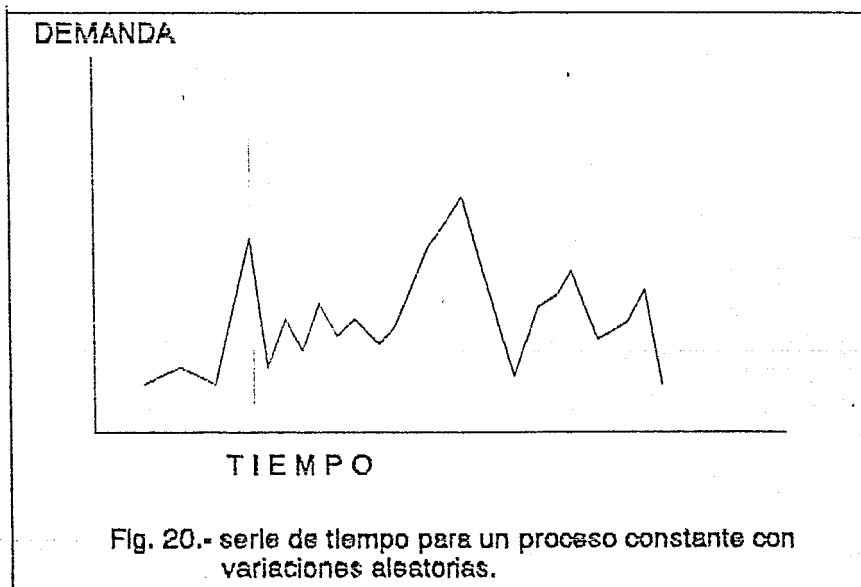
2.1.- DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE.

Si el nivel promedio de las ventas no está cambiando en el tiempo, o si está cambiando, lo está haciendo muy lentamente en éste caso se puede representar la serie de tiempo del proceso mediante el modelo matemático siguiente:

$$V(t) = b + \epsilon(t) \quad \text{-----} \quad \text{Ec. 28}$$

Donde la venta esperada en el tiempo es una función constante.

$$E[V(t) / (t)] = b \quad \text{-----} \quad \text{Ec. 29}$$



Donde:

b = venta esperada en cualquier periodo,
 $\epsilon(t)$ = componente aleatorio, que tiene $E[\epsilon(t)] = 0$
 y $VAR[\epsilon(t)] = \sigma_{\epsilon}^2$ constante.

Al final del periodo t , se tiene disponible una venta histórica $V(1)$, $V(2)$, $V(3)$, ..., $V(t)$ de la que se desea estimar el parámetro b y su variancia. Se podría usar el método de promedios móviles para n -periodos y determinar un estimador para el parámetro b . Sin embargo y debido al objetivo de la presente tesis, se usará el método alternativo de suavización exponencial simple.

Dado que el sistema de pronóstico involucra la reestimación de los parámetros del modelo en cada periodo para incorporar la venta del periodo más reciente se puede asumir que al final del periodo t se tiene disponible un estimador del parámetro b , obtenido al final del periodo anterior $t-1$, esto es:

$$\hat{b}(t-1),$$

así como la venta real del periodo actual t , esto es, $V(t)$. Se desea usar esta información para calcular un estimador más actualizado

$$\hat{b}(t).$$

Un método razonable para obtener el nuevo estimador $\hat{b}(t)$, es el de modificar el antiguo estimador $\hat{b}(t-1)$, por alguna fracción del error del pronóstico, al considerar que $\hat{b}(t-1)$ es el pronóstico de las ventas en el periodo t , es decir, $P(t)$. Esto se hace en la forma siguiente:

error del pronóstico para el periodo $t = e(t)$
 venta actual para el periodo $t = v(t)$

pronóstico para el periodo $t = p(t) = \hat{b}(t-1)$

$$e(t) = v(t) - p(t) = v(t) - \hat{b}(t-1)$$

Así que si x es la fracción llamada, el nuevo estimador de venta esperada es:

$$\hat{b}(t) = \hat{b}(t-1) + x [v(t) - \hat{b}(t-1)]$$

Para simplificar la notación, se define $\hat{b}(t) \equiv C(t)$, y lo escrito anteriormente queda así:

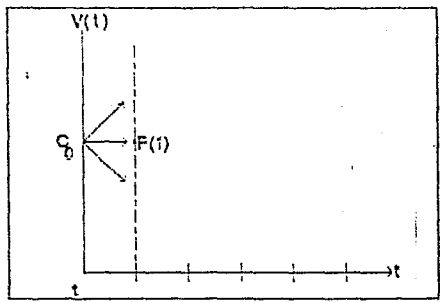
$$C(t) = C(t-1) + x [V(t) - C(t)]$$

4

$$C(t) = x V(t) + (1-x) C(t-1) \text{ ----- Ec. 30}$$

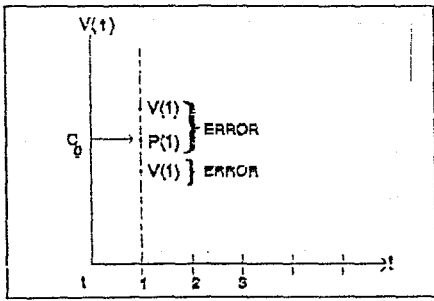
La operación definida por la ecuación 30 es llamada suavización exponencial simple, y es llamado valor suavizado, o estadístico suavizado. La fracción x es llamada constante de suavización o ponderador suavizador. De lo anteriormente, obsérvese que la suavización exponencial es un procedimiento que ajusta el estadístico suavizador en una cantidad que es proporcional al error del pronóstico más reciente.

Como complemento del análisis anterior considérese la siguiente explicación.



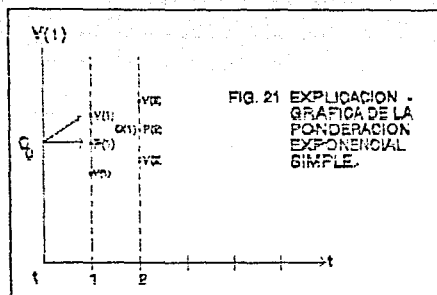
El pronóstico debe empezar con algún valor inicial llamado arrancador del modelo, $C(0)$, en algún momento cronológico, $t=0$, como se ve en la figura 21 a continuación se pronostican las ventas para el periodo $t+1$, es decir $P(1)$.

$$P(1) = C_0 = \frac{\sum_{t=1}^n V(t)}{n}$$



El pronóstico $P(1)$ obtenido muy difícilmente coincidirá con el valor real de la venta de (1). Lo mas seguro es que $P(1)$ este por arriba o por debajo de $V(1)$, generandose así el error del pronóstico.

$$e_1 = V(1) - P(1)$$



Suponiendo que las ventas reales para el periodo 1, fueron de $V(1)$ el pronóstico de ventas para el periodo 2, será

$$P(2) = C(1) = C(0) + X[V(1) - C(0)] \\ P(2) = P(1) + X[V(1) - P(1)]$$

Pronóstico para $t=2$, será igual al pronóstico para el periodo 1 + el error $[V(1) - P(1)]$ ponderado. Es decir:

$$P(2) = X V(1) + (1-X) P(1)$$

El pronóstico $P(2)$ difícilmente coincidirá con la venta $V(2)$ lo más probable es que este por arriba o por debajo de $V(2)$. Si suponemos que las ventas reales para el periodo 2, fueron de $V(2)$. El pronóstico de ventas para el periodo 3, será:

$$P(3) = C(2) = C(1) + X [V(2) - C(1)] \\ P(3) = C(2) = P(2) + X [V(2) - P(2)] \\ P(3) = C(2) = X V(2) + (1 - X) P(2)$$

Y así sucesivamente.

Por lo que

$$P(t+1) = C(t) = C(t-1) + X[V(t) - C(t-1)] = X V(t) + (1-X)C(t-1) \\ = P(t) + X [V(t) - P(t)] = X V(t) + (1-X) P(t) \\ = X V(t) + (1-X) C(t-1)$$

En general:

$$P(t+1) = C(t) = X V(t) + (1-X) C(t-1)$$

METODO DEL ERROR CUADRADO MINIMO PONDERADO EXPONENCIALMENTE PARA OBTENER EL MODELO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE.

Supongase que la serie de tiempo con proceso constante esta representada por el modelo siguiente:

$$V(t) = b + (t)$$

En donde se desea estimar el parámetro b , tal que la suma de los errores cuadrados, ponderados exponencialmente sea minima, es decir:

$$SS_F = \sum_{t=1}^L W^{L-t} (V(t) - b)^2 \quad 0 \leq W \leq 1 \quad \text{Ec. 31}$$

El ponderador dado para el t-avo error cuadrado es W^{L-t} , así que los ponderadores decrecen geoméricamente con respecto al periodo de los datos, el estimador de b, hecho al final del periodo y denotamos por $b(t)$, satisfacer.

$$\frac{dSS_F}{db} = -2 \sum_{t=1}^L W^{L-t} [V(t) - b(t)] = 0$$

o

$$b(t) = \sum_{t=1}^L W^{L-t} = \sum_{t=1}^L V(t) \quad \text{Ec. 32}$$

Esta solución es:

$$b(t) = \left[\frac{1-W}{1-W^L} \right] \sum_{t=1}^L W^{L-t} V(t) \quad \text{Ec. 33}$$

La Ecuación (33) expresa el estimador como una función de todos los datos históricos. Sin embargo será más conveniente tener una ecuación que permita que b, sea computado con $V(t)$ y $b(t-1)$. No es difícil mostrar que:

$$b(t) = \frac{(1-W) V(t) + W (1-W^{L-t}) b(t-1)}{1-W^L} \quad \text{Ec. 34}$$

Si L es muy grande, entonces $W^L \rightarrow 0$ y la ecuación (32) resulta:

$$b(t) = (1-W) V(t) + W b(t-1)$$

Haciendo $X = 1 - W$ y $C(t) = b(t)$, se obtiene el siguiente modelo que es idéntico al dado en la ecuación 30.

$$C(t) = x V(t) + (1 - x) C(t-1)$$

Que es el modelo matemático utilizado para pronosticar el nivel de la venta de un producto que tiene una serie de tiempo con proceso constante, utilizando el método de suavización y ponderación exponencial.

El estadístico para t , $C(t)$, será el pronóstico para el periodo $t + 1$, así como el estadístico hasta $C(t - 1)$ fue el pronóstico para el periodo t . Así pues haciendo

$$C(t-1) = P(t) \quad \text{y} \quad C(t) = P(t+1)$$

El modelo también puede quedar escrito en la forma siguiente:

$$P(t+1) = x V(t) + (1-x) P(t) \quad \text{-----} \quad \text{Ec. 35}$$

PROPIEDADES DE LA SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE.

El estadístico $C(t)$ es un promedio ponderador de todas las pasadas observaciones. Para mostrar esto, se tiene primero que demostrar que $C(t)$ puede ser escrito como una combinación lineal de los datos pasados y entonces observar que los ponderadores dados para observaciones pasadas son no negativos y suman la unidad, es decir, se interpreta a $C(t)$ como un promedio ponderado.

Si en la ecuación (30) se sustituye la expresión para $C(t-1)$ resulta.

$$\begin{aligned} C(t) &= x V(t) + (1-x) [x V(t-1) + (1-x) C(t-2)] \\ &= x V(t) + x(1-x) V(t-1) + (1-x)^2 C(t-2) \quad \text{----} \quad \text{Ec. 36} \end{aligned}$$

Si en la ecuación (36) se sustituye la expresión para $C(t-2)$ resulta :

$$\begin{aligned} C(t) &= x V(t) + x(1-x) V(t-1) + (1-x)^2 [x V(t-2) + (1-x)C(t-3)] \\ C(t) &= x V(t) + x(1-x) V(t-1) + x(1-x)^2 V(t-2) + (1-x)^3 C(t-3) \end{aligned}$$

Ec. 37

Si en la ecuación (37) se sustituye la expresión para $C(t-3)$ resulta:

$$\begin{aligned} C(t) &= x V(t) + x(1-x) V(t-1) + x(1-x)^2 V(t-2) + (1-x)^3 \\ &\quad [x V(t-3) + (1-x) C(t-4)] \\ C(t) &= x V(t) + x(1-x) V(t-1) + x(1-x)^2 V(t-2) + x(1-x)^3 \\ &\quad V(t-3) + (1-x)^4 C(t-4) \end{aligned}$$

Continuando con este procedimiento y sustituyendo recursivamente para $C(t-n)$, $n = 5, 6, 7, \dots, N$ obtenemos finalmente:

$$C(t) = x V(t) + x(1-x) V(t-1) + x(1-x)^2 V(t-2) + x(1-x)^3 V(t-3) + x(1-x)^4 V(t-4) + x(1-x)^5 V(t-5) + x(1-x)^6 V(t-6) + x(1-x)^7 V(t-7) + \dots + x(1-x)^n V(t-n) + (1-x)^n C(0). \quad \text{EC. 37}$$

Que también puede expresarse como

$$C(t) = x \sum_{n=0}^{L-1} [(1-x)^n V(L-n) + (1-x)^L C(0)] \quad \text{Ec. 38}$$

donde $C(0)$ es el estimador inicial de b usado para empezar el proceso de suavización.

La suma de los ponderadores debe ser la unidad, esto se demuestra de la siguiente manera:

$$x \sum_{n=0}^{L-1} (1-x)^n = x \left[\frac{1 - (1-x)^L}{1 - (1-x)} \right] = 1 - (1-x)^L$$

Con la excepción del coeficiente de $C(0)$ los ponderadores decrecen geométricamente con cada período de las observaciones.

Si el ponderador x tuviera el valor de 0.5 y lo sustituyéramos en la ecuación (37) resultaría lo siguiente:

$$C(t) = 0.5V(t) + 0.5(0.5) V(t-1) + 0.5(0.5)^2 V(t-2) + 0.5(0.5)^3 V(t-3) + 0.5(0.5)^4 V(t-4) + 0.5(0.5)^5 V(t-5) + 0.5(0.5)^6 V(t-6) + 0.5(0.5)^7 V(t-7) + \dots$$

Si efectuamos los productos correspondientes, resultará:

$$C(t) = 0.5 V(t) + 0.25 V(t-1) + 0.125 V(t-2) + 0.062 V(t-3) + 0.031 V(t-4) + 0.016 V(t-5) + 0.008 V(t-6) + 0.004 V(t-7) + \dots + \dots$$

Donde

$$W(t) = x = 0.5$$

$$W(t-1) = x(1-x) = 0.25$$

$$W(t-2) = x(1-x)^2 = 0.125$$

$$W(t-3) = x(1-x)^3 = 0.062$$

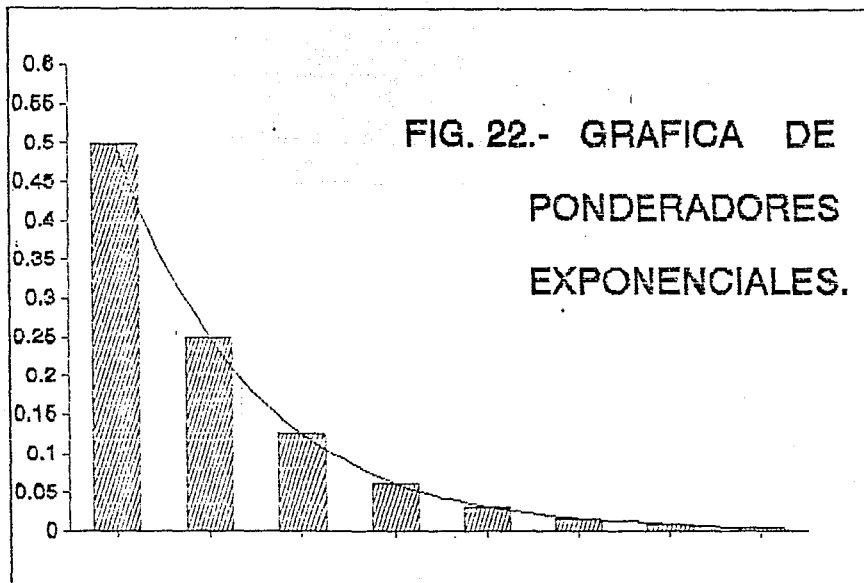
$$W(t-4) = x(1-x)^4 = 0.031$$

$$W(t-5) = x(1-x)^5 = 0.016$$

$$W(t-6) = x(1-x)^6 = 0.008$$

$$W(t-7) = x(1-x)^7 = 0.004$$

$$W(t-n) = x(1-x)^n$$



Una gráfica de estos ponderadores es mostrada en la fig. 22

Debido a que los ponderadores anteriores, declinan exponencialmente cuando son unidos por una curva suave, el nombre de suavización exponencial ha sido aplicado a éste método o procedimiento.

Para t , suficientemente grande, que $(1-x)^n C(0)$, se aproxima a cero, el procedimiento de suavización exponencial proporciona un buen estimador del verdadero promedio o parámetro del proceso, b , es decir:

$$\begin{aligned}
 E [C(t)] &= E \left(x \sum_{L-t}^{\infty} [(1-x)^{L-k} V(L-k)] \right) \\
 &= x \sum_{L-t}^{\infty} \{ (1-x)^n E [V(L-n)] \} \\
 &= \left(x \sum_{L-t}^{\infty} (1-x)^n \right) (b) = (1) b = b
 \end{aligned}$$

Por ellos se considera razonable utilizar $C(t)$ como un estimador del parámetro desconocido b , esto es:

$$\hat{b}(t) = C(t)$$

De tal manera que el pronóstico para la venta en cualquier período $t + j$ será:

$$\hat{V}(t + j) = C(t) \text{ ----- Ec. 39}$$

Por lo que el modelo matemático para pronóstico queda :

$$P(t+1) = C(t) = xV(t) + (1-x)C(t-1)$$

Si se desea determinar la variancia de la estadístico o estimador $C(t)$, se hace de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 VAR [C(t)] &= VAR \left[x \sum_{L-t}^{\infty} (1-x)^n V(t-n) \right] \\
 &= x^2 \sum_{L-t}^{\infty} \{ (1-x)^{2n} VAR [V(t-k)] \} \\
 &= \left(\frac{x}{2-x} \right) \sigma_v^2
 \end{aligned}$$

SELECCION DE LA CONSTANTE O FACTOR PONDERADOR EXPONENCIAL

En cualquier aplicación de la suavización exponencial, es necesario especificar un valor para la constante de suavización x . Para una serie de tiempo con proceso constante, por regla general se utiliza una constante de suavización, con un valor comprendido entre 0.01 y 0.3, sin embargo, el método más utilizado, es el método de búsqueda, que consiste en probar con varios valores de x (x varía entre 0 y 1, con incremento de acuerdo al criterio del analista), y seleccionar aquel que minimice la desviación estándar de los errores del pronóstico.

Para calcular la desviación estándar de los errores del pronóstico, se utiliza la siguiente relación:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n [v_t(t) - P_t(t)]^2}{n}}$$

Cuando el modelo se aplica por primera vez, se necesita un arrancador inicial, se denomina $C(0)$, que se determina mediante el promedio de las ventas históricas es decir.

$$C(0) = \sum_{t=1}^n \frac{V(t)}{n}$$

La constante o ponderador de suavización exponencial óptima es aquella que genere la mínima desviación estándar del error del pronóstico.

Un gran número de procedimientos han sido desarrollados para mantener bajo control a la constante de suavización exponencial y cambiarla de un valor a otro, éstos procedimientos han sido llamados procedimientos de control adaptivo.

NOTA:

La selección de la constante de ponderación X es importante en la determinación de las características operativas de la suavización exponencial. La respuesta del modelo de pronóstico a un cambio en el parámetro b es una función del valor del ponderador X . A valores pequeños de X , la respuesta es lenta. A valores grandes de X , ocasiona que el valor suavizado reaccione rápidamente, no solamente para cambios reales, sino también para fluctuaciones aleatorias.

El efecto de un sensible cambio del ponderador X , pueden ser encontrados comparando los métodos de suavización exponencial y promedios móviles. El promedio histórico de los datos de un promedio móvil de N -periodos es:

$$\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} k = \frac{(N-1)}{2}$$

En la suavización exponencial, el promedio dado para K periodos pasados es:

$$x (1 - x)^K$$

Así el promedio histórico es:

$$x \sum_{k=0}^{\infty} (1 - x)^k k = \frac{1 - x}{x}$$

Si se asume que un sistema de suavización exponencial es equivalente a un promedio móvil de N-periodos, se tiene:

$$\frac{(1 - x)}{x} = \frac{N - 1}{2}$$

$$x = \frac{2}{N + 1}$$

2.2.- DESCRIPCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE CONTROL ADAPTIVO W. M. CHOW PARA UN SOLO PONDERADOR X.

MODELO ADAPTIVO DE W. M. CHOW.

Este modelo se utiliza para controlar el pronóstico generado por el modelo de suavización y ponderación simple.

$$P(t+1) = C(t) = XV(t) + (1-X)C(t-1)$$

$$P(t+1) = xV(t) + (1-x)P(t)$$

A continuación se describe el procedimiento para aplicar el modelo de Chow.

- 1.- Una vez seleccionado el factor ponderador nominal o central (x_0) que genera la menor desviación estándar del error se calcula los ponderadores superior e inferior a dicho valor para ello utilizan las siguientes relaciones:

$$x_2 = x_0 + d \quad y, \quad x_1 = x_0 - d.$$

En donde d es una constante arbitrariamente escogida. En su procedimiento, Chow usa valores de "d" aproximadamente de 0.05.

Los valores inferior y superior, representan los límites entre los que puede variar el ponderador nominal x_0 .

- 2.- Utilizando el último año de ventas históricas se suavizan los valores o ponderadores exponenciales x_2, x_0, x_1 .
- 3.- A continuación, al ir computando la demanda, se van generando tres pronósticos, para cada período t. El primer pronóstico es generado con los componentes obtenidos al suavizar cada uno de los ponderadores nominales, superior e inferior. El pronóstico generado por x_2 , es el que se utiliza para planear y programar actividades administrativas. Los pronósticos generados por x_1 y x_0 son utilizados para controlar el anterior.
- 4.- Habiendo definido la periodicidad n, en que se efectuará la revisión del pronóstico, se procede a calcular la desviación media absoluta para cada uno de los factores ponderadores, de la siguiente manera:

para el ponderador x_0 , la desviación media absoluta (A) es:

$$A(x_0) = \frac{\sum_{t=1}^n |V(t) - F(t)|}{n}$$

para el ponderador x_1 , la desviación media absoluta es:

$$A(x_1) = \sum_{j=1}^n \frac{|V(t) - P(t)|}{n}$$

para el ponderador x_2 , la desviación media absoluta es:

$$A(x_2) = \sum_{j=1}^n \frac{|V(t) - P(t)|}{n}$$

5.- Las reglas de decisión para ajustar el valor del factor ponderador nominal o central x_0 , en base a la desviación media absoluta son:

- A) Si $A(x_0)$ es menor que $A(x_1)$ y $A(x_2)$, no se realiza ningún ajuste.
- B) Si $A(x_0)$ es mayor que $A(x_1)$, x_0 se hace igual a x_1 , $x_0 = x_1$ y los nuevos valores inferior y superior, se calculan de la forma ya indicada.
- C) Si $A(x_0)$ es mayor que $A(x_2)$, x_0 se hace igual a x_2 y los valores inferior y superior, se obtienen de la forma ya indicada.
- D) Si $A(x_0)$ es mayor que $A(x_1)$ y $A(x_2)$, x_0 se ajusta al que tenga la menor desviación media absoluta.

Después de efectuar cada revisión, la desviación media absoluta se iguala a cero y el proceso se inicia nuevamente.

A continuación se muestra un ejemplo de la forma en que se realiza el ponderador nominal.

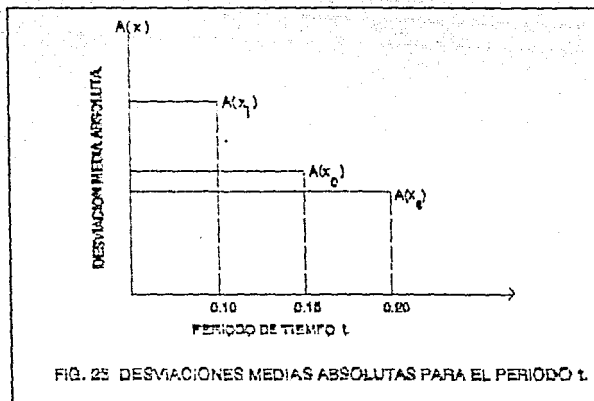
Suponiendo que $x_0 = 0.15$, entonces, los otros valores serán:

$$x_1 = 0.15 - 0.05 = 0.1 \quad \text{y} \quad x_2 = 0.15 + 0.05 = 0.2$$

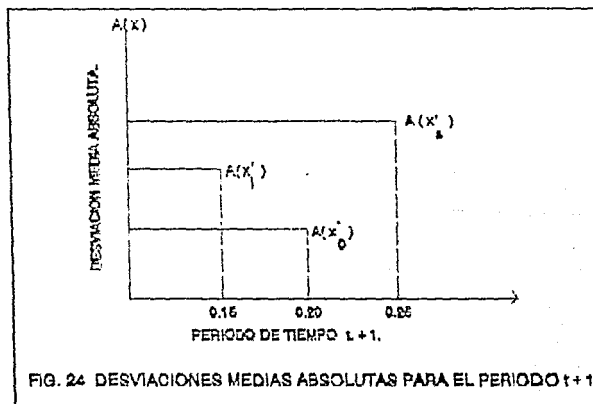
Si al calcular las desviaciones medias absolutas correspondientes, encontramos que, $A(x_2)$ es mayor que $A(x_1)$, como lo indica la figura.

Necesariamente tenemos que ajustar x_0 con el valor x_1 es decir, el nuevo ponderador nominal o central será $x_1 = x_0 = 0.1$ y los nuevos ponderadores superior e inferior serán respectivamente:

$$x_1 = 0.20 - 0.05 = 0.15 \quad \text{y} \quad x_2 = 0.20 + 0.05 = 0.25$$



Por el ajuste anterior es de suponerse que para el periodo $t+1$, las desviaciones medias absolutas se comportan como lo indica la fig.



2.3. - APLICACION DEL MODELO DE PRONOSTICO

POR SUAVIZACION Y PONDERACION EXPONENCIAL SIMPLE

CONTROLADO POR EL MODELO ADAPTIVO DE CHOW

PARA PRONOSTICAR Y CONTROLAR LAS VENTAS

DE UNA SERIE DE TIEMPO CON PROCESO CONSTANTE.

La empresa Fertimex S. A. desea conocer el pronostico de sus ventas en toneladas de fertilizante, con el fin de elaborar sus planes y programas de todas sus operaciones para el año de 1991.

El comportamiento que tiene en el tiempo la variable ventas de los años históricos es de acuerdo a un proceso constante.

En la tabla 1, se encuentran las toneladas de fertilizante vendidas en los últimos cuatro años: 1987, 1988, 1989 y 1990.

MES	VENTAS HISTORICAS							
	1987		1988		1989		1990	
	t	V(t)	t	V(t)	t	V(t)	t	V(t)
J	1	130	13	134	25	154	37	143
E	2	142	14	144	26	133	38	137
M	3	152	15	126	27	147	39	155
A	4	134	16	152	28	129	40	145
M	5	156	17	134	29	151	41	133
J	6	130	18	128	30	139	42	149
J	7	152	19	154	31	128	43	129
A	8	144	20	129	32	153	44	141
S	9	135	21	157	33	135	45	159
O	10	155	22	133	34	143	46	143
N	11	142	23	127	35	156	47	131
D	12	128	24	139	36	131	48	149

Tabla 1. ventas de los últimos 4 años de la empresa " fertimex "

En la figura 25 se muestra la serie de tiempo que siguen los datos históricos dados en la tabla 1.

Obsérvese el proceso constante de la misma.

METODOLOGIA DISEÑADA PARA APLICAR EL MODELO DE PRONOSTICO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE, CONTROLADO POR EL MODELO - ADAPTIVO DE W. M. CHOW.

A continuación se describen los pasos mas relevantes de cada fase de la metodología que fue diseñada para aplicar el modelo a un caso real. Un parametro importante es el numero de años de datos históricos, representado por K . Este puede tomar cualquier valor deseado.

FASE A. ANALISIS Y GRAFICA DE LA SERIE DE TIEMPO.

Se traza la serie de tiempo de los K años de datos históricos.

Para aplicar el modelo de suavización exponencial la serie de tiempo debe tener un proceso constante sin tendencia ni estacionalidad.

FASE B. INICIALIZACION DEL MUDELO.

Se utilizan los K años de datos históricos para:

- 1.- Calcular el arrancador o componente inicial $C(0)$.
- 2.- Utilizando $C(0)$ y los $K \cdot n_p$ datos históricos, suavice el modelo con todos los ponderadores exponenciales x .
- 3.- Utilizando los componentes $C(t)$ y los ponderadores x , pronostique para el mismo año k , con cada x .
- 4.- Calcule la desviación estándar para cada ponderador x .
- 5.- Seleccione como ponderador nominal X_0 al que genere la minima desviación estándar.

FASE C. PRONOSTICO PARA PLANEACION PARA EL AÑO M.

- 1.- Utilizando la componente constante $C(k \cdot n_p)$ para la constante de suavización óptima X_0 , las ventas reales para el año (M) obtenga el pronóstico para planeación.

FASE D. CONTROL DEL MUDELO.

Se utiliza el pronóstico y los datos reales para el año M .

- 1.- Conociendo la constante de suavización X_0 determine las constantes superior e inferior para el control del modelo, respectivamente.
- 2.- Utilizando la componente constante $C(k*np)$ correspondiente al ponderador nominal, las ventas reales para el año M , determine el pronóstico de control para el ponderador superior de control.
- 3.- Utilizando el componente $C(l*np)$ correspondiente al ponderador nominal, las ventas reales para el año (M) . Determine el pronóstico de control para el ponderador inferior de control.
- 4.- Conociendo el pronóstico de planeación para el ponderador nominal X_0 , los pronósticos de control para X_i y X_s respectivamente.
- 5.- Determine la desviación media absoluta para cada uno de los ponderadores, es decir:

$$A(X_0) , A(X_s) , A(X_i)$$

- 6.- Ajuste el ponderador nominal X_0 .

REGRESE A LA FASE C.

DESARROLLO DE LA METODOLOGIA PARA APLICAR

EL MODELO DE PRONOSTICO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE

CONTROLADO POR EL MODELO DE W. M. CHOW.

FASE A. ANALISIS Y GRAFICA DE LA SERIE DE TIEMPO.

Se traza la gráfica de los $K = 4$ años de demanda histórica: 1987, 1988, 1989, 1990

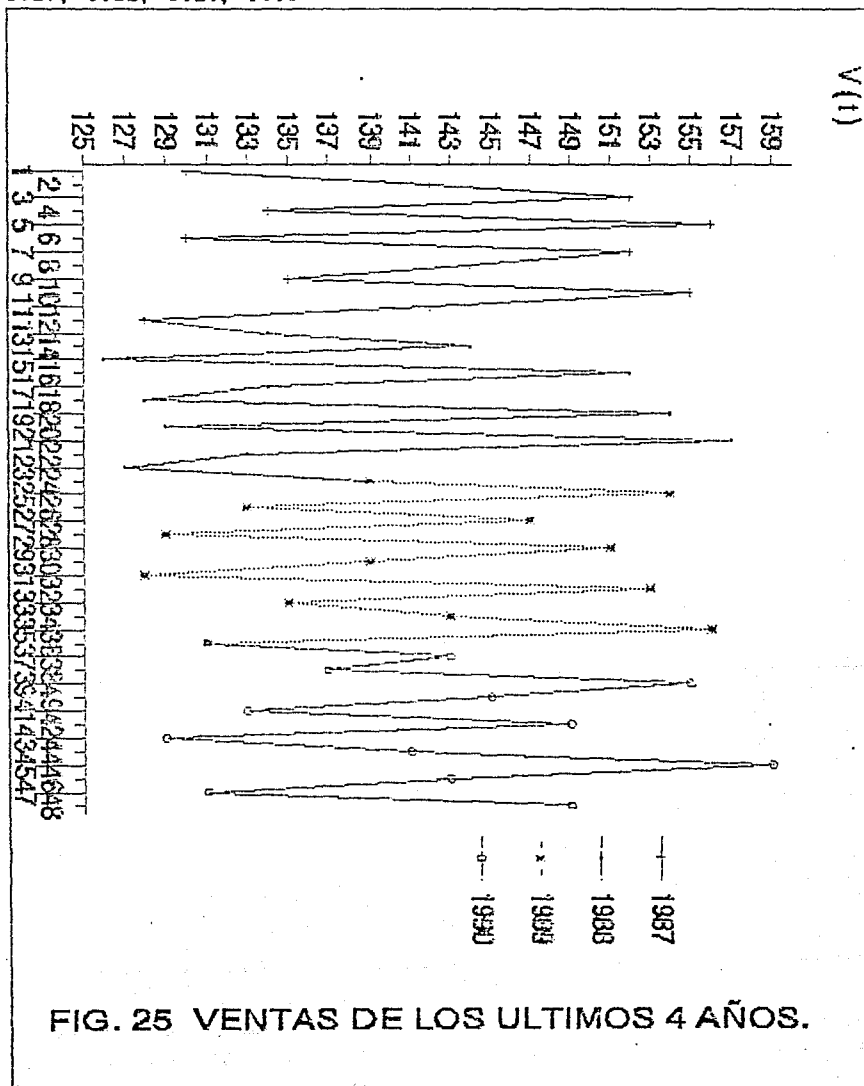


FIG. 25 VENTAS DE LOS ULTIMOS 4 AÑOS.

Obsérvese que la serie de tiempo tiene un proceso constante con variaciones aleatorias.

$$V(t) = b + \epsilon(t)$$

El modelo matemático para pronosticar esta serie es el de suavización y ponderación exponencial simple.

El modelo matemático para revisar el pronóstico de la serie es el modelo de control de Chow para un ponderador.

FASE " B ". INICIALIZACIÓN DEL MODELO.

12.- Se calcula el arrancador o componente inicial del modelo.

$$C(0) = \sum_{t=1}^n \frac{V(t)}{n} = \frac{(130 + 142 + 153 + \dots + 143 + 131 + 149)}{48}$$

$$= 141.0417 \quad n = 1, 2, \dots, K * 12$$

29.- Utilizando el modelo de suavización exponencial simple.

$$C(t) = x V(t) + (1-x) C(t-1) \quad t = 1, 2, \dots, k * np$$

Suavice el modelo con $0 \leq x \leq 1$ con incrementos para x de 0.1.

Al iniciar el proceso $C(0) = 141.0417$, $x = 0.1$

Así:

$$C(1) = 0.1 V(1) + (1-0.1) C(0)$$

$$C(2) = 0.1 V(2) + (1-0.1) C(1)$$

⋮

⋮

Así sucesivamente

$$C(48) = 0.1 V(48) + (1-0.1) C(47).$$

Recuerde que $P(t+1) = C(t)$

Hágase lo mismo para $x = 0.2$ $C(0) = 141.0417$

Y así sucesivamente hasta $x = 0.9$ $C(0) = 141.0417$

Recordando que

$$P(t+1) = C(t)$$

- 39.- Determine la desviación estándar s_x para cada constante de suavización. Calcule el error del pronóstico para cada periodo $t = 1, 2, \dots, k * np$.

$$e(t) = [V(t) - P(t)]$$

Determine la desviación estándar para cada ponderador.

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n [V(t) - P(t)]^2}{n}} \quad n = k * 12$$

x	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
s	10.5	11.0	11.6	12.2	12.8	13.5	14.3	15.2	16.1

- 40.- Seleccione el ponderador nominal, que genere la mínima desviación estándar.

$$x \text{ óptima} = x \text{ tal que } x \text{ minimiza } s_x$$

$$x \text{ óptima} = x \rightarrow \min. \{ s_x \}$$

$$x \text{ óptima} = x = \text{ponderador o constante} = 0.1 \text{ de suavización nominal.}$$

Así la constante de suavización x insertada en el modelo de pronóstico.

$$P(t+1) = C(t) = x V(t) + (1-x) C(t-1)$$

$$= 0.1 V(t) + (1-0.1) C(t-1)$$

$$C(48) = 142.33, \quad t = 49, \dots, 60$$

Es la que genera matemáticamente una serie de tiempo con el mínimo error. La más aproximada a la situación real, es decir, a la serie de tiempo generada por las condiciones objetivas del mercado.

FASE " C " PRONÓSTICO PARA PLANEACION.

Utilizando el ponderador nominal $\alpha = 0.1$, la componente constante $C(k*12) = C(48) = 142.33$ y el modelo matemático de suavización exponencial, pronostique para cada uno de los 12 periodos t de 1991. Para ello es necesario computar las ventas reales de cada periodo t

$$P(t+1) = C(t) = 0.1 V(t) + (1-0.1) C(t-1)$$

$$t = 49, 50, \dots, 60.$$

$$C(t-1) = C(48) = 142.33$$

Los pronósticos $P(49)$, $P(50)$, $P(51)$, ..., $P(60)$ son utilizados para la planeación de operaciones y toma de decisiones de la empresa, con el fin de optimizar los recursos financieros, humanos y materiales de la misma durante 1991.

t	V (t)	P (t)
49	145	142.26
50	139	142.53
51	142	142.18
52	150	142.16
53	139	142.94
54	149	142.55
55	150	143.19
56	134	143.87
57	156	142.89
58	162	144.20
59	148	145.98
60	139	146.18

FASE " D " CONTROL DEL MODELO.

Utilice el pronóstico generado y las ventas reales para 1991.

- 19 Conociendo la constante nominal x_0 , determinar las constantes superior e inferior de control x_s , x_i respectivamente.

$$x_s = x_0 + d$$

$$x_i = x_0 - d$$

En donde d es una constante estadística y de acuerdo con las investigaciones de W.M. Chow su valor es de 0.05

$$x_s = x_0 + 0.05$$

$$x_i = x_0 - 0.05$$

$$= 0.1 + 0.05 = 0.15$$

$$= 0.1 - 0.05 = 0.05$$

x_s , x_i representan los valores límites de las constantes de

suavización para control entre las cuales variara aceptablemente la constante de suavización nominal x_0

intrínsecamente x_s y x_i generan matemáticamente las series

de tiempo límites entre las cuales se encuentra la serie de tiempo generada matemáticamente con x_0 .

- 29 .- Utilizando el componente constante $C(48)$ y los datos de las ventas, así como el valor $x_s = 0.15$, determine el pronóstico de control superior, para cada período t . de 1991.

$$P(t+1) = C(t) = x_s V(t) + (1-x_s) C(t-1)$$

$$\text{para } t = 49, 50, \dots, 1991. \quad C(t-1) = C(48) = 142.33$$

- 30 .- Utilizando el componente constante $C(48)$ y los datos de las ventas, así como el valor $x_i = 0.05$, determine el pronóstico de control inferior para cada período t de 1992.

$$P(t+1) = C(t) = x_i V(t) + (1-x_i) C(t-1)$$

$$\text{para } t = 49, 50, \dots, 1991. \quad C(t-1) = C(48) = 142.33$$

- 40 .- Conociendo el pronóstico de planeación generado por el ponderador nominal x_0 , así como los de control superior e in-

ferior de los ponderadores x_s y x_i , determine la desviación media absoluta para cada una de las constantes de suavización.

$$A(x_s), A(x_s), A(x_i) \quad n = 12$$

$$A(x_s) = \frac{\sum_{t=1}^n |V(t) - P(t)|}{n} \quad t = \overline{1,12} \quad 1991.$$

$$= 6.78$$

$$A(x_s) = \frac{\sum_{t=1}^n |V(t) - P(t)|}{n} \quad t = \overline{1,12} \quad 1991.$$

$$= 6.76 \quad \dots\dots\dots$$

$$A(x_s) = \frac{\sum_{t=1}^n |V(t) - P(t)|}{n} \quad t = \overline{1,12} \quad 1991.$$

$$= 6.82 \quad \dots\dots\dots$$

So .- Ajustar el ponderador $x_s = 0.1$ en caso necesario.

Se necesita investigar si el modelo matemático:

$$P(t+1) = C(t) = x_s V(t) + (1-x_s)C(t-1)$$

Sigue generando una serie de tiempo " suave " ajustada, y casi idéntica a la serie de tiempo real generada por las condiciones objetivas y subjetivas del mercado. Para ello se aplican las siguientes reglas.

A) Si $A(x_s) < A(x_i)$ y si $A(x_s) < A(x_s)$

No se realiza ningún ajuste. Lo que significa que la serie de tiempo generada por el modelo sigue siendo dentro de los límites de control idéntica a la serie de tiempo generada por las condiciones reales del mercado.

$$B) \text{ Si } A(x_0) > A(x_i)$$

Entonces la nueva $x_0 = x_i$

$$C) \text{ Si } A(x_0) > A(x_s)$$

Entonces la nueva $x_0 = x_s$

$$D) \text{ Si } A(x_0) > A(x_i) \text{ y } A(x_0) > A(x_s)$$

Entonces la nueva $x_0 = \text{valor } (x_i, x_s) \text{ que tenga la menor desviación media absoluta.}$

En este caso se cumple la regla C, por lo que el nuevo ponderador es:

$$x_0 = x_s = 0.15$$

Si se cumple alguna de las reglas B, C, d, significa que el modelo de pronóstico ya no está generando una serie de tiempo idéntica a la serie de tiempo real, por ello es necesario reajustar el ponderador x_0 , con el fin de que el modelo pronóstico vuelva a generar una serie de tiempo lo más aproximada posible a la serie de tiempo de la situación real.

A continuación se muestra la impresión de la corrida del modelo de suavización exponencial, controlado por el modelo de Chow:

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

2.4.- PROGRAMAS Y RESULTADOS.

```

Program EXPOENCIAL_SIMPLE;
Uses
  Crt, Graph, Edicion;
Const
  presentacion = ' MODELO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE ';
  archivo_ayuda = 'CHOW.TXT';
  d = 0.05;
  nomb_arch = 'ventas.dat';
Type
  arreglo = Array[0..100] Of Real;
Var
  kw : Char;
  bandera_archivo : Boolean;
  v,c,p,p1,p2 : arreglo;
  m,k,np,n,t,i : Integer;
  xmin : Real;
  opc : Byte;

{ $I libreria.pas }

Procedure GRAFICA_SERIE (Var ban_graf: Boolean);
Var
  c : Char;
  vaux : arreglo;
  cad1,cad2 : String[10];
  dat_min,dat_max : Real;
  meses,t,cont,cont1,x,i : Integer;
Begin
  ClnScr;
  CUADRO(1,1,2,80,24,' GRAFICA Y ANALISIS DE LA SERIE DE
TIEMPO ',' (F10) Información');
  INVERSO;
  CUADRO(2,8,7,44,9,'','');
  LET(1,10,8,'Cuantos años desea graficar:');
  LEER_INTEGER(k); (* k -> numero de años *)
  CUADRO(2,8,11,47,13,'','');
  LET(2,10,12,'Cuantos periodos tiene cada año:');
  LEER_INTEGER(np); (* np -> periodos por año *)
  NORMAL;
  meses := k*np;
  LECTURA_DATOS(nomb_arch,1,meses,0);
  ClnScr;
  CUADRO(1,1,2,80,24,' VENTAS HISTORICAS ',' (F10)
Información');
  LOC(3,5,'MES');
  WriteLn;
  For t:=1 To np Do
    LOC(4,5+t,mes[t]);
  cont:=0;
  cont1:=8;

```

```

For k:=1 To k Do
  Begin
    CUADRU(1, cont1, 5, cont1+12, 18, ' t = V(t) ', '');
    Window(cont1+1, 5, cont1+11, 17);
    For t:=1 To np Do
      Begin
        Inc(cont1);
        GotoXY(1, t);
        Write(cont1:2, ' ', v[cont1:3:1]);
      End;
      Inc(cont1, 14);
    End;
    Window(10, 20, 50, 22);
    PAUSA(1, 1, 'Oprima una Tecla');
    Window(1, 1, 80, 25);
    INICIALIZA_GRAFICOS;
    SetTextStyle(3, 0, 3);
    OutTextXY(180, 0, 'VENTAS HISTORICAS');
    RANGO_DATO(dat_min, dat_max, 1, meses, v);
    For t:=1 To k Do
      Begin
        For i:= (t-1)*np+1 To t*np Do
          vaux[i-(t-1)*np]:=v[i];
          Str((t-1)*np+1, cad1);
          Str(t*np, cad2);
          GRAFICA_DATOS('V('+cad1+'...' +cad2+')', dat_min, dat_max, vaux, 1, np, t
        );
        End;
        ClearDevice;
        SetTextStyle(3, 0, 3);
        OutTextXY(180, 0, 'VENTAS HISTORICAS');
        GRAFICA_DATOS('V(t)', 0, 0, v, 1, meses, 1);
        CloseGraph;
        ClrScr;
        CUADRU(1, 1, 2, 80, 24, ' GRAFICA Y ANALISIS DE LA SERIE DE
TIEMPO ', '(F10) Información');
        LOC(10, 7, 'La serie de Tiempo tiene un comportamiento
Constante ? [S/N]:');
        S_N(c);
        If(c='N')Then
          Begin
            LOC(10, 10, 'No se puede aplicar este Modelo');
            PAUSA(10, 20, 'Oprima una Tecla');
            ban_graf:=True;
          End;
        End;
      End;
    End;
  End;
  End;

Procedure INICIALIZAR;
Var
  z : Char;
  l, t, cont, cont1 : Integer;

```



```

s, s1, amin, inc_pond, x, sum : Real;
Begin
  CUADRO(1,1,1,80,24,' I N I C I A L I Z A C I O N ', '(F10)
Información');
  CUADRO(1,4,4,30,6,'','','');
  LOC(5,5,'Desea Leer Datos (S/N) ');
  S_N(2);
  If(2='5')Then
    Begin
      CUADRO(2,4,8,67,10,'','','');
      LET(1,5,9,' Cuantos años vas a utilizar para
inicializar el modelo:');
      LEER_INTEGER(1);
      CUADRO(2,4,12,42,14,'','','');
      LET(1,5,13,'Cuantos periodos tiene cada año:');
      LEER_INTEGER(np); (* np -) periodos por año *)
      NORMAL;
      n:=np*1;
      LECTURA_DATOS(nomb_arch,1,n,0);
    End
  Else
    n:=k*np;
    (* Calculo del arrancador C(0) del Modelo *)
    sum:=0;
    For t:=1 To n Do
      sum:=sum+v[t];
      c[0]:=sum/n;
      LOC(5,17,'Arrancador C(0)=');
      CUADRO(1,23,16,35,18,'','','');
      GotoXY(25,17); Write(c[0]:4:4);
      (* Suavizacion del Modelo *)
      LET(1,5,20,'Incremento del Ponderador X:');
      LEER_REAL(inc_pond);
      CUADRO(1,1,1,80,24,' I N I C I A L I Z A C I O N ', '(F10)
Información');
      GotoXY(1,5);
      x:=inc_pond;
      cont:=0;
      CUADRO(2,5,3,45,16,' Ponderador X Desv. Estandar
, ''');
      Window(6,4,44,15);
      Repeat
        Inc(cont);
        s1:=0;
        For t:=1 To n Do
          Begin
            c[t]:=x*v[t]+(1-x)*c[t-1];
            p[t]:=c[t-1];
            s1:=s1+Sqr(v[t]-p[t]);
          End;
        s:=Sqrt(s1/(n-1));
        Writeln(' ',x:1:2,' ',s:4:4);

```

```

If (cont=10) Then
  Begin
    cont:=0;
    PAUSA(3,12,'Oprima una Tecla');
    ClrScr;
  End;
If ((x=inc_pond)Or(s(amin)))Then
  Begin
    amin:=s;
    xmin:=x;
  End;
  x:=x+inc_pond;
Until (x=1);
For t:=1 To n Do
  Begin
    c[t]:=xmin*v[t]+(1-xmin)*c[t-1];
    p[t]:=c[t-1];
  End;
  PAUSA(3,12,'Oprima una Tecla');
  Window(1,1,80,25);
  GotoXY(5,18);
  Write('Componente           Constante           Suavizado
C('n,n,')='c[n]:4:4);
  GotoXY(5,19);
  Write('Ponderador Nominal  Xmin=',xmin:4:4);
  PAUSA(20,22,'Oprima una Tecla para Graficar los
Pronósticos');
  INICIALIZA_GRAFICOS;
  SetTextStyle(3,0,3);
  OutTextXY(180,0,'INICIALIZACION DEL MODELO');
  GRAFICA_V_P(p,v,1,n);
  CloseGraph;
End;

Procedure PRONOSTICO;
Var
  z : Char;
  renglon,i : Integer;
Begin
  (* Fase "C"           Generacion del PRONOSTICO para programar
actividades *)
  (* se utiliza el dato Real que se vaya computando durante
el año M *)
  CUADRO(1,1,1,80,24,' P R O N O S T I C O ', 'F10)
Información');
  LOC(5,6,'=====');
  LET(3,5,5,'Deseas Inicializar el Modelo (S/N) :');
  S_N(z);
  If(z='S')Then
    Begin
      INICIALIZAR;
      NORMAL;
    End;
  End;

```

```

      ClrScr;
      CUADRO(1,1,1,80,24,' P R O N O S T I C O ','');
      End;
      LOC(5,9,'');
      LET(1,5,8,' Cuantos periodos desea pronosticar:');
      LEER_INTEGER(m);
      p[n+1]:=c[n];
      CUADRO(2,1,3,80,24,'PRONOSTICO PARA PLANEACION',' (F10)
      Información');
      CUADRO(2,10,8,60,20,' Introduce las Ventas ','');
      Window(11,9,59,19);
      renglon:=8;
      For i:= n+1 To (n+m) Do
        Begin
          p[i]:=c[i-1];
          Write(' p(',i,')=' ,p[i]:5:4);
          GotoXY(20,WhereY);
          Write(' Venta del periodo ',i,':'); LEER_REAL(v[i]);
          c[i]:=xmin*v[i]+(1-xmin)*c[i-1];
        End;
      ; CUADRO(2,1,3,80,24,'PRONOSTICO PARA PLANEACION',' (F10)
      Información');
      LOC(10,5,'Periodo Pronóstico Ventas');
      renglon:=7;
      For i:= n+1 To (n+m) Do
        Begin
          GotoXY(12,renglon); Write(i);
          GotoXY(24,renglon); Write(p[i]:5:4);
          GotoXY(39,renglon); Write(v[i]:5:4);
          Inc(renglon);
        End;
      loc(10,20,'Componente Constante C('); write(n+m,')=
      ',c[n+m]:3:4);
      Window(1,1,80,25);
      PAUSA(10,23,'Oprime una Tecla');
      INICIALIZA_GRAFICOS;
      SetTextStyle(3,0,3);
      OutTextXY(180,0,'PRONOSTICO');
      GRAFICA_V_F(p,v,n+1,n+m);
      CloseGraph;
    End;

  Procedure CONTROL;
  Var
    c1,c2 : arreglo;
    xs : Array[1..2] Of Real;
    s,s1,s2,dat_max,dat_min : Real;
    dr,col_max : Real;
    cad : String[10];
    i : Integer;
  Procedure LINEAS(x0,y0,x1,y1:Real; cad1:String;
  o:Integer);

```

```

Var
  cad : String[10];
  col,ren : Integer;
Begin
  LINEA(x0,y0,x1,y1,0);
  LINEA(0,y1,x0,y1,0);
  TRANSCoord(x0,y0,col,ren);
  SetTextStyle(2,0,5);
  OutTextXY(col,ren+10,cad1);
  Str(y1:4:3,cad);
  TRANSCoord(0,y1,col,ren);
  SetTextStyle(2,0,4);
  OutTextXY(col-30,ren-3,cad);
End;
Begin
  ClrScr;
  CUADRO(2,5,2,75,24,'AJUSTE DEL PONDERADOR NOMINAL', '(F10)
Información');
  xs[1]:=xmin+d;
  xs[2]:=xmin-d;
  s:=0;
  s1:=0;
  s2:=0;
  c1[n]:=c[n];
  c2[n]:=c[n];
  For i:=n+1 To (n+m) Do
    Begin
      s:=s+Abs(v[i]-p1[i]);
      c1[i]:=xs[1]*v[i]+(1-xs[1])*c1[i-1];
      p1[i]:=c1[i-1];
      c2[i]:=xs[2]*v[i]+(1-xs[2])*c2[i-1];
      p2[i]:=c2[i-1];
      s1:=s1+Abs(v[i]-p1[i]);
      s2:=s2+Abs(v[i]-p2[i]);
    End;
  s:=s/m;
  s1:=s1/m;
  s2:=s2/m;
  LOC(27,8,'Desviaciones medias absolutas');
  LOC(20,12,'Ponderador Nominal, Xmin=');
  Write(xmin:3:3,' S=',s:3:4);
  LOC(20,13,'Ponderador Superior, Xs(1)=');
  Write(xs[1]:3:3,' S1=',s1:4:4);
  LOC(20,14,'Ponderador Inferior, Xs(2)=');
  Write(xs[2]:3:3,' S2=',s2:4:4);
  PAUSA(10,18,'Oprime una Tecla para Graficar Estos Datos');
  INICIALIZA_GRAFICOS;
  SetTextStyle(3,0,3);
  OutTextXY(180,0,'C O N T R O L');
  dat_max:=s;
  If (s1)<s)Then dat_max:=s1;
  If (s2)<dat_max)Then dat_max:=s2;

```

```

dat_min:=s;
If (s1 < s) Then      dat_min:=s1;
If (s2 < dat_min) Then dat_min:=s2;
dr:=dat_min-Frac(dat_min);
col_max:=xmin;
If (col_max(xsl[1])) Then col_max:=xsl[1];
If (col_max(xsl[2])) Then col_max:=xsl[2];
col_max:=col_max+0.03;
MUNDOCOORD(0, dr, col_max, dat_max);
PUERTAVISION(50,50,GetMaxX-50,GetMaxY-50);
LINEA(0,dr,col_max,dr,1); { eje de las X }
LINEA(0,dr,0,dat_max,1); { eje de las Y }
LINEAS(xmin,dr,xmin,s,'Xmin',2);
LINEAS(xsl[2],dr,xsl[2],s2,'xs(2)',3);
LINEAS(xsl[1],dr,xsl[1],s1,'xs(1)',4);
PAUSA_GRA;
CloseGraph;
CUADRO(2,5,2,75,24,'AJUSTE DEL PONDERADOR NOMINAL','F10
Información');
  If ((s < s2) And (s < s1)) Then
    Begin
      GotoXY(1,6);
      LOC(5,4,' No se realiza ningun Ajuste al Ponderador
Nominal Xmin=');
      Write(xmin:4:4);
      LOC(5,5,' Lo que significa que la serie de tiempo
generada por el modelo');
      LOC(5,6,' sigue representando a la serie de tiempo real
y por lo tanto');
      LOC(5,7,' esta dentro de los limites de control');
    End
  Else
    Begin
      If (s < s2) Then
        xmin:=xmin-d;
      Else
        If (s < s1) Then
          xmin:=xmin+d;
        If ((s < s1) And (s < s2)) Then
          If (s1 < s2) Then
            xmin:=xmin+d;
          Else
            xmin:=xmin-d;
          If (xmin < 0.05) Then xmin:=0.05;
          If (xmin > 0.95) Then xmin:=0.95;
          LOC(8,7,'El nuevo valor del Ponderador Nominal es: ');
          Write(xmin:4:4);
        End;
      PAUSA(20,22,'Oprima una Tecla para Regresar al Menú');
      Inc(n,m)
    End;
  End;

```

```

Begin (* programa principal *)
  ventana:=Nil;
  bandera_archivo:=True;
  cadenas[1]:=' GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO ' ;
  cadenas[2]:=' INICIALIZACION DEL MODELO ' ;
  cadenas[3]:=' P R O N O S T I C O ' ;
  cadenas[4]:=' C O N T R O L ' ;
  opc:=1;
  ban_graf:=False;
  NORMAL;
  Repeat
    ClrScr;
    CUADRO(1,1,1,80,24,' MODELO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL
SIMPLE ', '(F10) Información');
    LETRERO_ARCH_TECL;
    CUADRO(2,21,6,55,13,' MENU MODELO ', '(ESC) Terminar');
    OPC_DESEAD(cadenas,4,24,8,opc);
    Case opc Of
      0 : bandera_archivo:= Not bandera_archivo;
      1 : GRAFICA_SERIE(ban_graf);
      2 : INICIALIZAR;
      3 : PRONOSTICO;
      4 : CONTROL;
    End;
  Until((opc=5) Or (ban_graf));
End.

(* ARCHIVO: edicion.pas *)
Unit EDICION;
Interface
Uses
  Crt,Printer;
Type
  cad4 = String[4];
  cad20 = String[20];
  cad79 = String[79];

  editor = ^edit0;
  edit0 = Record
    cad : cad79;
    sig,ant : editor
  End;

Procedure LOC(x,y:Byte; f:cad79);
Procedure BORRA_EDITOR(Var q:editor);
Function nuevo_nodo(Var q,r:editor; f:cad79):Boolean;
Procedure CONCATENA_NODO(Var r,q:editor);
Procedure INSERTA_EDITOR_ORDENADO(Var q:editor; f:cad79;
x,y:Byte; s:Char);
Procedure INSERTA_EDITOR_ULTIMO(Var lista:editor; d:cad79);
Procedure INSERTA_EDITOR_PRIMERO(Var q:editor; f:cad79);
Procedure INICIA_PANTALLA_EDICION(l:editor; Var ren:Integer);

```

```

Procedure PGUP_EDICION(Var q1:editor; Var ren,lapiz:Integer);
Procedure PGDN_EDICION(Var q1:editor; Var ren,lapiz:Integer);
Procedure INICIA_CUPO_EDICION(Var lista:editor; Var
cupo:Integer);
Procedure IMPRESORA_EDICION(lista:editor);
Procedure CSUP_EDICION(Var q1:editor; Var lapiz,ren:Integer);
Procedure CSDN_EDICION(Var q1:editor; Var
l2,ci,ren,col_i:Integer; k:cad4);
Implementation

Procedure LOC(x,y:Byte; f:cad79);
Begin
GotoXY(x,y); Write(f)
End;

Procedure BORRA_EDITOR(Var q:editor);
Var
i : editor;
Begin
While (q<>Nil)Do
Begin
i:=q;
q:=q^.sig;
Dispose(i);
End
End;

Function NUEVO_NODO(Var q,r:editor; f:cad79):Boolean;
Begin
New(r);
r^.cad:=f;
r^.sig:=Nil;
r^.ant:=Nil;
If (q=Nil)Then
Begin
q:=r;
NUEVO_NODO:=False;
End
Else
NUEVO_NODO:=True
End;

Procedure CONCATENA_NODO(Var r,q:editor);
Begin
r^.sig:=q;
q^.ant:=r
End;

Procedure INSERTA_EDITOR_ORDENADO(Var q:editor; f:cad79;
x,y:Byte; s:Char);
Var
e : cad79;

```

```

u, j, r : editor;
Begin
  If (NUEVO_NODO(q, r, f)) Then
    Begin
      j:=q;
      u:=Nil;
      e:=Copy(r^.cad, x, y);
      If (s='D') Then
        While ((e < Copy(j^.cad, x, y)) And (j <> Nil)) Do
          Begin
            u:=j;
            j:=j^.sig
          End
        Else
          While ((e > Copy(j^.cad, x, y)) And (j <> Nil)) Do
            Begin
              u:=j;
              j:=j^.sig
            End;
          If (j=q) Then
            Begin
              CONCATENA_NODO(r, q);
              q:=r
            End
          Else
            Begin
              r^.ant:=u;
              u^.sig:=r;
              If (j <> Nil) then
                CONCATENA_NODO(r, j)
            End
          End
        End
      End;
    End;
  End;

```

```

Procedure INSERTA_EDITOR_ULTIMO(Var lista:editor; d:cad79);

```

```

  Var
    j, r : editor;
  Begin
    If (NUEVO_NODO(lista, r, d)) Then
      Begin
        j:=lista;
        While (j^.sig <> Nil) Do
          j:=j^.sig;
        CONCATENA_NODO(j, r)
      End
    End;
  End;

```

```

Procedure INSERTA_EDITOR_PRIMERO(Var q:editor; f:cad79);

```

```

  Var
    r : editor;
  Begin
    If (NUEVO_NODO(q, r, f)) Then

```



```

    Begin
      CONCATENA_NODO(r, q);
      q:=r
    End
  End;

```

```

Procedure INICIA_PANTALLA_EDICION(l:editor; Var ren:Integer);

```

```

  Var
    q : editor;
  Begin
    ClrScr;
    q:=1;
    ren:=1;
    While((q <> Nil) And (ren <=15)) Do
      Begin
        LOC(1, ren, q^. cad);
        Inc(ren);
        q:=q^. sig
      End;
      GotoXY(1, 1);
      ren:=1
    End;

```

```

Procedure PGUP_EDICION(Var q1:editor; Var ren, lapiz:Integer);

```

```

  Var
    l : Integer;
  Begin
    l:=1;
    While((l <15) And (q1^. ant <> Nil)) Do
      Begin
        Inc(l);
        q1:=q1^. ant;
        Dec(lapiz);
      End;
      INICIA_PANTALLA_EDICION(q1, ren)
    End;

```

```

Procedure PGDN_EDICION(Var q1:editor; Var ren, lapiz:Integer);

```

```

  Var
    p : editor;
    l : Integer;
  Begin
    l:=1;
    While((l <=15) And (q1^. sig <> Nil)) Do
      Begin
        q1:=q1^. sig;
        Inc(lapiz);
        Inc(l)
      End;
      INICIA_PANTALLA_EDICION(q1, ren)
    End;

```

```

Procedure      INICIA_CUPO_EDICION(Var      lista:editor;      Var
cupo:Integer);
  Var
    q1 : editor;
  Begin
    If (lista=Nil)Then
      INSERTA_EDITOR_PRIMERO(lista,'');
    q1:=lista;
    cupo:=1;
    While (q1^.sig()<>Nil)Do
      Begin
        q1:=q1^.sig;
        Inc(cupo)
      End
    End;
  End;

```

```

Procedure IMPRESORA_EDICION(lista:editor);
  Var
    qw : editor;
  Begin
    qw:=lista;
    While (qw()<>Nil)Do
      Begin
        Writeln(1st,qw^.cad);
        qw:=qw^.sig;
      End;
      Writeln(1st,' ');
    End;
  End;

```

```

Procedure CSUP_EDICION(Var q1:editor; Var lapiz,ren:Integer);
  Begin
    q1:=q1^.ant;
    Dec(lapiz);
    If (ren=1)Then
      Begin
        GotoXY(1,1); lnsLine;
        LOC(1,1,q1^.cad)
      End
    Else
      Dec(ren)
    End;
  End;

```

```

Procedure      CSDN_EDICION(Var      q1:editor;      Var
l2,ci,ren,col_i:Integer; k:cad4);
  Begin
    q1:=q1^.sig;
    Inc(l2);
    If (ren=15)Then
      Begin
        GotoXY(1,1); DelLine;
        LOC(1,15,q1^.cad);
        ci:=col_i
      End
    End;
  End;

```

```

End
Else
Begin
  Inc(ren);
  If(k='ENT')Then
    ci:=col_i
  End
End;

Begin
End.

(* ARCHIVO: libreria.pas *)

(* PROCEDIMIENTOS PARA REALIZAR LAS GRAFICAS *)
Const
  retardo_linea = 0;
  retardo_let1 = 0;
  retardo_let2 = 0;
  retardo_let3 = 0;
Type
  marco = 0..2;
  vstack = ^windbuf;
  windbuf = Record (* registro para almacenar las ventanas *)
    direcc : Array[ 0 .. 4000 ] Of Byte; (* $0 a
$FA0 *)
    xpos,ypos : Byte;
    esquina : Array[ 1 .. 4 ] Of Byte;
    sig : vstack
  End;
  arreglo2 = Array[1..10] Of String[30];
  cad4 = String[4];
Var
  xmin,ymin,xmax,ymax : Real;
  xmin,ymin,xmax,ymax : Real;
  ventana : vstack;
  color_inverso : Boolean;
  cadenas : arreglo2;
  year,col,ren : Integer;
  ban_graf : boolean;

Const
  m e s : A r r a y [ 1 . . 1 2 ] O f
Char=('E','F','M','A','M','J','J','A','S','O','N','D');
  null = 0;
  single = 1;
  double = 2;
  mono = $b000;
  cga = $b800;

Procedure LOC(x,y:Byte; s:String);
Begin

```

```
GotoXY(x,y); Write(s)
End;
```

```
Procedure LET(opc:Integer; col,ren:Byte; s:String);
```

```
Var
```

```
x,y,len,z : Integer;
a : Array[1..60] Of Byte;
```

```
Begin
```

```
GotoXY(col,ren);
```

```
len:=Length(s);
```

```
Case opc Of
```

```
1 : For x:=1 To len Do
```

```
Begin
```

```
Write(s[x]);
```

```
Delay(retardo_let1);
```

```
End;
```

```
2 : Begin
```

```
x:=len;
```

```
y:=1;
```

```
Repeat
```

```
z:=col+len;
```

```
If(s[y]<>' ')Then
```

```
Begin
```

```
Repeat
```

```
GotoXY(z,ren); Write(s[y]);
```

```
Delay(retardo_let2);
```

```
GotoXY(z,ren); Write(' ');
```

```
Dec(z);
```

```
Until(z=col+y-1);
```

```
GotoXY(z,ren); Write(s[y]);
```

```
End;
```

```
Dec(x);
```

```
Inc(y);
```

```
Until(x=0);
```

```
End;
```

```
3 : Begin
```

```
Randomize;
```

```
For x:=1 To len Do
```

```
a[x]:=0;
```

```
For x:=1 To len Do
```

```
Begin
```

```
Repeat
```

```
z:=random(len)+1;
```

```
Until(a[z]=0);
```

```
a[z]:=1;
```

```
GotoXY(col+z-1,ren); Write(s[z]);
```

```
Delay(retardo_let3);
```

```
End;
```

```
GotoXY(col+len+1,ren);
```

```
End;
```

```
End;
```

```
End;
```

```

Procedure NORMAL;
Begin
  TextColor(white);
  TextBackground(black);
  color_inverso:=False
End;

Procedure INVERSO;
Begin
  TextColor(black);
  TextBackground(white);
  color_inverso:=True
End;

Procedure CUADRO(m:marco; x1,y1,x2,y2:Byte; title,tit2:String);
Const
  car      :      Array[1..12]      Of      Char      =
(#191,#218,#217,#192,#196,#179,
#187,#201,#188,#200,#205,#186);
Var
  z,i : Integer;
Begin
  Window(x1,y1,x2,y2);
  ClrScr;
  Window(1,1,80,25);
  z:=m-1;
  If (m=2) Then
    z:=6;
  For i:= x1 To x2 Do
    Begin
      LOC(i,y1,car[z+5]);
      LOC(i,y2,car[z+5])
    End;
  For i:= y1 To y2 Do
    Begin
      LOC(x1,i,car[z+6]);
      LOC(x2,i,car[z+6])
    End;
  LOC(x1,y1,car[z+2]);
  LOC(x2,y1,car[z+1]);
  LOC(x1,y2,car[z+4]);
  LOC(x2,y2,car[z+3]);
  TextColor(white);
  TextBackground(blue);
  i:=(x2-x1-Length(title)) Div 2 + x1;
  LOC(i,y1,title);
  LOC(x2-Length(tit2)-1,y2,tit2);
  If (color_inverso) Then
    INVERSO
  Else
    NORMAL;

```

```

End;

Function VIDEOADAPT:Byte;
Var
  card : Integer;
Begin
  card := meml$0040:$00B7];
  If ( card = 0 ) Then
    VIDEOADAPT := 255          (* Tarjeta EGA instalada *)
  Else
    Begin
      card := meml$0040:$0010];
      card := card And $30;
      Case card Of
        $30 : VIDEOADAPT := 0;
        $20 : VIDEOADAPT := 1;
        $10 : VIDEOADAPT := 2;
      End
    End
  End; (* Funcion *)

;
Procedure OPENWINDOW(m:marco;          x1,y1,x2,y2:Byte;
title,tit2:String);
Var
  temp : vstack;
  i,z : Integer;
  vseg : LongInt; (* Segmento de memoria para video *)
Begin
  If VIDEOADAPT=0 Then
    vseg := mono
  Else
    vseg := cga;
  New( temp );
  With temp^ Do
    Begin
      For i := $0 To $fa0 Do          (* Desde 0 a 4000 = 1 página
de video *)
        direcc[i] := memlvseg:i];
        xpos := WhereX;
        ypos := WhereY;
        esquina[1]:=Lo(windmin)+1;    (* Salvar esquinas de la
*)
        esquina[2]:=Hi(windmin)+1;    (* de la última ventana -
*)
        esquina[3]:=Lo(windmax)+1;    (* activa. Coordenadas
ab_*)
        esquina[4]:=Hi(windmax)+1;    (* solutas de la
pantalla.*)
        sig:=ventana;
      End;
      ventana:=temp;
      Window(1,1,80,25);
    End
  End;

```

```

If(m()=0)Then
  CUABRO(m,x1,y1,x2,y2,title,tit2);
If(m()=0)Then
  Window(x1+1,y1+1,x2-1,y2-1)
Else
  Window(x1,y1,x2,y2);
ClrScr;
End; (* UpenWindow *)

Procedure CLOSEWINDOW;
Var
  temp : vstack;
  i : Integer;
  vseg : LongInt;
Begin
  If(ventana = Nil)Then
    Exit;
  If(VIDEOADAP1=0)Then
    vseg:=mono
  Else
    vseg:=cga;
  Window(1,1,80,25);
  temp:=ventana;
  ventana:=temp^.sig;
  With temp^ Do
    Begin
      sig:=Nil;
      For i:= 1 to 16 Do
        memlvseg[i]:=direcc[i];
      Window( esquina[1],esquina[2],esquina[3],esquina[4]);
      GotoXY(xpos,ypos)
    End;
  Dispose(temp)
End; (* CloseWindow *)

Procedure INFORMACION(letrero,nomb_arch:String);
Var
  arch : text;
  c : Char;
  x : Byte;
  cad : String;
  bandera : Boolean;
Begin
  NORMAL;
  OPENWINDOW(1,1,1,80,24,letrero,'');
  ClrScr;
  Assign(arch,nomb_arch);
  Reset(arch);
  x:=1;
  While Not Eof(arch) Do
    Begin
      bandera:=True;

```

```

Readln(arch, cad);
Writeln(cad);
If (x=19) Then
  Begin
    GotoXY(40, 22);
    Write('Oprima una Tecla');
    While KeyPressed Do c:=ReadKey;
    c:=ReadKey;
    bandera:=False;
    x:=0;
    ClrScr;
  End;
  Inc(x);
End;
If bandera Then
  Begin
    GotoXY(40, 22);
    Write('Oprima una Tecla');
    c:=ReadKey;
  End;
Close(arch);
CLOSEWINDOW;
End;

Procedure INKEY(Var ke:cad4);
(* Este procedimiento se utiliza para capturar y codificar
las teclas
oprimidas por el usuario
ke -> Es el nombre de la tecla que se oprimio *)
Const
  kea:String[26] = 'QWERTYUIOPASDFGHJKLZXCVBNM';
Var
  sy      : String[3];
  kr      : cad4;
  c       : Char;
  x, code : Byte;
Begin
  Repeat
    ke:='ERR.';
    c:=ReadKey;
    code:=Ord(c);
    If (code <> 0) Then
      Begin
        If Not (code In [7, 8, 9, 10, 13, 27]) Then
          ke:=Chr(code);
          ke:=Chr(code);
          Case code Of
            08 : ke:='BSP';
            09 : ke:='TAB';
            13 : ke:='ENT';
            27 : ke:='ESC';
          End;
        End;

```



```

End
Else
  Begin
    c:=ReadKey;
    code:=Urd(c);
    Case code Of
      15 : kr:='STAB';
      16..25 : kr:='A'+kea[code-15];
      30..38 : kr:='A'+kea[code-19];
      44..50 : kr:='A'+kea[code-24];
      59..68 : Begin
        Str(code-58:2, sy);
        kr:='F'+sy;
        If Not (code=68)Then
          kr[2]:='0'
        End;
      71 : kr:='HOME';
      72 : kr:='CSUP';
      73 : kr:='PGUP';
      75 : kr:='CSLF';
      77 : kr:='CSR6';
      79 : kr:='END';
      80 : kr:='CSDN';
      81 : kr:='PGDN';
      82 : kr:='INS';
      83 : kr:='DEL';
      84..113 : Begin
        Str((code-83) Mod 10:2, sy);
        If (code In [93, 103, 113])Then
          sy:='10';
          Case code Of
            84..93:kr:='SF'+sy;
            94..103:kr:='CF'+sy;
            104..113:kr:='AF'+sy
          End;
          If Not (code In [93, 103, 113])Then
            kr[3]:='0'
          End;
      114 : kr:='PSCR';
      115 : kr:='CCSL';
      116 : kr:='CCSR';
      117 : kr:='CEND';
      118 : kr:='CPGD';
      119 : kr:='CHOM';
      120..128 : Begin
        Str(code-119:2, sy);
        kr:='A'+sy
      End;
      129 : kr:='A-0';
      132 : kr:='CPGU'
    End;
  End;
ke:=kr

```

```

        End;
        If (ke='F10')Then
            INFORMACION(presentacion,archivo_ayuda)
        Until (ke <>'F10');
        ke[1]:=UpCase(ke[1])
    End;

Procedure INPUT_AUX(Var sr:cad79; Var ke:cad4; len:Byte);
Var
    ch : Char;
    oo : Set Of Char;
    x_begin,y_begin,x,bufpos,xpos,ypos, size : Byte;
Begin
    While (sr[Length(sr)]=' ')Do
        Delete(sr,Length(sr),1);
    bufpos:=Length(sr);
    x_begin:=WhereX;
    y_begin:=WhereY;
    Write(sr);
    size:=WhereX;
    For x:= Length(sr)+1 To len Do
        Write(' ');
    GotoXY(size, y_begin);
    ke:='';
    Repeat
        INKEY(ke);
        size:=Length(sr);
    Until (Length(ke)=1)And (Succ(bufpos) <=len)And (WhereX+1 <=79) Then
        Begin
            ch:=ke[1];
            If (Ord(ch) In [32..255])Then
                If ((bufpos <=size)And (Succ(size) <=len))Then
                    Begin
                        Insert(ch, sr, bufpos+1);
                        Inc(bufpos);
                        GotoXY(WhereX+1,WhereY)
                    End
                Else
                    Begin
                        sr[bufpos+1]:=ch;
                        Inc(bufpos);
                        GotoXY(WhereX+1,WhereY)
                    End
            End
        End
    Else
        Begin
            If (ke='BS') And (bufpos) < 0)Then
                Begin
                    Delete(sr, bufpos, 1);
                    Dec(bufpos);
                    GotoXY(WhereX-1,WhereY)
                End
            End
        End
    End

```

```

End
Else
  If ((bufpos < size) And (ke='CSRG') And (bufpos < len)) Then
    Begin
      GotoXY(WhereX+1, WhereY);
      Inc(bufpos)
    End
  Else
    If (ke='CSLF') And (bufpos > 0) Then
      Begin
        GotoXY(WhereX-1, WhereY);
        Dec(bufpos)
      End
    Else
      If (ke='DEL') And (bufpos+1 In [1..size]) Then
        Delete(sr, bufpos+1, 1)
      Else
        If (ke='HOME') Then
          Begin
            GotoXY(x_begin, y_begin);
            bufpos:=0
          End
        Else
          If (ke='END') Then
            While ((Not (bufpos=size)) And (Not (WhereX=x_begin+len))) Do
              Begin
                GotoXY(WhereX+1, WhereY);
                Inc(bufpos)
              End
            End;
            xpos:=WhereX;
            ypos:=WhereY;
            GotoXY(x_begin, y_begin);
            For x:=1 To Length(sr) Do
              Write(sr[x]);
            For x:= Length(sr)+1 To len Do
              Write(' ');
            GotoXY(xpos, ypos);
            If ((ke='CSLF') Or (ke='CSRG') Or (ke='END')) Then ke:='';
            If ((ke='HOME') Or (ke='DEL') Or (ke='BSP') Or (ke='INS')) Then
ke:=' '
            Until (Length(ke) > 1);
          End;

Procedure S_N(var c:char);
Var
  tecla : cad4;
Begin
  Repeat
    INKEY(tecla);
    c:=UpCase(tecla[1]);

```

```

    Until ((c='S') Or (c='N'))
End;

Procedure MUEVE_CURSOR(x1,y1,x2,y2:Byte; s1,s2:String; Var
lista:editor; col_i,col_f:Integer);
Var
key : cad4;
a,ss : cad79;
q1,p : editor;
bandera : Boolean;
ren,lapiz,ci,cupo,len : Integer;
Begin
OPENWINDOW(2, x1,y1,x2,y2, s1, s2);
inicia_cupo_edicion(lista,cupo);
inicia_pantalla_edicion(lista,ren);
ren:=1;
lapiz:=1;
q1:=lista;
GotoXY(col_i, 1);
ci:=col_i;
len:=col_f-ci+1;
If (ci=col_f) Then
bandera:=False
Else
bandera:=True;
Repeat
ss:=Copy(q1^.cad,ci,col_f);
INPUT_AUX(ss, key, len);
While (Length(ss) < len) Do
ss:=ss+' ';
Delete(q1^.cad,col_i,len);
Insert(ss,q1^.cad,col_i);
If ((key='CSUP') And (lapiz < 1)) Then
csup_edicion(q1,lapiz,ren)
Else
If (((key='CSDN') Or (key='EN')) And (lapiz < cupo)) Then
csdn_edicion(q1,lapiz,ci,ren,col_i,key)
Else
If (key='PGUP') Then
pgup_edicion(q1,ren,lapiz)
Else
If ((key='PGDN') And (lapiz < cupo)) Then
pgdn_edicion(q1,ren,lapiz);
GotoXY(ci, ren);
Until (key='ESC');
CLOSEWINDOW;
End;

Procedure LEER_REAL(Var num:Real);
Var
s : String;
u : Integer;

```

```

C : cad4;
col,col1 : Byte;
Begin
s:='';
col1:=WhereX;
col:=col1;
Repeat
  GotoXY(col1,WhereY);
  Write(s);
  GotoXY(col,WhereY);
  INKEY(c);
  If((Length(c)=1) And (c[1] In ['0'..'9','.']))Then
    Begin
      s:=s+c;
      Inc(col);
    End;
  If((c='BSP') And (s<>''))Then
    Begin
      Delete(s,Length(s),1);
      Dec(col);
      GotoXY(col,WhereY);
      Write(' ');
    End;
Until(c='ENT');
Val(s,num,u);
Writeln;
End;

```

```

Procedure LEER_INTEGER(Var num:Integer);

```

```

Var
  s : String;
  u : Integer;
  c : cad4;
  col,col1 : Byte;
Begin
s:='';
col1:=WhereX;
col:=col1;
Repeat
  GotoXY(col1,WhereY);
  Write(s);
  GotoXY(col,WhereY);
  INKEY(c);
  If((Length(c)=1) And (c[1] In ['0'..'9']))Then
    Begin
      s:=s+c;
      Inc(col);
    End;
  If((c='BSP') And (s<>''))Then
    Begin
      Delete(s,Length(s),1);
      Dec(col);
    End;

```

```

        GotoXY(col,WhereY);
        Write(' ');
    End;
    Until (c='ENT');
    Val(s,num,u);
    Writeln;
End;

Procedure PAUSA(x,y:Byte; cad:String);
Var
    pau : CAD4;
Begin
    LET(2,x,y,cad);
    While KeyPressed Do
        pau:=ReadKey;
        INKEY(PAU)
    End;
End;

Procedure RANGO_DATO(Var dat_min,dat_max:Real; ini,fin:Integer;
v:arreglo);
Var
    t : Integer;
Begin
    dat_min:=v[ini];
    dat_max:=v[ini];
    For t:= ini+1 to fin Do
        Begin
            If (v[t] < dat_min) Then
                dat_min:=v[t];
            If (v[t] > dat_max) Then
                dat_max:=v[t];
        End;
    End;
End;

Procedure TRANSCCOORD(xm,ym:Real; Var xd,yd:Integer);
Begin
    xd:=Trunc(xdmin+(xm-xmmin)/(xmmax-xmmin)*(xdmax-xdmin));
    yd:=Trunc(ydmin+(ym-ydmin)/(ymmax-ymmin)*(ymmax-ym));
End;

Procedure DIBUJO(x,y,incr:Integer);
Begin
    Case incr Of
        1 : Circle(x,y,3);
        2 : Rectangle(x-2,y-2,x+2,y+2);
        3 : Begin
            Line(x,y-3,x-3,y+3);
            Line(x,y-3,x+3,y+3);
            Line(x-3,y+3,x+3,y+3)
        End;
        4 : Begin
            Line(x-3,y-3,x+3,y+3);

```

```

        Line(x+3,y-3,x-3,y+3);
        Line(x-3,y,x+3,y);
        Line(x,y-3,x,y+3)
    End
End
End;

Procedure LINEA(xd0,yd0,xd1,yd1:Real; incre:Integer);
Var
    x0,y0,x1,y1,paso : Integer;
    f1,f2,cont,i,dx,dy,color : Integer;
    xa,ya,dt : Real;
Begin
    color:=incre;
    if(incre>getmaxcolor)then
        color:=getmaxcolor;
    TRANSCoord(xd0,yd0,x0,y0);
    TRANSCoord(xd1,yd1,x1,y1);
    DIBUJO(x0,y0,incre);
    dx:=Abs(x1-x0);
    dy:=Abs(y1-y0);
    If(dx>dy)Then
        cont:=dx
    Else
        cont:=dy;
    xa:=x0;
    ya:=y0;
    If(dx>dy)Then
        dt:=1/dx
    Else
        dt:=1/dy;
    If(x1<x0)Then
        f1:=-1
    Else
        f1:=1;
    If(y1<y0)Then
        f2:=-1
    Else
        f2:=1;
    paso:=incre;
    Case incre Of
        1..5 : paso:=incre;
        6..9 : paso:=incre-5;
    End;
    cont:=cont Div paso;
    For i:=1 To cont Do
        Begin
            xa:=xa+(dt*dx*f1*paso);
            ya:=ya+(dt*dy*f2*paso);
            PutPixel(Trunc(xa),Trunc(ya),color);
            Delay(retardo_linea);
        End;
    End;
End;

```

```

    DIBUJO(x1,y1, incre);
End;

Procedure PUERTAVISION(a, b, c, d:Integer);
Begin
    xmin:=a;
    ymin:=b;
    xmax:=c;
    ymax:=d;
End;

Procedure MUNDCCOORD(a, b, c, d:Real);
Begin
    xmin:=a;
    ymin:=b;
    xmax:=c;
    ymax:=d;
End;

Procedure INICIALIZA_GRAFICOS;
Var
    x, y : Integer;
Begin
    DetectGraph(x, y);
    InitGraph(x, y, '');
    SetColor(GetMaxColor);
End;

Procedure PAUSA_GRA;
Var
    pau : Char;
    color : Byte;
Begin
    SetTextStyle(2, 0, 5);
    While KeyPressed Do
        pau:=ReadKey;
    Repeat
        If color=GetMaxColor Then
            color:=0
        Else
            color:=GetMaxColor;
        SetColor(color);
        OutTextXY(590, 160, 'Oprima');
        OutTextXY(605, 170, 'una');
        OutTextXY(590, 180, 'Tecla');
    Until KeyPressed;
    While KeyPressed Do
        pau:=ReadKey;
        SetColor(GetMaxColor);
    End;
End;

Procedure GRAFICA_DATOS(sss:String; dat_min, dat_max:Real;

```



```

v: arreglo;
                                ini, fin, incr: Integer);
Var
  w : Char;
  cad : String[5];
  t, col, ren, col1, ren1 : Integer;
Begin
  If ((dat_min=0) And (dat_max=0)) Then
    RANGO_DATO(dat_min, dat_max, ini, fin, v);
    PUERTAVISION(50, 20, GetMaxX-100, GetMaxY-40);
    MUNDOCOORD(ini-1, dat_min, fin, dat_max);
    SetTextStyle(2, 0, 4);

    TRANSCCOORD(ini-1, dat_min, col, ren);
    (* eje de las
x*)
    TRANSCCOORD(fin, dat_min, col1, ren1);
    Line(col, ren+10, col1+2, ren1+10);
    TRANSCCOORD(fin, dat_min, col, ren);
    SetTextStyle(2, 0, 5);
    OutTextXY(col+5, ren, 't');

    TRANSCCOORD(ini-1, dat_min, col, ren);
    TRANSCCOORD(ini-1, dat_max, col1, ren1);
    Line(col, ren+10, col1, ren1);
    SetTextStyle(2, 2, 4);
    For t:=ini To fin-1 Do
      Begin
        SetTextStyle(2, 2, 4);
        TRANSCCOORD(t, dat_min, col, ren);
        Str(t, cad);
        OutTextXY(col-4, ren+16, cad);
        Line(col, ren+10, col, ren+16);

        SetTextStyle(2, 0, 4);
        TRANSCCOORD(ini-1, v[t], col, ren);
        Str(v[t]:4:1, cad);
        OutTextXY(col-35, ren-5, cad);
        Line(col, ren, col-6, ren);

        LINEA(t, v[t], t+1, v[t+1], incr);
      End;
    TRANSCCOORD(fin, dat_min, col, ren);

    SetTextStyle(2, 2, 4);
    TRANSCCOORD(fin, dat_min, col, ren);
    Str(fin, cad);
    OutTextXY(col-4, ren+16, cad);
    Line(col, ren+10, col, ren+16);

    SetTextStyle(2, 0, 4);
    TRANSCCOORD(ini-1, v[fin], col, ren);
    Str(v[fin]:4:1, cad);

```

```

OutTextXY(col-35,ren-5,cad);
Line(col,ren,col-6,ren);

SetTextStyle(2,0,5);
TRANSCUORD(fin,v[ini],col,ren);
Inc(col,15);
ren:=50+(12+incr);
DIBUJO(col,ren,incr);
OutTextXY(col+10,ren-8,sss);
PAUSA_GRA;
End;

```

```

Procedure GRAFICA_V_P(p,v:arreglo; ini,fin:Integer);
Var
  dat_min1,dat_min2,dat_min : Real;
  dat_max1,dat_max2,dat_max : Real;
Begin
  RANGO_DATO(dat_min1,dat_max1,ini,fin,v);
  RANGO_DATO(dat_min2,dat_max2,ini,fin,p);
  If (dat_min1 < dat_min2) Then
    dat_min:=dat_min1
  Else
    dat_min:=dat_min2;
  If (dat_max1 > dat_max2) Then
    dat_max:=dat_max1
  Else
    dat_max:=dat_max2;
  GRAFICA_DATOS('V(t)',dat_min,dat_max,v,ini,fin,1);
  GRAFICA_DATOS('P(t)',dat_min,dat_max,p,ini,fin,2);
End;

```

```

Procedure LEE_ARCHIVO(cad:String; Var v:arreglo;
inicio,meses:Integer);
Var
  o,u:Integer;
  arch : text;
  s:String;
Begin
  Assign(arch,cad);
  Reset(arch);
  o:=1;
  While ((Not Eof(arch)) And (o < inicio)) Do
    Begin
      Readln(arch,s);
      Inc(o);
    End;
  While ((Not Eof(arch)) And (o = meses)) Do
    Begin
      Readln(arch,s);
      Val(s,v[o],u);
      Inc(o);
    End;

```

```
Close(arch);
End;
```

```
Procedure OPC_DESEAD(cads:arreglo2; opciones,col,ren:Byte; Var
opc:Byte);
```

```
Var
o : Byte;
tecla : cad4;
Begin
For o:=1 To opciones Do
LOC(col,ren+o-1,cads[o]);
If ((opc)opciones)Or (opc<1))Then
opc:=1;
Dec(ren);
Repeat
INVERSO;
LOC(col,ren+opc,cads[opc]);
NORMAL;
INKY(tecla);
If (Length(tecla)>1)Then
Begin
LOC(col,ren+opc,cads[opc]);
If (tecla='CSDN')Then
If (opc(opciones)Then
Inc(opc)
Else
opc:=1;
If (tecla='CSUP')Then
If (opc<1)Then
Dec(opc)
Else
opc:=opciones;
If (tecla='F01')Then
opc:=0;
If (tecla='F10')Then
INFORMACION(presentacion,archivo_ayuda);
End
Until ((tecla='ENT')Or (tecla='ESC')Or (opc=0));
If (tecla='ESC')Then
opc:=opciones+1
End;
```

```
Procedure LETRERO_ARCH_TECL;
```

```
Begin
CUADRO(1,3,19,50,22,' ','');
LOC(5,20,'SE LEERAN DATOS DESDE EL ');
INVERSO;
If (bandera_archivo)Then
Begin
Write('ARCHIVO');
NORMAL;
LOC(5,21,'PRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO')
```

```

End
Else
Begin
Write('TECLADU');
NORMAL;
LOC(5,21,'OPRIMA F1 PARA LEER LOS DATOS DEL ARCHIVO');
End;
End;

Procedure LECTURA_DATOS(nomb_arch:String;
inicio,final,year:Integer);
Var
t,u : Integer;
f : cad79;
edi,aux : editor;
Begin
If (bandera_archivo)Then
LEE_ARCHIVO(nomb_arch,v,inicio,final)
Else
Begin
If (year()=0)Then
Begin
GotoXY(15,4); Write('Año: ',year);
End;
edi:=Nil;
For t:=inicio To final Do
Begin
Str(t:3,f);
f:=f+' ';
inserta_editor_ultimo(edi,f)
End;
MUEVE_CURSOR(10,5,30,21,' Ventas Reales ','(ESC) Salir
',edi,5,10);
aux:=edi;
t:=inicio;
While (aux()=Nil)Do
Begin
f:=Copy(aux^.cad,5,5);
While (f[Length(f)]=' ')Do
Delete(f,Length(f),1);
Val(f,v[t],u);
aux:=aux^.sig;
Inc(t);
End;
borra_editor(edi);
End
End;

(→ ARCHIVO: CHOW.TXT (Archivo de Información) *)
INFORMACION SOBRE EL MODELO DE PRONOSTICO DE SUAVIZACION
EXPO-

```

NENCIAL SIMPLE PARA EL MODELO ADAPTIVO DE W. M. CHOW.

FASE A. GRAFICA DE LA SERIE DE TIEMPO

Se traza la serie de tiempo de los K años de datos -
históricos.

Para aplicar el modelo de suavización exponencial la -
serie de tiempo debe tener un proceso constante sin -
tendencia ni estacionalidad.

FASE B. INICIALIZACION DEL MODELO.

Se utilizan los K años de datos históricos para:

- 1.- Calcular el arrancador o componente inicial $C(0)$.
- 2.- Utilizando $C(0)$ y los $K+12$ datos históricos, suavice el modelo con todos los ponderadores exponenciales x .
- 3.- Utilizando los componentes $C(t)$ y los ponderadores x , pronostique para el mismo año k , con cada $pon-x$.
- 4.- Calcule la desviación estándar para cada ponderador x .
- 5.- Seleccione como ponderador nominal X_0 al que genere la mínima desviación estándar.

FASE C. PRONOSTICO PARA PLANEACION PARA EL AÑO M.

- 1.- Utilizando la componente constante $C(k+12)$ para la constante de suavización óptima X_0 , las ventas -

reales para el año (M) obtenga el pronóstico para planeación.

FASE D. CONTROL DEL MODELO.

Se utiliza el pronóstico y los datos reales para el -
año M.

- 1.- Conociendo la constante de suavización X_0 determine las constantes superior e inferior para el control del modelo, respectivamente.
- 2.- Utilizando la componente constante $C(k*12)$ correspondiente al ponderador nominal, las ventas reales para el año M, determine el pronóstico de control - para el ponderador superior de control.
- 3.- Utilizando el componente $C(l*12)$ correspondiente - al ponderador nominal, las ventas reales para el - año (M). Determine el pronóstico de control para el ponderador inferior de control.
- 4.- Conociendo el pronóstico de planeación para el ponderador nominal X_0 , los pronósticos de control para X_i y X_s respectivamente.
- 5.- Determine la desviación media absoluta para cada - uno de los ponderadores, es decir:

$A(x_0)$, $A(x_5)$, $A(x_1)$

6.- Ajuste el ponderador nominal x_0 .

REGRESE A LA FASE C.

MODELOS

MENU PRINCIPAL

SUAVIZACION EXP. SIMPLE
MODELO DE H O L T
MODELO DE WINTERS

<ESC> Terminar

ING. JOSE LUIS CORONEL TRUJILLO

MODELO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
P R O N O S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL TECLADO
OPRIMA F1 PARA LEER LOS DATOS DEL ARCHIVO

<F10> Información

MODELO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE

INFORMACION SOBRE EL MODELO DE PRONOSTICO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE PARA EL MODELO ADAPTIVO DE W. M. CHOW.

FASE A. GRAFICA DE LA SERIE DE TIEMPO

Se traza la serie de tiempo de los K años de datos históricos.

Para aplicar el modelo de suavización exponencial la serie de tiempo debe tener un proceso constante sin tendencia ni estacionalidad.

FASE B. INICIALIZACION DEL MODELO.

Se utilizan los K años de datos históricos para:

1.- Calcular el arrancador o componente inicial $C(0)$.

Oprima una Tecla

MODELO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE

- 2.- Utilizando $C(0)$ y los $K+12$ datos históricos, suavice el modelo con todos los ponderadores exponenciales x .
- 3.- Utilizando los componentes $C(t)$ y los ponderadores x , pronostique para el mismo año k , con cada ponderador x .
- 4.- Calcule la desviación estándar para cada ponderador x .
- 5.- Seleccione como ponderador nominal X_0 al que genere la mínima desviación estándar.

FASE C. PRONOSTICO PARA PLANEACION PARA EL AÑO M.

- 1.- Utilizando la componente constante $C(k+12)$ para la constante de suavización óptima X_0 , las ventas reales para el año (M) obtenga el pronóstico para

Oprima una Tecla

MODELO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE
planeación.

FASE D. CONTROL DEL MODELO.

Se utiliza el pronóstico y los datos reales para el -
año M.

- 1.- Conociendo la constante de suavización X_0 determine las constantes superior e inferior para el control del modelo, respectivamente.
- 2.- Utilizando la componente constante $C(k \cdot 12)$ correspondiente al ponderador nominal, las ventas reales para el año M, determine el pronóstico de control - para el ponderador superior de control.
- 3.- Utilizando el componente $C(1 \cdot 12)$ correspondiente - al ponderador nominal, las ventas reales para el -

Oprima una Tecla

MODELO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE
año (M). Determine el pronóstico de control para
el ponderador inferior de control.

- 4.- Conociendo el pronóstico de planeación para el ponderador nominal X_0 , los pronósticos de control para X_i y X_s respectivamente.
- 5.- Determine la desviación media absoluta para cada uno de los ponderadores, es decir:

$$A(X_0) , A(X_s) , A(X_i)$$

- 6.- Ajuste el ponderador nominal X_0 .

REGRESE A LA FASE C.

Oprima una Tecla

MODELO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
P R O N O S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL TECLADO
OPRIMA F1 PARA LEER LOS DATOS DEL ARCHIVO

<F10> Información

GRAFICA Y ANALISIS DE LA SERIE DE TIEMPO

Cuantos años deseas graficar:4

Cuantos periodos tiene cada año:12

<F10> Información

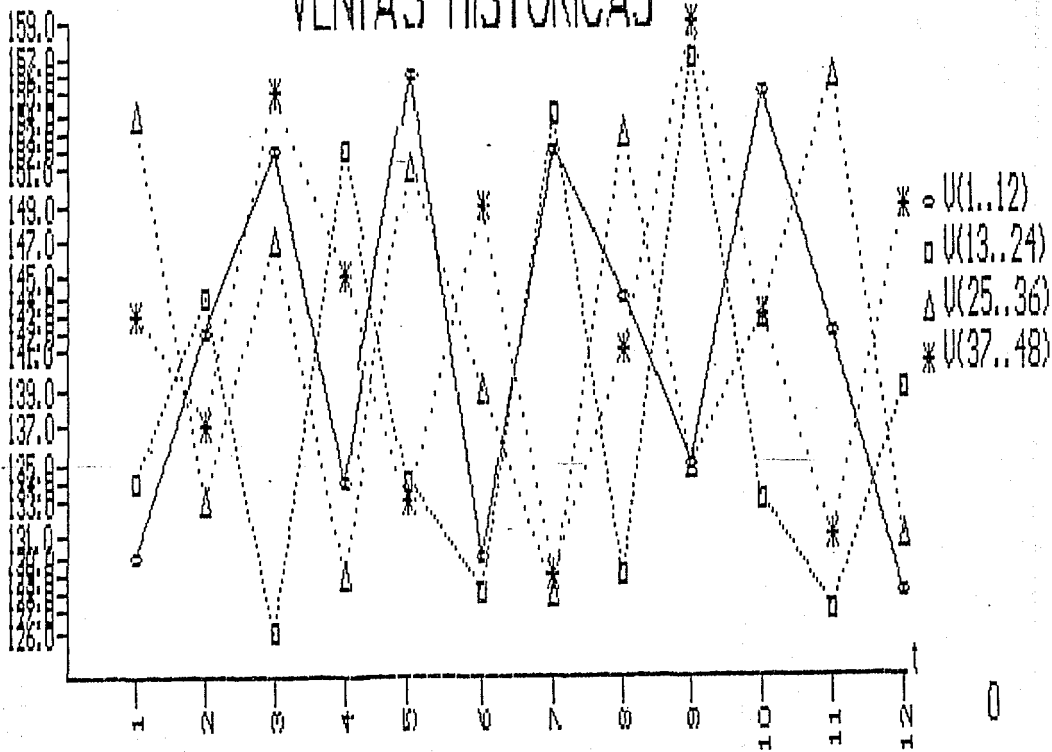
VENTAS HISTORICAS

MES	t	V(t)	t	V(t)	t	V(t)	t	V(t)
E	1	130.0	13	134.0	25	154.0	37	143.0
F	2	142.0	14	144.0	26	133.0	38	137.0
M	3	152.0	15	126.0	27	147.0	39	155.0
A	4	134.0	16	152.0	28	129.0	40	145.0
M	5	156.0	17	134.0	29	151.0	41	133.0
J	6	130.0	18	128.0	30	139.0	42	149.0
J	7	152.0	19	154.0	31	128.0	43	129.0
A	8	144.0	20	129.0	32	153.0	44	141.0
S	9	135.0	21	157.0	33	135.0	45	159.0
O	10	155.0	22	133.0	34	143.0	46	143.0
N	11	142.0	23	127.0	35	156.0	47	131.0
D	12	128.0	24	139.0	36	131.0	48	149.0

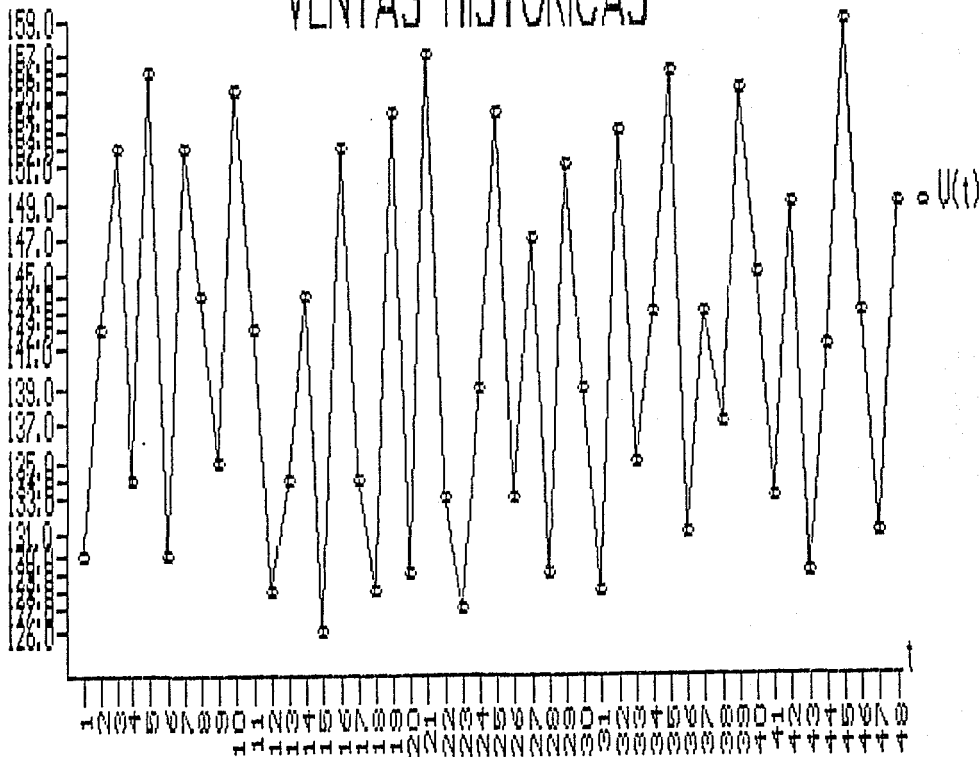
Oprima una Tecla

<F10> Información

VENTAS HISTORICAS



VENTAS HISTORICAS



— GRAFICA Y ANALISIS DE LA SERIE DE TIEMPO —

La serie de Tiempo tiene un comportamiento Constante ? [S/N]:

<F10> Información

MODELO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
P R O N O S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL ARCHIVO
OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO

<F10> Información

INICIALIZACION

Desea Leer Datos (S/N)

Arrancador C(0)=

141.0417

Incremento del Ponderador X:0.1

<F10> Información

INICIALIZACION

Ponderador X	Dev.	Estandar
0.100	10.	5876
0.200	11.	6853
0.300	11.	6344
0.400	11.	6333
0.500	12.	6343
0.600	13.	647
0.700	14.	3705
0.800	15.	2226
0.900	16.	1637

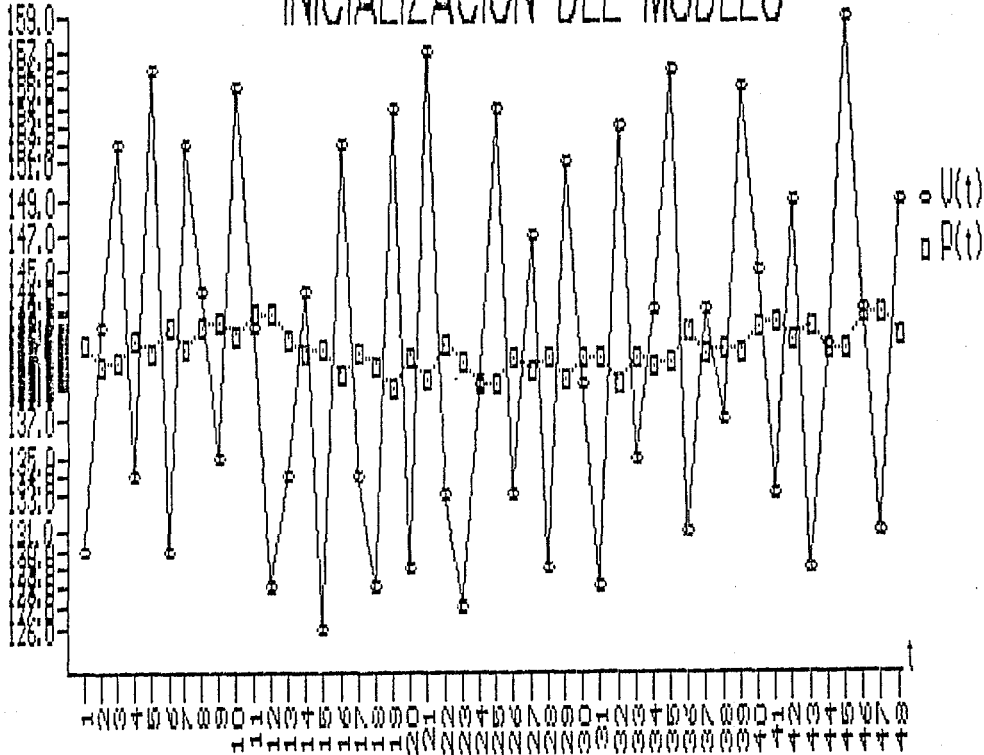
Oprima una Tecla

Componente Constante Suavizado C(48)=142.2642
Ponderador Nominal Xmin=0.1000

Oprima una Tecla para Graficar los Pronósticos

<F10> Información

INICIALIZACION DEL MODELO



P R O N O S T I C O

Deseas Inicializar el Modelo (S/N) :

Cuantos periodos desea pronosticar:12

<F10> Información

PRONOSTICO
PRONOSTICO PARA PLANEACION

Introduce las Ventas			
p(0)	=	140.1378	Venta del periodo 50:130
p(1)	=	136.1240	Venta del periodo 51:132
p(2)	=	138.4116	Venta del periodo 52:139
p(3)	=	138.4704	Venta del periodo 53:122
p(4)	=	136.8234	Venta del periodo 54:125
p(5)	=	135.6411	Venta del periodo 55:140
p(6)	=	136.8770	Venta del periodo 56:126
p(7)	=	136.0633	Venta del periodo 57:124
p(8)	=	134.8623	Venta del periodo 58:126
p(9)	=	134.9761	Venta del periodo 59:123
p(60)	=	133.7785	Venta del periodo 60:134

<F10> Información

P R O N O S T I C O

PRONOSTICO PARA PLANEACION

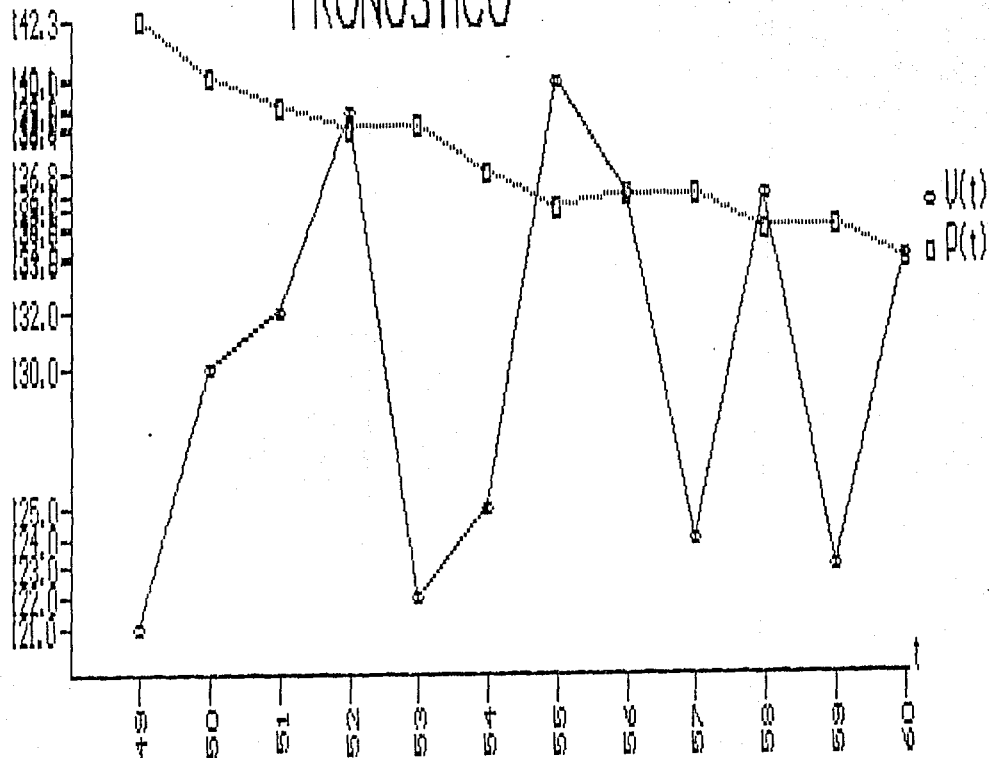
Periodo	Pronóstico	Ventas
49	142.2642	121.0000
50	140.1378	130.0000
51	139.1240	132.0000
52	138.4116	139.0000
53	136.4702	122.0000
54	136.8234	125.0000
55	135.6411	140.0000
56	136.0770	136.0000
57	136.0693	124.0000
58	134.8623	136.0000
59	134.9761	123.0000
60	133.7785	134.0000

Componente Constante C(60)= 133.8006

Oprime una Tecla

<F10> Información

PRONOSTICO



una
Tela

MODELO DE SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
P R O N O S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL ARCHIVO
OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO

<F10> Información

AJUSTE DEL PONDERADOR NOMINAL

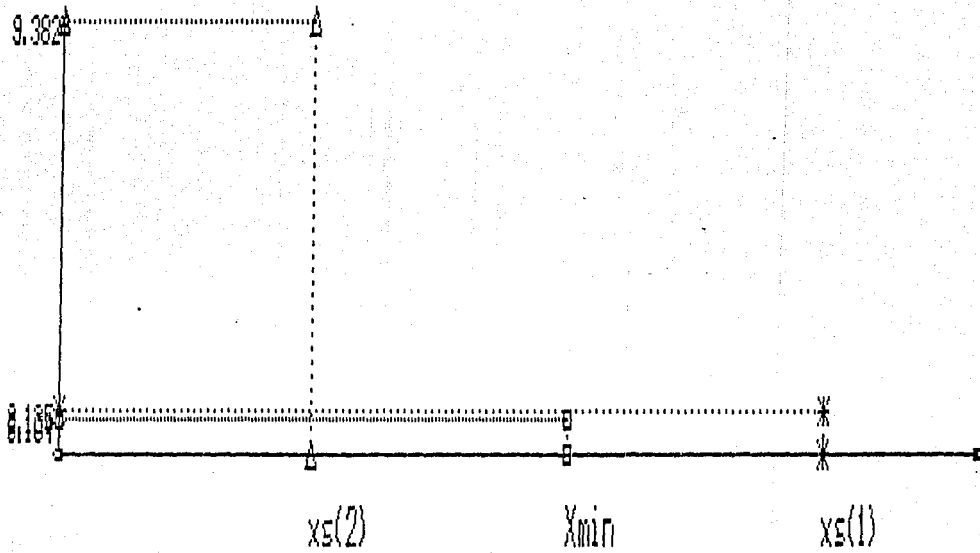
Desviaciones medias absolutas

Ponderador Nominal,	$X_{min}=0.100$	$SOS=8.1041$
Ponderador Superior,	$Xs(1)=0.150$	$SOS1=8.1354$
Ponderador Inferior,	$Xs(2)=0.050$	$SOS2=9.3824$

Oprime una Tecla para Graficar Estos Datos

<F10> Información

CONTROL



10/12

AJUSTE DEL PONDERADOR NOMINAL

No se realiza ningun Ajuste al Ponderador Nominal $X_{min}=0.1000$
Lo que significa que la serie de tiempo generada por el modelo
sigue representando a la serie de tiempo real y por lo tanto
esta dentro de los limites de control

Oprima una Tecla para Regresar al Menú

<F10> Información

C A P I T U L O 3 .

MODELO DE PRONOSTICO

DE HOLT.

CAPITULO 3. MODELO DE PRONOSTICO DE HOLT.

3.1. - DESCRIPCION DEL MODELO DE HOLT.

El concepto de suavización exponencial puede ser extendido a ciertos casos de donde la venta del proceso cambia con el tiempo. Uno de esos casos, en donde el promedio de la venta cambia linealmente con el tiempo está representado mediante el siguiente modelo:

$$V(t) = a + bt + \epsilon t \quad \text{----- Ec. 40}$$

donde la venta esperada en el tiempo es una función lineal de t

$$E [V(t) / t] = a + bt$$

donde

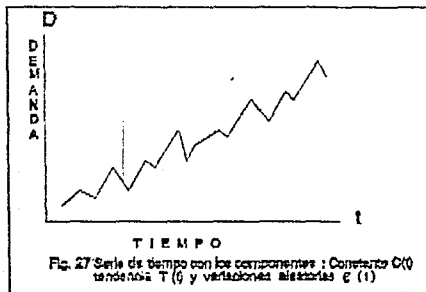
$V(t)$ es la venta en el periodo t .

a es la venta dada por el componente constante de la serie de tiempo,

b es el incremento promedio por periodo de la venta de la serie de tiempo dado por el componente de tendencia t periodo de tiempo

$\epsilon(t)$ componente aleatorio, que tiene media cero y variancia constante en el tiempo $E [\epsilon(t)] = 0$ y,

$$\text{VAR} [\epsilon(t)] = \sigma_{\epsilon}^2$$



Si aplicamos el método de suavización exponencial simple a las observaciones del proceso lineal representado por el modelo 40 obtendríamos al final del periodo T

$$S(T) = z V(t) + (1-z) S(T-1)$$

$S(t)$ es el estadístico o estimador de la venta,
 z es la constante de suavización o ponderador suavizador
 Por la ecuación 38 :

$$C(t) = x \sum_{n=0}^{L-1} [\{ (1-x)^n V(L-n) \} + \{ (1-x)^L C(0) \}]$$

se obtiene :

$$S(t) = z \sum_{n=0}^{T-1} [\{ (1-z)^n V(T-n) \} + (1-z)^T S_0]$$

sacando la esperanza del promedio.

$$\begin{aligned} E[S(T)] &= z \sum_{n=0}^{T-1} \{ (1-z)^n E[V(T-n) + (1-z)^T S_0] \} \\ &= z \sum_{n=0}^{T-1} \{ (1-z)^n [a + b(T-n)] + (1-z)^T S_0 \} \end{aligned}$$

Cuando $T \rightarrow \infty$, $(1-z)^T = 0$, y tenemos

$$\begin{aligned} E[S(T)] &= (a+b(T)) z \sum_{n=0}^{\infty} (1-z)^n + b z \sum_{n=0}^{\infty} n (1-z)^n \\ &= a + b(T) + \frac{(1-z)}{z} b \end{aligned}$$

$$E[S(T)] = a + b(T) + \frac{(1-z)}{z} b$$

Ec. 41

$$E[S(T)] = E[V(t)] + \frac{(1-z)}{z} b$$

En donde $(1-z) / z$ es un factor de corrección de la tendencia, debido al retraso del estadístico respecto a la verdadera señal.

Haciendo algunas operaciones con la Ec. 41.

$$\begin{aligned} E [s(t)] &= a + b T + (1-z)/z \ b \\ &= a + [T + (1-z)] \ b \\ &= a + [T + 1/z - z/z] \ b \end{aligned}$$

$$E [S(t)] = a + [1/z + T - 1] \ b$$

Si C(T) es el estadístico o estimador de a

Si T(T) es el estadístico o estimador de b

Si S(T) es el estadístico o estimador de V(T)

$$V (t) = C (t) + [1/z + T - 1] T(T) \quad \text{----- Ec. 42}$$

Y si deseamos obtener el pronóstico para el periodo T+j resulta:

$$P(T+j) = E [V(T+j)] = C(T) + [1/z + j - 1] T(T)$$

$$P(T+j) = C(T) + [1/z + j - 1] T(T) \quad \text{----- Ec. 43}$$

Que es el modelo matemático de pronóstico para cualquier periodo.

Un análisis parecido al anterior y que nos lleva al mismo resultado es el siguiente:

En este caso la serie de tiempo está formada por tres elementos o componentes:

- el componente constante C(t)
- el componente de tendencia T(t)
- el componente aleatorio $\epsilon (t)$

COMPONENTE CONSTANTE C(t)

Su valor viene dado por la expresión (30)

$$C(t) = x V (t) + (1-x) C(t-1)$$

donde: x es la constante de suavización o ponderador suavizador
 $0 \leq x \leq 1$

COMPONENTE DE TENDENCIA T(t)

La tendencia aparente de un periodo a otro es la diferencia entre el componente de dos periodos consecutivos, es decir:
 $[C(t) - C(t-1)]$

Pero esta diferencia esta sujeta a variaciones aleatorias, las - cuales deberán ser ponderadas exponencialmente, de ahí que la - tendencia viene dada por la siguiente expresión:

$$T(t) = z [C(t) - C(t-1)] + (1-z) T(t-1)$$

En donde:

$$T(t-1) = z [C(t-1) - C(t-2)] + (1-z) T(t-2)$$

Y así sucesivamente.

z es la constante de suavización o ponderador suavizador $0 \leq z \leq 1$.
VENTA ESPERADA PARA LOS PERIODOS t + j.

La venta esperada para el periodo t, se expresa por $E [V(t)]$. - la diferencia entre $E [V(t)]$ y $V(t)$ es el componente de variaciones aleatorias, el cual no es posible pronosticar.

Así pues:

$$E [V(t)] = C(t) + \frac{1-z}{z} T(t)$$

En donde el factor $(1-z) / z$ es una corrección por el retraso - en la tendencia debido a un incremento o decremento brusco de la venta.

Observe que $E [V(t)]$, es la venta esperada para el periodo actual y que en el periodo actual ya es conocida la venta.

Para pronosticar la venta para un periodo mas allá de t, es necesario agregar a $E [V(t)]$ el incremento por tendencia más reciente " T (t) ", de ahí que:

$$P (t+1) = E [V(t)] + T(t) = C(t) + \frac{1-z}{z} T(t) + T(t)$$

En donde:

$$P (t+1) = C(t) + \frac{1}{z} T(t) - \frac{z}{z} T(t) + T(t).$$

Resulta:

$$P(t+1) = C(t) + \frac{1}{z} T(t).$$

Y, si en general queremos pronosticar para j periodos futuros, - La ecuación de pronóstico nos queda de la siguiente forma:

$$P (t+j) = E [V(t)] + j T (t) J.$$

En donde:

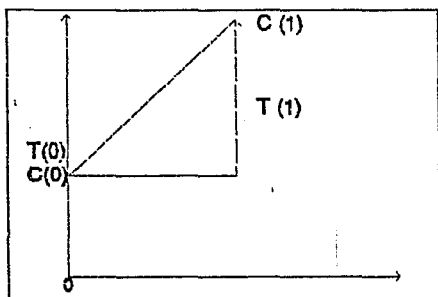
$$P(t+j) = C(t) + \frac{1-z}{z} T(t) + jT(t)$$

$$P(t+j) = C(t) + \frac{1}{z} T(t) - \frac{z}{z} T(t) + jT(t).$$

En donde, finalmente resulta:

$$P(t+j) = C(t) + [1/z + j - 1] T(t)$$

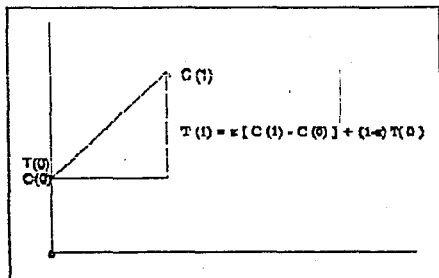
Que es el mismo modelo obtenido en la expresión 43. Como complemento al análisis anterior, considere la siguiente explicación:



El proceso de suavización para el componente de tendencia $T(t)$ empieza con un arrancador o componente inicial $T(0)$, en algún momento cronológico $t=0$ como se ve en la figura - 28.

La tendencia aparente de un período t , a un período $t+1$ es la diferencia entre los componentes de dos períodos consecutivos, es decir:

$$T(1) = [C(1) - C(0)]$$



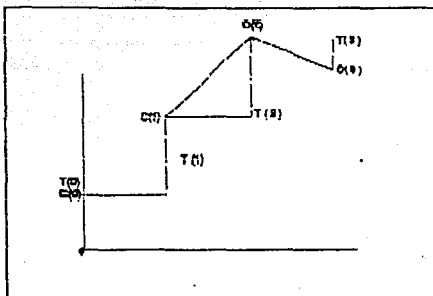
Pero como la diferencia anterior esta sujeta a variaciones aleatorias, deberemos ponderar tanto la diferencia actual como la tendencia anterior así:

$$T(1) = z[C(1) - C(0)] + (1-z)T(0)$$

De esta manera obtenemos el componente de tendencia actual, el cual es más significativo y representativo, de la realidad para el período $t+1$.

Fig. 28 Suavización del componente de tendencia.

Para el período $t=2$, el componente de tendencia - ponderador es:



$$T(2) = z[C(2) - C(1)] + (1-z)T(1)$$

Para el periodo $t=3$, el componente es:

$$T(3) = z[C(3) - C(2)] + (1-z)T(2)$$

Y así sucesivamente.

$$T(t) = z [C(t) - C(t-1)] + (1-z)T(t-1)$$

Mediante este proceso y utilizando varios valores de ponderadores z , suavizamos el modelo y se obtiene un valor de componente de tendencia $T(t)$ que con la ayuda del componente constante suavizado $C(t)$, genera matemáticamente el modelo que mejor se ajusta a la situación real.

CRITERIO PARA SELECCIONAR LA COMBINACION NOMINAL O CENTRAL DE CONSTANTES DE SUAVIACION O PONDERADORES SUAVIZADORES (X_0 , z_0)

Para una serie de tiempo con proceso con tendencia lineal, se necesitan dos constantes de suavización. Una constante de suavización para el componente constante $C(t)$ y otra para el componente de tendencia $T(t)$.

El método utilizado para seleccionar la combinación nominal o central, (X_0 , z_0) de ponderadores de suavización, es el llamado "método de búsqueda", que consiste en utilizar varias combinaciones de ponderadores, hasta obtener la pareja o combinación x , z , que genere la menor desviación estándar del error del pronóstico, esta combinación es la llamada, combinación nominal o central.

El conjunto de combinaciones de constantes de suavización viene dado por la siguiente tabla:

x	z				
0.1	0.1	0.2	0.3	...	1.0
0.2	0.1	0.2	0.3	...	1.0
.
.
1.0	0.1	0.2	0.3	...	1.0

La desviación estándar del error del pronóstico se determina mediante la siguiente fórmula.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n [V(t) - P(t)]^2}{n-1}}$$

Combinación nominal o central de constantes de suavización = a la combinación de constantes de suavización que minimice el valor de la desviación estándar de los errores del pronóstico.

Cuando el modelo matemático de pronóstico se utiliza por primera vez, se recomienda emplear el método de correlación y regresión para determinar los componentes constantes y tendencia inicial C_0 , T_0 respectivamente:

$$P(t) = C_0 + T_0(t)$$

$$C_0 = \frac{\left(\sum_{t=1}^n t^2 \right) \left(\sum_{t=1}^n V(t) \right) - \left(\sum_{t=1}^n t \right) \left(\sum_{t=1}^n [t V(t)] \right)}{\left(n \sum_{t=1}^n t^2 \right) - \left(\sum_{t=1}^n t \right)^2}$$

$$T_0 = \frac{n \left(\sum_{t=1}^n [t V(t)] \right) - \left(\sum_{t=1}^n t \right) \left(\sum_{t=1}^n D(t) \right)}{\left(n \sum_{t=1}^n t^2 \right) - \left(\sum_{t=1}^n t \right)^2}$$

Un gran número de procedimientos han sido desarrollados para mantener bajo control a la pareja o combinación nominal y cambiar una o las constantes de suavización de la misma. Estos procedimientos han sido llamados procedimientos de control adaptivo.

3.2.- DESCRIPCION DEL MODELO DE ROBERT Y REED PARA DOS PONDERADORES.

PROCEDIMIENTO QUE SEGUIREMOS EN LA APLICACION DEL MODELO.

- A) Se explicara la forma en que se diseñan los limites de control.
 B) Se mostrara la forma en que se realiza la revisión y control del modelo.

A) DISEÑO DE LOS LIMITES DE CONTROL.

- 1.- Una vez conocida la combinación nominal o central, x_0 , z_0 . Se determinan las combinaciones inferior y superior aplicando - las siguientes relaciones.

$$\begin{aligned} x_1 &= x_0 - d & x_4 &= x_0 + d \\ z_1 &= z_0 - d & z_4 &= z_0 + d \end{aligned}$$

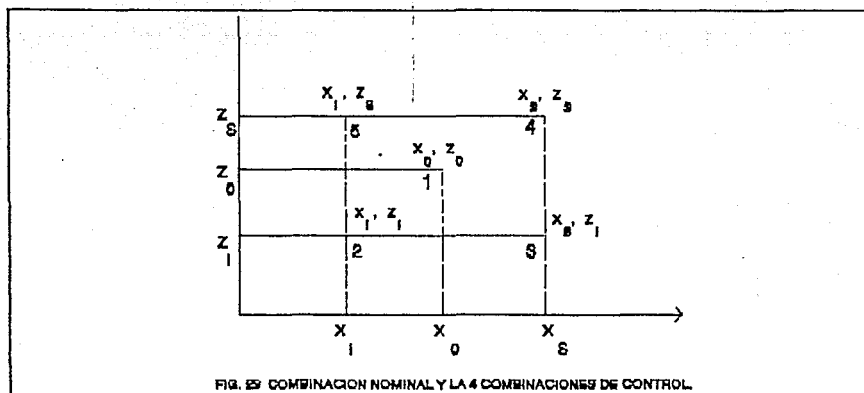
En donde d , es una constante cuyo valor es de 0.05.

Las combinaciones x_1 , z_1 y x_4 , z_4 Nos determinan los límites inferior y superior entre los que variara la combinación nominal o central x_0 , z_0 .

- 2.- Combinando las parejas x_1 , z_1 y x_4 , z_4 se obtienen las 2^a combinaciones de control. En este caso, $F=2$, que son los ponderadores que se desean controlar. Las 4 combinaciones resultantes, más la nominal, serán las 5 combinaciones que nos servirán para diseñar los límites de control.

1	x_0	z_0
2	x_1	z_1
3	x_4	z_4
4	x_0	z_0
5	x_0	z_0

Si a estas 5 combinaciones las situamos en un sistema de ejes ellas quedarán graficadas de la siguiente forma: fig 29.



En la fig. 29 se puede observar que el ponderador para el componente constante x_i varía entre el segmento inferior 2,5 y el segmento superior 3,4.

El ponderador para el componente de tendencia z , varía entre el segmento inferior 2,3 y el segmento superior 5,4.

- 3.- Suavización de las 5 combinaciones ($2^2 + 1$), utilizando las ventas históricas del penúltimo año.
- 4.- Tabulación de los resultados anteriores y realización del pronóstico (para fines de control) para el último año de ventas históricas y_t , determinación de los errores al cuadrado generados por cada una de las 5 combinaciones.

$$e^2(i, j) = [V(j) - P(j)]^2$$

i = combinación de control.

j = período para el que se calcula el error.

- 5.- A continuación se determina el rango para cada una de las combinaciones i .

$$R = e^2(i, j) \text{ máximo} - e^2(i, j) \text{ mínimo.}$$

error al cuadrado máximo - error al cuadrado mínimo.

- 6.- Una vez calculamos todos los rangos correspondientes a las 5 combinaciones, se determina el rango promedio.

$$R = \sum_{k=1}^5 \frac{R_k}{5}$$

7.- Determinación de la desviación estándar s .

En la siguiente tabla de rangos promedios se busca el valor de la constante d_2 , constante que relaciona al rango promedio con la desviación estándar s , y que nos sirve par obtener el valor de s ,

$$d = \frac{\bar{R}}{s} \quad \text{de donde,} \quad s = \frac{\bar{R}}{d}$$

n	d_2	n	d_2	n	d_2	n	d_2	n	d_2
2	1.128	6	2.534	11	3.173	16	3.532	21	3.778
3	1.693	7	2.704	12	3.258	17	3.588	22	3.819
4	2.059	8	2.847	13	3.336	18	3.640	23	3.858
5	2.326	9	2.970	14	3.407	19	3.689	24	3.895
		10	3.078	15	3.472	20	3.735	25	3.931

8.- Diseño de los límites de control.

los límites inferior y superior para controlar el pronóstico viene dados por las siguientes relaciones.

$$LSC. = + Z_c \sqrt{\frac{1}{2n}} s \quad LIC. = - Z_c \sqrt{\frac{1}{2n}} s$$

En donde:

NIVEL DE	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
CONFIANZA	99.7	99	98	96	95.4	95	90	80	68.2	50
Z_c	3.00	2.5	2.3	2.0	2.00	1.9	1.6	1.2	1.00	.67

el 3 representa el nivel de 99.7 % de confianza.

n = grupo de datos (numero de combinaciones) con los que se determino la desviación estándar s .

$$\sqrt{\frac{1}{2n}} s,$$

El producto anterior, es igual a la desviación - std. de la distribución muestral de desviación - estándar y se utiliza para establecer los límites límites de control.

B) REVISIÓN DEL PRONÓSTICO Y AJUSTE DE LOS PONDERADORES x_0 , z_0 .

Después de haber diseñado los límites de control, suavizamos - las 5 combinaciones (la nominal x_0 , z_0 y las 4 de control), - utilizando el último año de ventas históricas.

El pronóstico generado para los $t+j$ periodos, a partir de los componentes obtenidos al suavizar la combinación nominal x_0 , - z_0 será utilizado para planear y programar las actividades - administrativas de la empresa.

Los pronósticos generados a partir de los componentes obtenidos al suavizar las 4 combinaciones restantes serán utilizados para controlar el pronóstico generado por la combinación x_0 , z_0 .

La revisión y control del pronóstico, se realiza de la siguiente manera:

- 1.- Se calcula el promedio de los errores al cuadrado para cada combinación k .

$$E_k^{-2} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^5 e^2(k, j)$$

En donde:

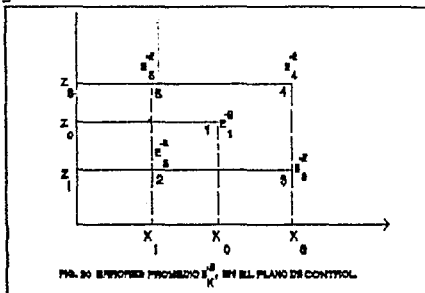
n es el numero de periodos para los cuales se hace la revisión.

- 2.- Con los promedios anteriores \bar{E}_k^2 , determinar los efectos o errores esperados para cada ponderador.

$$E(x) = \frac{1}{2} \left(\bar{E}_3^2 + \bar{E}_4^2 - \bar{E}_2^2 - \bar{E}_5^2 \right).$$

$$E(z) = \frac{1}{2} \left(\bar{E}_5^2 + \bar{E}_4^2 - \bar{E}_2^2 - \bar{E}_3^2 \right).$$

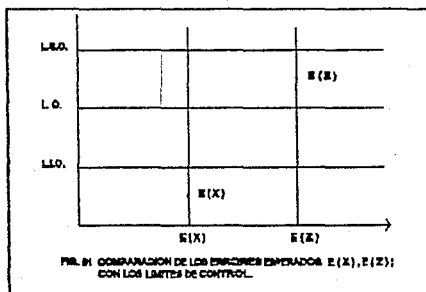
Las ecuaciones anteriores se pueden deducir fácilmente de la siguiente fig.



- 3.- Una vez calculados los errores esperados $E(x)$ y $E(z)$, los comparamos con los límites diseñados para saber si están dentro o fuera de control.
- 4.- El siguiente paso es ajustar los ponderadores en caso de que alguno de los errores esperados este fuera de control para ilustrar esta técnica, supongamos que $x_0 = 0.1$ y $z_0 = 0.2$. Y que, $E(x)$ es menor que el límite inferior de control en el periodo $t + 1$ es decir:

$$E(x) < -3 \sqrt{\frac{1}{2n}} s$$

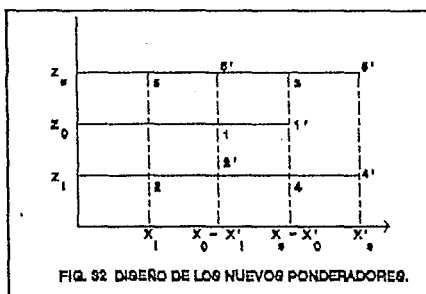
Lo cual se muestra en la fig. 31



El hecho de que $E(x)$ sea menor que el L.I.C. indica que -

$\bar{E}_2^2 + \bar{E}_5^2$ es considerablemente mayor que $\bar{E}_3^2 + \bar{E}_4^2$, (ver fi-

gura 31). Por lo tanto, se debe trasladar el diseño a la derecha, adoptando x_0 el valor superior x_1 como el nuevo valor central y dejando el valor de z_0 exactamente bajo control. En la fig. 32 se muestra el diseño para el periodo $t+2$ representado - por (1').



Antes de efectuar la revisión, los ponderadores eran:

$$x_i = 0.05, x_0 = 0.1, x_s = 0.15; \quad z_i = 0.15, z_0 = 0.2, z_s = 0.25$$

después de la revisión y habiendo hecho el ajuste de ----

$$x_0 = x_s = 0.15, \text{ los ponderadores son:}$$

$$x_i = 0.1, x_0 = 0.15, x_s = 0.20; \quad z_i = 0.15, z_0 = 0.2, z_s = 0.25$$

**3.3. - APLICACION DEL MODELO DE PRONOSTICO DE HULT,
CONTROLADO POR EL MODELO ADAPTIVO DE ROBERT Y REED,
PARA PRONOSTICAR Y CONTROLAR LAS VENTAS
DE UNA SERIE DE TIEMPO CON PROCESO DE TENDENCIA.
CON PROCESO DE TENDENCIA**

Las ventas de la empresa Mycom de México, que fabrica compresores para la industria de la refrigeración, siguen un proceso con tendencia. La empresa desea conocer el pronóstico de las ventas de sus compresores para el año 1991, con el fin de realizar sus planes y programas de todas sus operaciones.

En la tabla 2 se encuentran las ventas de sus compresores vendidos durante los últimos 4 años de 1987, 1988, 1989 y 1990.

DEMANDA HISTORICA

MES	1987		1988		1989		1990	
	t	V(t)	t	V(t)	t	V(t)	t	V(t)
J	1	120	13	130	25	190	37	202
F	2	130	14	160	26	170	38	184
M	3	115	15	145	27	150	39	147
A	4	135	16	127	28	183	40	205
M	5	125	17	175	29	160	41	172
J	6	150	18	150	30	137	42	155
J	7	120	19	135	31	180	43	197
A	8	140	20	170	32	204	44	166
S	9	127	21	132	33	150	45	200
O	10	147	22	182	34	198	46	182
N	11	122	23	163	35	190	47	207
D	12	145	24	140	36	160	48	200

Tabla 2. ventas de los últimos 4 años de la empresa " albamex "

En la figura 33 se muestra la serie de tiempo que siguen los datos históricos dados en la tabla 2.

Obsérvese el proceso de tendencia de la serie.

METODOLOGIA DISEÑADA PARA APLICAR EL MODELO DE PRONOSTICO DE HOLT, CONTROLADO POR EL MODELO DE ROBERT Y REED, PARA DOS PONDERADORES.

A continuación se describen los pasos mas relevantes de cada fase de la metodología que fue diseñada para aplicar el modelo a un caso real. Los parametro mas importante son los años de datos históricos para suavizar el modelo, diseñar los límites de control y para controlar el modelo, representados por K , L , M respectivamente. Estos pueden tomar cualesquier valor.

FASE A. ANALISIS Y GRAFICA DE LA SERIE DE TIEMPO

Se traza la serie de tiempo de los $(K + L + M)$ años de datos históricos.

Para aplicar el modelo de Holt, la serie de tiempo debe tener un proceso con tendencia.

FASE B. INICIALIZACION DEL MODELO.

Se utilizan los K años de datos históricos.

- 1.- Se calculan los arrancadores $C(0)$, $T(0)$ del modelo.
- 2.- Suavice todas las combinaciones (x, z) , utilizando los componentes $C(0)$ y $T(0)$.
- 3.- Con los componentes $C(k*np)$ y $T(k*np)$ obtenidos al suavizar cada combinación (x, z) pronostique para el año L de datos históricos.

Se utilizan los L años de datos históricos.

- 4.- Determine la desviación estándar del error del pronóstico para cada combinación (x, z) .
- 5.- Seleccione como combinación nominal (X_0, Z_0) aquella que tenga la minima desviación estándar.

FASE C. DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL.

- 1.- Apartir de la combinación nominal (X_0, Z_0) obtener las combinaciones de control superior e inferior (X_s, Z_s) , (X_i, Z_i) respectivamente.
- 2.- Obtener las 4 combinaciones de control.

Se utilizan los datos históricos del año L .

- 3.- Suavice la combinación nominal (X_0, Z_0) y las 4 de control utilizando los ($L * np$) datos históricos y los componentes $C(k * np)$ y $T(k * np)$ para la combinación nominal (X_0, Z_0).
- 4.- Con los componentes $C [(k+1) * np]$ y $T [(k+1) * np]$ pronostique para el año M de datos históricos.
Se utilizan los datos históricos del año M.
- 5.- Determine los errores al cuadrado para cada combinación y período j.
- 6.- Determine el rango de errores al cuadrado para cada una de las 5 combinaciones.
- 7.- Calcule el rango promedio de todos los rangos.
- 8.- Determine la desviación estándar del error, por el método de rango promedio.
- 9.- Obtenga los límites de control inferior y superior para un nivel de confianza determinado.

FASE D. PRONOSTICO PARA PLANEACION.

Se utilizan los años M de datos históricos.

- 1.- Con los componentes $C [(k+L) * np]$ y los $T [(k+L) * np]$ para la combinación nominal (X_0, Z_0) suavizar la combinación nominal utilizando los datos históricos del año M.
- 2.- Con los componentes $C [(k+L+M) * np]$ y los $T [(k+L+M) * np]$ genere el pronostico para la planeación de operaciones de la empresa.

FASE E. CONTROL DEL MODELO.

Se utiliza el año M de datos históricos.

- 1.- Con los componentes $C [(k+L) * np]$ y los $T [(k+L) * np]$ para la combinación nominal (X_0, Z_0), suavice las 4 combinaciones de control utilizando los $M * np$ datos históricos del año M.
- 2.- Con los componentes $C [(k+L+M) * np]$ y los $T [(k+L+M) * np]$ para cada combinación de control, genere los pronósticos para control para el año real $M+1$.

A continuación se utilizan los datos reales del año M+1:

3.- Utilizando los datos reales del año M+1 y los pronósticos para control generados para el año M+1, determine los errores al cuadrado para cada combinación de control y periodos j.

4.- Determine los promedios de errores al cuadrado para cada combinación de control.

$$E^2 (i)$$

5.- Calcular los errores esperados para cada ponderador.

$$E (x) , E (z)$$

6.- Compare los errores esperados $E(x)$, $E(z)$ con los límites de control superior e inferior.

7.- Ajuste la combinación nominal (X_0 , Z_0) si es necesario.

REGRESE A LA FASE D.

DESARROLLO DE LA METODOLOGIA PARA APLICAR

EL MODELO DE PRONOSTICO DE HOLT, CONTROLADO POR EL MODELO

DE ROBERT Y REED.

PARA DOS PONDERADORES

FASE " A " ANALISIS Y GRAFICA DE LA SERIE DE TIEMPO.

Se traza la gráfica de los $k + L + M$ años de demanda histórica: 1987, 1988, 1989, 1990

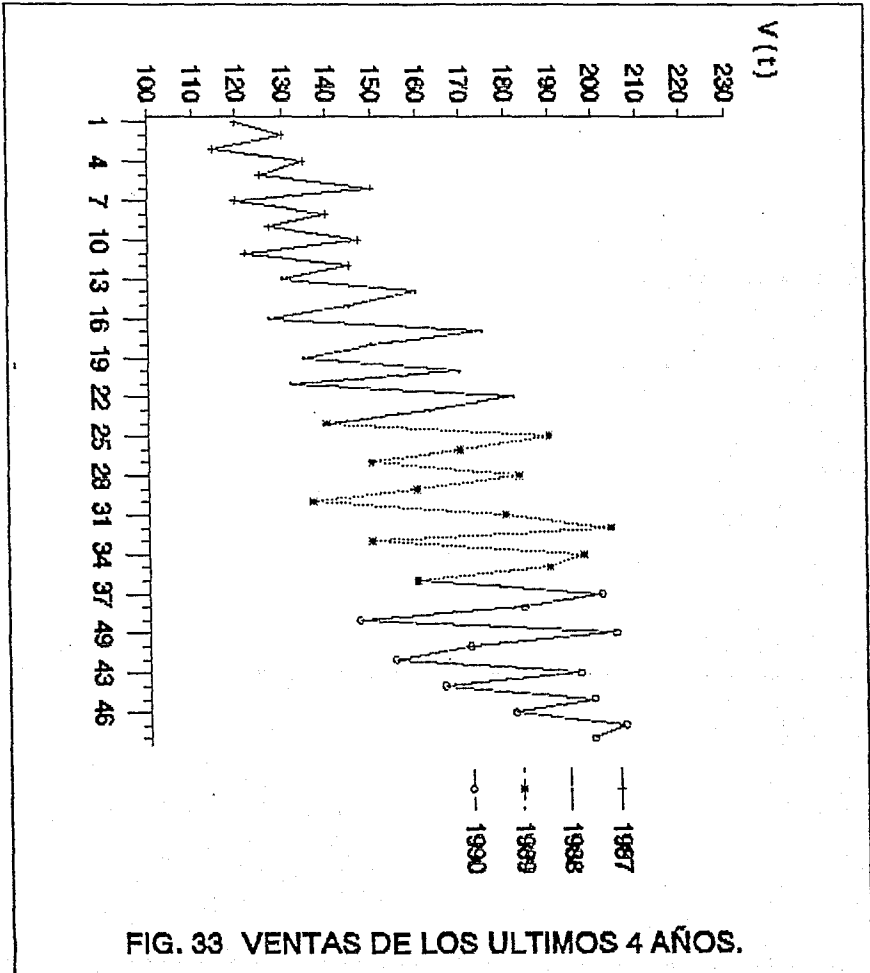


FIG. 33 VENTAS DE LOS ULTIMOS 4 AÑOS.

Se recomienda además, del método tradicional para construir la serie de tiempo, trazar otra en la cual, las ventas de los diferentes años se encuentren sobrepuestas. La ventaja de esto, es - que fácilmente se observa la tendencia que tienen.

Obsérvese que la serie de tiempo tiene un proceso con tendencia y variaciones aleatorias $\epsilon(t)$.

$$V(t) = a + b(t) + \epsilon(t).$$

El modelo matemático para pronosticar esta serie es el de Holt -

El modelo de control para revisar el modelo de pronóstico de Holt es el de Robert y Reed para dos ponderadores.

FASE " B " INICIALIZACION DEL MODELO.

Se utilizan los $K = 2$ primeros años de ventas históricas 1987, 1988.

- 1.- Cálculo de los arrancadores $C(0)$, $T(0)$ utilizando los - datos históricos.

Componente constante

$$C(0) = \frac{\left(\sum_{t=1}^n t^2 \right) \left(\sum_{t=1}^n V(t) \right) - \left(\sum_{t=1}^n t \right) \left(\sum_{t=1}^n [t V(t)] \right)}{\left(n \sum_{t=1}^n t^2 \right) - \left(\sum_{t=1}^n t \right)^2}$$

= 121.54

Componentes de tendencia

$$T(0) = \frac{n \left(\sum_{t=1}^n [t V(t)] \right) - \left(\sum_{t=1}^n t \right) \left(\sum_{t=1}^n V(t) \right)}{\left(n \sum_{t=1}^n t^2 \right) - \left(\sum_{t=1}^n t \right)^2}$$

= 1.56

- 2.- Suavización de las combinaciones (x, z), utilizando - los arrancadores C(0) y T(0).

$$C(t) = x V(t) + (1-x) C(t-1)$$

$$T(t) = z[C(t) - C(t-1)] + (1-z) T(t-1)$$

para t = 1,2,...,k*np

$$C(0) = 121.54$$

$$T(0) = 1.56$$

- 3.- Con los componentes C(K*np) y T(K*np) obtenidos - al suavizar cada combinación (x, z), pronostique para el año L = 1, de datos históricos.

$$P[(k*np) + j] = C(k*np) + (1/z + j - 1) T(k*np)$$

$$j = 1, 2, \dots, 12$$

Se utilizan los L = 1, años de datos históricos.

- 4.- Determine la desviación estándar del error del pronóstico para cada combinación (x, z).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{t=25}^{34} [V(t) - P(t)]^2}{12 - 1}} \quad t = (k*12) + 1, \dots, (k+L*12)$$

- 5.- Seleccione como combinación nominal (X₀, Z₀) aquella - que tenga la mínima desviación estándar.

$$\text{Combinación nominal } (X_0, Z_0) = (0.3, 0.10).$$

$$\text{Mínima desviación estándar} = 21.30.$$

FASE " C " DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL.

- 1.- Apartir de la combinación nominal (X₀, Z₀) obtener las combinaciones de control superior e inferior (X_s, Z_s), - (X_i, Z_i) respectivamente.

$$X_i = X_0 - d = 0.3 - 0.05 = 0.25 \quad X_s = X_0 + d = 0.3 + 0.05 = 0.35$$

$$Z_i = Z_0 - d = 0.1 - 0.05 = 0.05 \quad Z_s = Z_0 + d = 0.1 + 0.05 = 0.15$$

Las combinaciones (X_i, X_s) y (Z_i, Z_s) representan los - planos superior e inferior, entre los cuales varia la - combinación nominal (X₀, Z₀)

2.- Obtener las 4 combinaciones de control.

Combinación nominal

1	Xo	Zo	0.30	0.10
---	----	----	------	------

Combinaciones de control

2	Xi	Zi	0.25	0.05
---	----	----	------	------

3	Xs	Zi	0.35	0.05
---	----	----	------	------

4	Xs	Zs	0.35	0.15
---	----	----	------	------

5	Xi	Zs	0.25	0.15
---	----	----	------	------

3.- Suavice la combinación nominal (Xo, Zo) y las 4 de control utilizando los (L*np) datos históricos y los componentes C(k*np) y T(k*np) para la combinación nominal (Xo, Zo).

$$C(t) = X V(t) + (1-x) C(t-1)$$

$$T(t) = z [C(t) - C(t-1)] + (1-z) T(t-1)$$

$$\text{para } t = (k*np) + 1, \dots, (k+L)*12$$

4.- Con los componentes C[(k+12)*12] y T[(k+12)*12] - pronostique para el año M de datos históricos. Se utilizan los datos históricos del año M.

$$P[(K+L)*np + j] = C[(K+L)*np] + [1/z + j - 1] T[(K+L)*np]$$

$$j = 1, \dots, 12;$$

5.- Determine los errores al cuadrado para cada combinación y período j.

$$e^2(i, j) = [V(t) - P(t)]^2$$

$$j = 1, \dots, 12; i = 1, \dots, 5; t = (K+L)*12, \dots, (K+L+M)*12;$$

6.- Determine el rango de errores al cuadrado para cada una de las 5 combinaciones.

$$R_i = \text{error al cuadrado máximo} - \text{error al cuadrado mínimo}$$

$$R_i = e^2(i, j)_{\text{máximo}} - e^2(i, j)_{\text{mínimo}}$$

$$i = 1, \dots, 5; j = 1, \dots, 12 \text{ del año M.}$$

Combinación i	Rango R _i
1	1875.29
2	3124.07
3	3184.62
4	1522.97
5	1482.06

7.- Calcule el rango promedio de todos los rangos.

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^5 R_i}{5} = \frac{1875.29 + 3124.07 + 3184.62 + 1522.97 + 1482.06}{5}$$

$$= 2337.80 \dots\dots\dots$$

8.- Determine la desviación estándar del error, por el método de rango promedio.

Consultando una tabla de rangos promedio de un libro de tablas estadísticas, se busque el valor $n = 5$ y se lee $d_2 = 2.33$

Por lo que la desviación estándar es:

$$s = R / d_2 = 2337.80 / 2.33 = 962.08.$$

9.- Obtenga los límites de control inferior y superior para un nivel de confianza determinado.

En este caso se usa un nivel de confianza de 99.73 que corresponde a un $Z_c = 3$.

$$L.S.C = +3 \sqrt{\frac{1}{2n}} \quad s = +1290.77$$

$$L.I.C = -3 \sqrt{\frac{1}{2n}} \quad s = -1290.77$$

FASE D. PRONOSTICO PARA PLANEACION.

Se utilizan los años M de datos históricos.

- 1.- Con los componentes $C [(k+L) * np]$ y los $T [(k+L) * np]$ para la combinación nominal (X_0, Z_0) suavizar la combinación nominal utilizando los datos históricos del año M.

$$C(t) = X_0 \sum_{\theta} V(t) + (1-X_0) C(t-1)$$

$$T(t) = Z_0 \sum_{\theta} ((C(t) - C(t-1)) + (1-Z_0) T(t-1))$$

$$\text{Con } X_0 = 0.30 \quad Y \quad Z_0 = 0.10$$

$$C[(K+L)*np] = C(36)$$

$$T[(K+L)*np] = T(36)$$

$$t = (K+L)*np + 1, \dots, (K+L+M)*np$$

- 2.- Con los componentes $C [(k+L+M) * np]$ y los $T [(k+L+M) * np]$ genere el pronostico para la planeación de operaciones de la empresa.

$$P[(k+L+M)*np+j] = C[(k+L+M)*np] + [1/Z_0 + j - 1] T[(k+L+M)*np]$$

$$j = 1, 2, \dots, 12$$

PERIODO	PRONOSTICO
49	210.84
50	212.53
51	214.43
52	216.22
53	218.01
54	219.01
55	221.60
56	223.39
57	225.19
58	226.58
59	228.77
60	230.57

FASE E. CONTROL DEL MODELO.

Se utiliza el año M de datos históricos.

- 1.- Con los componentes $C [(k+L) * np]$ y los $T [(k+L) * np]$ para la combinación nominal (X_0, Z_0) , suavice las 4 combinaciones de control utilizando los $M*np$ datos históricos del año M.

i	combinación		valor	
2	X_i	Z_i	0.25	0.05
3	X_s	Z_i	0.35	0.05
4	X_s	Z_s	0.35	0.15
5	X_i	Z_s	0.25	0.15

Se utiliza

$$C [(k+L) * np] = \quad T [(k+L) * np] =$$

$$C(t) = X V(t) + (1-X) C(t-1)$$

$$T(t) = Z ((C(t) - C(t-1)) + (1-z) T(t-1))$$

$$t = (k+L)*np + 1, \dots, (k+L+M) * np$$

- 2.- Con los componentes $C [(k+L+M) * np]$ y los $T [(k+L+M) * np]$ para cada combinación de control, genere los pronósticos para control para el año real M+1.

$$P[(k+L+M)*np+j] = C[(k+L+M)*np] + [1/Z+j]T[(k+L+M)*np]$$

$$C[(k+L+M)*np] = \quad T[(k+L+M)*np] =$$

$$j = 1, 2, \dots, 12$$

A continuación se utilizan los datos reales del año M+1.

- 3.- Utilizando los datos reales del año M+1 y los pronósticos para control generados para el año M+1, determine los errores al cuadrado para cada combinación de control y periodos j.

$$e^2(i, j) = [D(j) - P(j)]^2$$

$$i = 1, \dots, 5; \quad j = (K+L+M) \cdot 12 + 1, \dots, (K+L+M) \cdot 12 + 12$$

- 4.- Determine los promedios de errores al cuadrado para cada combinación de control.

$$\bar{E}_i^2 = \frac{1}{n} \sum_{(K+L+M) \cdot 12 + 1}^{(K+L+M) \cdot 12 + 12} e_{(i,j)}^2 \quad n = 12$$

Combinación i	Error promedio
2	448.506
3	601.629
4	12.741
5	33.127

- 5.- Calcular los errores esperados para cada ponderador.

$$E(X) = \frac{1}{2} (E_{-2} + E_{-2} - E_{-2} - E_{-2}) = 66.77$$

$$E(Z) = \frac{1}{2} (E_{-2} + E_{-2} - E_{-2} - E_{-2}) = -502.13$$

- 6.- Compare los errores esperados $E(X)$, $E(Z)$ con los límites de control superior e inferior.

$$L.I.C. \leq E(X) \leq L.S.C.$$

$$-1290.77 \leq 66.36 \leq 1290.77$$

$$L.I.C. \leq E(Z) \leq L.S.C.$$

$$-1290.77 \leq -502.13 \leq 1290.77$$

Se observa que los errores están bajo control.

- 7.- Ajuste la combinación nominal (X_0, Z_0) si es necesario.

$$\text{Si } E(X) < L.I.C \text{ entonces cambiar } X \quad \text{a} \quad X = X_0$$

Si $E(X) > L.S.C$ entonces cambiar X a $X = X$
 \emptyset \emptyset i

en otro caso no cambiar X
 \emptyset

Si $E(Z) < L.I.C$ entonces cambiar Z a $Z = Z$
 \emptyset \emptyset s

Si $E(Z) > L.S.C$ entonces cambiar Z a $Z = Z$
 \emptyset \emptyset i

En otro caso no cambiar Z
 \emptyset

Como los errores $E(X)$ y $E(Z)$ están bajo control la combinación nominal no fue ajustada por lo que sigue siendo la misma

$X_{min} = 0.30$

$Z_{min} = 0.10$

DESEAS HACER OTRO PRONOSTICO ?

REGRESE A LA FASE D: " PRONOSTICO "

3.4. - PROGRAMA Y RESULTADOS.

```

Program MODELO_DE_HOLT;
Uses
  Crt, Graph, edicion;
Const
  presentacion=' MODELO DE HOLT ';
  archivo_ayuda='HOLT.TXT';
  nomb_arch1 = 'ventas2.dat';
  num_combina = 5;
  d2 = 2.326;
  d = 0.05;
Type
  primer_control = (si,no);
  arreglo = Array[0..100] Of Real;
  arreglo9 = Array[1..9] Of Real;
Var
  tecla : Char;
  opc : Byte;
  ban_control : primer_control;
  s2,p,v,c,t : arreglo;
  bandera_archivo : Boolean;
  n,np,nd,k,m,l,h : Integer;
  hh,per_ini,per_fin : Integer;
  e,r,cs,ts,xs,zs,xt,zt : arreglo9;
  xmin,zmin,vmin,c_final,t_final : Real;
  amin,amax,lim_sup_cont,lim_inf_cont : Real;

{$I libreria.pas}
{$I lib2_3.pas}

Procedure GRAFICA_SERIE;
Var
  vaux : arreglo;
  cad1,cad2 : String[100];
  dat_min,dat_max : Real;
  cont1,cont,x,i,t : Integer;
  tecla : char;
Begin
  ClnScr;
  CUADRO(1,1,2,79,24,' GRAFICA Y ANALISIS DE LA SERIE DE TIEMPO
', '(F10) Información');
  LECTURA_DATOS(nomb_arch1,1,nd,0);
  CUADRO(1,1,2,80,24,' VENTAS HISTORICAS ', '(F10)
Información');
  LOC(3,5,'MES');
  WriteLn;
  For t:=1 To np Do
    LOC(4,5+t,mes[t]);
    cont:=0;
    cont1:=8;
    For x:=1 To k+1+m Do

```

```

Begin
  CUADRO(1,cont1,5,cont1+12,18,' t V(t) ', '');
  Window(cont1+1,6,cont1+11,17);
  For t:=1 To np Do
    Begin
      Inc(cont);
      GotoXY(1,t);
      Write(cont:2,' ',v[cont]:3:1);
    End;
    Inc(cont,14);
  End;
  Window(10,20,50,22);
  PAUSA(1,1,'Oprima una Tecla');
  Window(1,1,80,25);
  INICIALIZA_GRAFICOS;
  RANGO_DATO(dat_min,dat_max,1,nd,v);
  SetTextStyle(3,0,3);
  OutTextXY(160,0,'VENTAS HISTORICAS');
  For t:=1 To k+1+m Do
    Begin
      For i:= (t-1)*np+1 To t*np Do
        vaux[i-(t-1)*np]:=v[i];
        Str((t-1)*np+1,cad1);
        Str(t*np,cad2);
GRAFICA_DATOS('V('+cad1+'..' +cad2+')',dat_min,dat_max,vaux,1,np,t
);
      End;
      ClearDevice;
      SetTextStyle(3,0,3);
      OutTextXY(160,0,'VENTAS HISTORICAS');
      GRAFICA_DATOS('V(t)',0,0,v,1,nd,1);
      CloseGraph;
      LOC(8,7,'La serie de Tiempo tiene un comportamiento con
Tendencia ? [S/N]:');
      S_N(tecla);
      If (tecla='N') Then
        Begin
          LOC(10,10,'No se puede aplicar este Modelo');
          PAUSA(10,20,'Oprima una Tecla');
          ban_graf:=True
        End;
      End;
    End;
End;

Procedure INICIALIZACION;
Var
  i,n,j : Integer;
  c_min,t_min : Real;
  x1,xnuev,ynuev : arreglo;
  inc_x,inc_z,s,x,z,s0,s1 : Real;
  sum_i,sum_v,sum_vi,cuad_i : Real;
  vprom,iprom,prod1,Val1,num,den : Real;

```

```

Begin
  ClrScr;
  CUADRO(2,1,2,79,24,' INICIALIZACION      DEL      MODELO', '(F10)
Información');
  LOC(5,7,' Desea Introducir los Datos (S/N) ');
  S_N(tecla);
  If (tecla='S') Then
    LECTURA_DATOS(nomb_arch1,1,nd,0);
  CUADRO(2,1,2,79,24,' INICIALIZACION      DEL      MODELO', '(F10)
Información');
  { Calculo de Arrancadores  c[0], t[0] }
  sum_i:=0;
  sum_v:=0;
  sum_vi:=0;
  cuad_i:=0;
  n:=k*np;
  For i:=1 To n Do
    Begin
      sum_i:=sum_i+i;
      sum_v:=sum_v+v[i];
      sum_vi:=sum_vi+i*v[i];
      cuad_i:=cuad_i+i*i;
    End;
  prod1:=(sum_i*sum_v)/n;
  Val1:=(sum_i+sum_i)/n;
  num:=sum_vi-prod1;
  den:=cuad_i-Val1;
  t[0]:=num/den;
  vprom:=sum_v/n;
  iprom:=sum_i/n;
  c[0]:=vprom-(t[0]*iprom);
  { Suavización }
  LOC(5,8,' Incremento del ponderador X:'); LEER_REAL(inc_x);
  LOC(5,9,' Incremento del ponderador Z:'); LEER_REAL(inc_z);
  x:=0;
  Repeat
    x:=x+inc_x;
    z:=0;
    Repeat
      z:=z+inc_z;
      For i:=1 To n Do
        Begin
          c[i]:=x*v[i]+(1-x)*c[i-1];
          t[i]:=z*(c[i]-c[i-1])+(1-z)*t[i-1];
        End;
      { Calculo de la Desviación Estandar }
      s1:=0;
      For i:=n+1 To n+1*np Do
        Begin
          j:=i-n;
          p[i]:=c[n]+(1/z+j-1)*t[n];
          s1:=s1+Sqr(v[i]-p[i]);
        End;
      End;

```

```

End;
s:=Sqrt (s1/(1+np-1));
If ((x=inc_x)Or (s (vmin)))Then
Begin
vmin:=s;
xmin:=x;
zmin:=z;
c_min:=c[n];
t_min:=t[n];
End;
Until (z=1);
Until (x=1);
CUADRO(1,8,11,43,15,'','');
LOC(10,5,'Arrancador Constante C[0] = '); Write(c[0]:3:2);
LOC(10,6,'Arrancador Tendencia T[0] = '); Write(t[0]:3:2);
LOC(10,12,'El Ponderador Xmin es : '); Write(xmin:3:2);
LOC(10,13,'El Ponderador Zmin es : '); Write(zmin:3:2);
LOC(10,14,'Desviación Minima es : '); Write(vmin:3:2);
c[n]:=c_min;
t[n]:=t_min;
PAUSA(5,17,'Oprima una Tecla');
For i:=n+1 To n+1+np Do
Begin
j:=i-n;
pl[i]:=c[n]+(1/zmin+j-1)*t[n];
End;
INICIALIZA_GRAFICOS;
SetTextStyle(3,0,3);
OutTextXY(180,0,'INICIALIZACION DEL MODELO');
GRAFICA_V_F(p,v,n+1,n+1+np);
CloseGraph;
End;

Procedure DIS_LIM_CONTROL;
Const
nivel_cons : Array[1..10] Of Real
=(99.73,99,98,96,95.45,95,90,80,68.27,50);
z c : Array[1..10] Of Real
=(3,2.58,2.33,2.05,2,1.95,1.64,1.28,1,0.67);
Var
j,i,k5 : Integer;
nivel,r1,rango_prom,desv_estandar : Real;
Begin
CUADRO(1,1,2,79,24,' DISEÑO DE LÍMITES DE CONTROL ', '(F10)
Información');
{ Determinación de la Combinación Superior ( xs[1],zs[1] )
e Inferior ( xs[2],zs[2] ) }
xs[1]:=xmin+d;
zs[1]:=zmin+d;
xs[2]:=xmin-d;
zs[2]:=zmin-d;
If (xs[1])>0.95)Then xs[1]:=xmin;

```



```

If(zs[1])0.95)Then zs[1]:=zmin;
If(xs[2])0.05)Then xs[2]:=xmin;
If(zs[2])0.05)Then zs[2]:=zmin;

( Determinación de las  $\bar{z}$  elevado a la "p" combinaciones de
Control )
CUADRO(1,1,2,79,24,' DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL ', '(F10)
Información');
xt[1]:=xmin; zt[1]:=zmin;
xt[2]:=xs[2]; zt[2]:=zs[2];
xt[3]:=xs[1]; zt[3]:=zs[2];
xt[4]:=xs[1]; zt[4]:=zs[1];
xt[5]:=xs[2]; zt[5]:=zs[1];
LOC(8,7, 'Combinación Nominal');
LOC(10,8, '1 Xmin Zmin');
GotoXY(35,8); Write(xt[1]:4:2,' ',zt[1]:4:2);
LOC(8,10,'Combinaciones de Control');
LOC(10,11,'2 Xs(2) Zs(2)');
LOC(10,12,'3 Xs(1) Zs(2)');
LOC(10,13,'4 Xs(1) Zs(1)');
LOC(10,14,'5 Xs(2) Zs(1)');
For j:=2 To 5 Do
  Begin
    GotoXY(35,9+j); Write(xt[j]:4:2,' ',zt[j]:4:2);
  End;
PAUSA(10,20,'Oprima una Tecla para Continuar');
GRAFICA_COMBINA(xt,zt,0);
CUADRO(1,1,1,79,25,' DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL ', '(F10)
Información');
n:=k*np;
For j:=1 To num_combina Do
  Begin
    For i:=n+1 To n+1*np Do
      Begin
        c[i]:=xt[j]*v[i]+(1-xt[j])*c[i-1];
        t[i]:=zt[j]*(c[i]-c[i-1])+(1-zt[j])*t[i-1];
      End;
      cs[j]:=c[n+1*np];
      ts[j]:=t[n+1*np];
    End;
    r1:=0;
    LOC(10,3,'Comb Rango');
    For k5:=1 To num_combina Do
      Begin
        For i:= n+1*np+1 To n+1*np+m*np Do
          Begin
            j:=i-(n+1*np);
            p[i]:=cs[k5]+(1/zt[k5]+j-1)*t[n+1*np];
            s2[i]:=Sqr(v[i]-p[i]);
            If(i=n+1*np+1) Then
              Begin
                amin:=s2[i];

```

```

    amax:=s2[i];
  End;
  If (s2[i] (amin) Then
    amin:=s2[i];
  If (s2[i] (amax) Then
    amax:=s2[i];
  End;
  r[k5]:=amax-amin;
  GotoXY(12,3+k5); WriteLn(k5, ' ', r[k5]:4:4);
  r1:=r1+r[k5];
End;
rango_prom:=r1/num_combina;
LET(1,45,5,'RANGO PROMEDIO:'); Write(rango_prom:4:4);
LET(1,10,10,'Consultando una tabla de rangos promedio en un
libro de');
LET(1,10,11,'Tablas Estadisticas, para n=5, se lee d=');
Write(d2:4:2);
desv_estandar:=rango_prom/d2;
LET(1,10,13,'DESVIACION ESTANDAR : ');
Write(desv_estandar:4:4);
LET(1,10,15,'LIMITES DE CONTROL:');
LET(1,15,16,'Con que Nivel de confianza desea los Limites de
Control');
LET(1,15,17,'(99.73, 99, 98, 96, 95.45, 95, 90, 80, 68.27,
50%) :');
LEER_REAL(nivel);
k5:=0;
Repeat
  Inc(k5);
  Until((nivel_cons[k5]=nivel) Or (k5=10));
  LET(1,10,19,'Valor de Zc (3, 2.58, 2.33, 2.05, 2, 1.96, 1.64,
1.28, 1, 0.67)');
  LET(1,10,20,' Correspondiente : '); Write(zc[k5]:3:3);
  lim_sup_cont:= +zc[k5]*Sqrt(1/num_combina)*desv_estandar;
  LET(1,10,21,'LIMITE SUPERIOR DE CONTROL = ');
Write(lim_sup_cont:4:2);
  lim_inf_cont:= -zc[k5]*Sqrt(1/num_combina)*desv_estandar;
  LET(1,10,22,'LIMITE INFERIOR DE CONTROL = ');
Write(lim_inf_cont:4:2);
  PAUSA(5,24,'Oprima una Tecla para Graficar los Limites de
Control');
  GRAFICA_LIMITES_CONTROL(lim_inf_cont,lim_sup_cont,0,0,0,2,0);
End;

```

```

Procedure SUAVIZAR(inicio,final:Integer);

```

```

  Var
    i : Integer;
  Begin
    For i:=inicio+1 To final Do
      Begin
        c[i]:=xmin*v[i]+(1-xmin)*c[i-1];
        t[i]:=zmin*(c[i]-c[i-1])+(1-zmin)*t[i-1];
      End;
    End;

```

```
End;
End;
```

```
Procedure PRONOSTICA(inicio,final:Integer);
```

```
Var
```

```
  i, j : Integer;
```

```
Begin
```

```
  GotoXY(45,2); Write('Año: ',year);
```

```
  CUADRO(2,38,5,64,18,'Periodo Pronóstico','');
```

```
  For i:=inicio+1 To final Do
```

```
    Begin
```

```
      j:=i-inicio;
```

```
      p[i]:=c[inicio]+(1/zmin+j-1)*t[inicio];
```

```
      GotoXY(41,5+j); Write(i:3,' ',p[i]:4:2);
```

```
    End;
```

```
End;
```

```
Function PREGUNTA:Char;
```

```
Var
```

```
  u : Char;
```

```
  o : Integer;
```

```
Begin
```

```
  LET(1,10,6,'Es el primer Pronóstico [S/N] ? ');
```

```
  S_N(u);
```

```
  LET(1,10,6,' ');
```

```
  PREGUNTA:=u;
```

```
  If(u='S')Then
```

```
    Begin
```

```
      per_ini:=n+1*np;
```

```
      per_fin:=n+1*np+m*np;
```

```
    End
```

```
  Else
```

```
    Begin
```

```
      per_ini:=per_fin+hh*np+1;
```

```
      per_fin:=per_ini+np-1;
```

```
      hh:=0;
```

```
    End;
```

```
End;
```

```
Procedure PRONOSTICO;
```

```
Var
```

```
  i, j : Integer;
```

```
  cad : String[5];
```

```
Begin
```

```
  ClrScr;
```

```
  CUADRO(1,1,2,79,25,' P R O N O S T I C O ','(F10))
```

```
  Información';
```

```
  { Se utiliza el año M de Datos Historicos para Suavizar la  
  Combinación Nominal. xmin,zmin }
```

```
  GotoXY(5,5);
```

```
  If (PREGUNTA='S')Then
```

```
    Begin
```

```

LOC(10, 7, 'Año: '); LEER_INTEGER(year);
h:=1;
LET(1, 10, 9, 'Cuantos periodos por cada Año:');
LEER_INTEGER(np);
LOC(10, 7, ' ');
LOC(10, 8, ' ');
');
LOC(10, 9, ' ');
');
hh:=h;
SUAVIZAR(per_ini, per_fin);
PRONOSTICA(per_fin, per_fin+h*np);

loc(2, 8, 'Componente Constante C(');
write(per_fin, ')='; c[per_fin]:4:3);
loc(2, 10, 'Componente de Tendencia T(');
write(per_fin, ')='; t[per_fin]:4:3);
loc(2, 12, 'Combinacion Nominal : Xmin = ');
write(xmin:4:3);
loc(24, 13, 'Zmin = '); write(zmin:4:3);

PAUSA(10, 23, 'Oprime una Tecla para Graficar las Ventas y
Pronósticos');
LECTURA_DATOS(nomb_arch1, per_fin+1, per_fin+h*np, year);
INICIALIZA_GRAFICOS;
SetTextStyle(3, 0, 3);
OutTextXY(180, 0, 'PRONOSTICO');
GRAFICA_V_P(p, v, per_fin+1, per_fin+h*np);
ban_control:=si;
CloseGraph;
End
Else
Begin
Inc(year);
If(ban_control=no)Then
Begin
Inc(per_ini, 12);
Inc(per_fin, 12);
End;
ban_control:=no;
bandera_archivo:=False;
PRONOSTICA(per_ini-1, per_fin);

loc(35, 21, 'Componente Constante C(');
write(per_ini-1, ')='; c[per_ini-1]:4:3);
loc(35, 22, 'Componente de Tendencia T(');
write(per_ini-1, ')='; t[per_ini-1]:4:3);
loc(35, 23, 'Combinacion Nominal : Xmin = ');
write(xmin:4:3);
loc(57, 24, 'Zmin = '); write(zmin:4:3);

LECTURA_DATOS('', per_ini, per_fin, year);

```

```

    INICIALIZA_GRAFICOS;
    SetTextStyle(3,0,3);
    OutTextXY(180,0,'PRONOSTICO');
    GRAFICA_V_P(p,v,per_ini,per_fin);
    Dec(per_ini,13);
    Dec(per_fin,12);
    CloseGraph;
End;
End;

Procedure CONTROL;
Var
  u : Char;
  ex,e2 : Real;
  eprom : arreglo9;
  j,i,k5 : Integer;
  ban_x,ban_z : Boolean;
Begin
  ClrScr;
  CUADRO(1,1,2,79,24,'CONTROL','(F10) Información');
  For j:=2 To num_combina Do
    Begin
      For i:=per_ini+1 To per_fin Do
        Begin
          c[i]:=xt[j]*v[i]+(1-xt[j])*c[i-1];
          t[i]:=zt[j]*(c[i]-c[i-1])+(1-zt[j])*t[i-1];
          End;
          cs[j]:=c[per_fin];
          ts[j]:=t[per_fin];
        End;
      For k5:=2 To num_combina Do
        Begin
          e[k5]:=0;
          For i:=per_fin+1 To per_fin+h*np Do
            Begin
              j:=i-per_fin;
              p[i]:=cs[k5]+(1/zt[k5]+j-1)*t[per_fin];
              s2[i]:=Sqr(v[i]-p[i]);
              e[k5]:=e[k5]+s2[i];
            End;
          eprom[k5]:=e[k5]/(h*np);
        End;
      ClrScr;
      CUADRO(1,1,2,79,24,'CONTROL','(F10) Información');
      LOC(5,5,'PROMEDIO DE ERRORES AL CUADRADO PARA CADA
COMBINACION DE CONTROL:');
      LOC(20,10,'Combinación          Error Promedio');
      For i:=2 To 5 Do
        Begin
          GotoXY(28,10+i); Write(i,'          ',eprom[i]:6:3);
        End;
      PAUSA(5,21,'Oprima una Tecla');
    End;
  End;

```

```

ClrScr;
CUADRO(1,1,2,79,24,' C O N T R O L ','(F10) Información');
ex:=0.5*(eprom[3]+eprom[4]-eprom[2]-eprom[5]);
ez:=0.5*(eprom[5]+eprom[4]-eprom[2]-eprom[3]);
{ Comparación de los errores esperados con los límites de
Control
y ajuste de la Combinación Nominal xmin,zmin en caso
necesario }
LOC(20,4,'ERRORES ESPERADOS PARA CADA PONDERADOR :');
LOC(20,6,'Para el Componente Constante Ex = ');
Write(ex:6:2);
LOC(20,7,'Para el Componente Tendencia Ez = ');
Write(ez:6:2);
Writeln;
ban_x:=False;
ban_x:=False;
If(ex < lim_inf_cont) Then
  Begin
    xmin:=xs[1];
    ban_x:=True;
  End
Else
If(ex > lim_sup_cont) Then
  Begin
    xmin:=xs[2];
    ban_x:=True;
  End
Else
If(ez < lim_inf_cont) Then
  Begin
    zmin:=zs[1];
    ban_z:=True;
  End
Else
If(ez > lim_sup_cont) Then
  Begin
    zmin:=zs[2];
    ban_z:=True;
  End
Else
  Begin
    LOC(20,11,'AJUSTE DE PONDERADORES');
    LOC(5,13,'No se realiza ningun Ajuste a la Combinación
Nominal Xmin=');
    Write(xmin:3:2);
    LOC(5,14,'y Zmin='); Write(zmin:3:2);
    Write(' Lo que significa que la serie de tiempo
generada');
    LOC(5,15,'por el modelo sigue representando a la serie de
tiempo real');
    LOC(5,16,'y por lo tanto esta dentro de los límites de
control');
  End

```

```

End;
If (ban_x Or ban_z) Then
  LOC(10,18,'La nueva combinación nominal es:');
LOC(10,19,'Ponderador Xmin ='); Write(xmin:3:2);
LOC(10,20,'Ponderador Zmin ='); Write(zmin:3:2);
PAUSA(10,23,'Oprima una Tecla para Graficar los Errores');

GRAFICA_LIMITES_CONTROL(lim_inf_cont, lim_sup_cont, ex, 0, ez, 2, 1);
SUAVIZAR(per_fin, per_fin+h*np);
End;

{I MENU_2_3}

Begin { Programa Principal }
  menu_modelo_2_3(2);
End.

(* ARCHIVO: edicion.pas *)
Unit EDICION;
Interface
Uses
  Crt, Printer;
Type
  cad4 = String[4];
  cad20 = String[20];
  cad79 = String[79];

  editor = ^edit0;
  edit0 = Record
    cad : cad79;
    sig, ant : editor
  End;

Procedure LOC(x, y:Byte; f:cad79);
Procedure BORRA_EDITOR(Var q:editor);
Function nuevo_nodo(Var q, r:editor; f:cad79):Boolean;
Procedure CONCATENA_NODO(Var r, q:editor);
Procedure INSERTA_EDITOR_ORDENADO(Var q:editor; f:cad79;
x, y:Byte; s:Char);
Procedure INSERTA_EDITOR_ULTIMO(Var lista:editor; d:cad79);
Procedure INSERTA_EDITOR_PRIMERO(Var q:editor; f:cad79);
Procedure INICIA_PANTALLA_EDICION(l:editor; Var ren:Integer);
Procedure PGUP_EDICION(Var q:editor; Var ren, lapiz:Integer);
Procedure PGDN_EDICION(Var q:editor; Var ren, lapiz:Integer);
Procedure INICIA_CUPO_EDICION(Var lista:editor; Var
cup0:Integer);
Procedure IMPRESORA_EDICION(lista:editor);
Procedure CSUP_EDICION(Var q:editor; Var lapiz, ren:Integer);
Procedure CSDN_EDICION(Var q:editor; Var
lz, ci, ren, col_i:Integer; k:cad4);
Implementation

```

```

Procedure LOC(x, y:Byte; f:cad79);
Begin
  GotoXY(x, y); Write(f)
End;

Procedure BORRA_EDITOR(Var q:editor);
Var
  i : editor;
Begin
  While (q() Nil) Do
  Begin
    i:=q;
    q:=q^.sig;
    Dispose(i)
  End
End;

Function NUEVO_NODO(Var q, r:editor; f:cad79):Boolean;
Begin
  New(r);
  r^.cad:=f;
  r^.sig:=Nil;
  r^.ant:=Nil;
  If (q=Nil) Then
  Begin
    q:=r;
    NUEVO_NODO:=False;
  End
  Else
    NUEVO_NODO:=True
End;

Procedure CONCATENA_NODO(Var r, q:editor);
Begin
  r^.sig:=q;
  q^.ant:=r
End;

Procedure INSERTA_EDITOR_ORDENADD(Var q:editor; f:cad79;
x, y:Byte; s:Char);
Var
  e : cad79;
  u, j, r : editor;
Begin
  If (NUEVO_NODO(q, r, f)) Then
  Begin
    j:=q;
    u:=Nil;
    e:=Copy(r^.cad, x, y);
    If (s='D') Then
      While ((e < Copy(j^.cad, x, y)) And (j() Nil)) Do
        Begin

```



```

        u:=j;
        j:=j^.sig
    End
Else
    While ((e)Copy(j^.cad, x, y) And (j <> Nil)) Do
        Begin
            u:=j;
            j:=j^.sig
        End;
    If (j=q) Then
        Begin
            CONCATENA_NODO(r, q);
            q:=r
        End
    Else
        Begin
            r^.ant:=u;
            u^.sig:=r;
            If (j <> Nil) Then
                CONCATENA_NODO(r, j)
            End
        End
    End
End;

Procedure INSERTA_EDITOR_ULTIMO(Var lista:editor; d:cad79);
Var
    j, r : editor;
Begin
    If (NUEVO_NODO(lista, r, d)) Then
        Begin
            j:=lista;
            While (j^.sig <> Nil) Do
                j:=j^.sig;
            CONCATENA_NODO(j, r)
        End
    End;

Procedure INSERTA_EDITOR_PRIMERO(Var q:editor; f:cad79);
Var
    r : editor;
Begin
    If (NUEVO_NODO(q, r, f)) Then
        Begin
            CONCATENA_NODO(r, q);
            q:=r
        End
    End;

Procedure INICIA_PANTALLA_EDICION(l:editor; Var ren:Integer);
Var
    q : editor;
Begin

```

```

ClrScr;
q:=1;
ren:=1;
While ((q<>Nil)And(ren<=15))Do
  Begin
    LOC(1,ren,q^.cad);
    Inc(ren);
    q:=q^.sig
  End;
GotoXY(1,1);
ren:=1
End;

```

```

Procedure PGUP_EDICION(Var q1:editor; Var ren,lapiz:Integer);
Var
  l : Integer;
Begin
  l:=1;
  While((l<=15)And(q1^.ant<>Nil))Do
    Begin
      Inc(l);
      q1:=q1^.ant;
      Dec(lapiz);
    End;
  INICIA_PANTALLA_EDICION(q1,ren)
End;

```

```

Procedure PGDN_EDICION(Var q1:editor; Var ren,lapiz:Integer);
Var
  p : editor;
  l : Integer;
Begin
  l:=1;
  While((l<=15)And(q1^.sig<>Nil))Do
    Begin
      q1:=q1^.sig;
      Inc(lapiz);
      Inc(l)
    End;
  INICIA_PANTALLA_EDICION(q1,ren)
End;

```

```

Procedure INICIA_CUPO_EDICION(Var lista:editor; Var
cupo:Integer);
Var
  q1 : editor;
Begin
  If(lista=Nil)Then
    INSERTA_EDITOR_PRIMERO(lista,'');
  q1:=lista;
  cupo:=1;
  While(q1^.sig<>Nil)Do

```

```

    Begin
      q1:=q1^.sig;
      Inc(cupo)
    End
  End;

Procedure IMPRESORA_EDICION(lista:editor);
  Var
    qw : editor;
  Begin
    qw:=lista;
    While(qw<>Ni)Do
      Begin
        Writeln(1st,qw^.cad);
        qw:=qw^.sig
      End;
      Writeln(1st,' ')
    End;

Procedure CSUF_EDICION(Var q1:editor; Var lapiz,ren:Integer);
  Begin
    q1:=q1^.ant;
    Dec(lapiz);
    If(ren=1)Then
      Begin
        GotoXY(1,1); lnsLine;
        LOC(1,1,q1^.cad)
      End
    Else
      Dec(ren)
    End;

Procedure CSDN_EDICION(Var q1:editor; Var
  l2,ci,ren,col_i:Integer; k:cad4);
  Begin
    q1:=q1^.sig;
    Inc(l2);
    If(ren=15)Then
      Begin
        GotoXY(1,1); DelLine;
        LOC(1,15,q1^.cad);
        ci:=col_i
      End
    Else
      Begin
        Inc(ren);
        If(k='ENT')Then
          ci:=col_i
        End
      End
    End;

Begin

```

End.

(* ARCHIVO: libreria.pas *)

(* PROCEDIMIENTOS PARA REALIZAR LAS GRAFICAS *)

Const

```
retardo_linea = 0;
retardo_let1 = 0;
retardo_let2 = 0;
retardo_let3 = 0;
```

Type

```
marco = 0..2;
vstack = ^windbuf;
windbuf = Record (* registro para almacenar las ventanas *)
  direcc : Array[ 0 .. 4000 ] Of Byte; (* $Q a
```

\$FA0 *)

```
  xpos,ypos : Byte;
  esquina : Array[ 1 .. 4 ] Of Byte;
  sig : vstack
```

End;

```
arreglo2 = Array[1..10] Of String[30];
```

```
cad4 = String[4];
```

Var

```
xdmin,ydmin,xdmax,ydmax : Real;
xmmin,ymmin,xmmax,ymmax : Real;
ventana : vstack;
color_inverso : Boolean;
cadenas : arreglo2;
year,col,ren : Integer;
ban_graf : boolean;
```

Const

```
  m e s : A r r a y [ 1 . . 1 2 ] O f
Char=('E','F','M','A','M','J','J','A','S','O','N','D');
```

```
null = 0;
single = 1;
double = 2;
mono = $b000;
cga = $b800;
```

Procedure LOC(x,y:Byte; s:String);

```
  Begin
    GotoXY(x,y); Write(s)
  End;
```

Procedure LET(opc:Integer; col,ren:Byte; s:String);

```
  Var
    x,y,len,z : Integer;
    a : Array[1..80] Of Byte;
  Begin
    GotoXY(col,ren);
    len:=Length(s);
```

```

Case opc Of
  1 : For x:=1 To len Do
      Begin
        Write(s[x]);
        Delay(retardo_let1);
      End;
  2 : Begin
      x:=len;
      y:=1;
      Repeat
        z:=col+len;
        If(s[y](<' '))Then
          Begin
            Repeat
              GotoXY(z,ren); Write(s[y]);
              Delay(retardo_let2);
              GotoXY(z,ren); Write(' ');
              Dec(z);
            Until(z=col+y-1);
            GotoXY(z,ren); Write(s[y]);
          End;
          Dec(x);
          Inc(y);
        Until(x=0);
      End;
  3 : Begin
      Randomize;
      For x:=1 To len Do
        atx]:=0;
      For x:=1 To len Do
        Begin
          Repeat
            z:=random(len)+1;
            Until(a[z]=0);
            a[z]:=1;
            GotoXY(col+z-1,ren); Write(s[z]);
            Delay(retardo_let3);
          End;
          GotoXY(col+len+1,ren);
        End;
      End;
End;
End;

Procedure NORMAL;
Begin
  TextColor(white);
  TextBackground(black);
  color_inverso:=False
End;

Procedure INVERSO;
Begin

```

```

    TextColor(black);
    TextBackground(white);
    color_inverso:=True
End;

Procedure CUADRO(m:marco; x1,y1,x2,y2:Byte; title,tit2:String);
Const
    car      :   Array[1..12]      Of      Char      =
(#191,#218,#217,#192,#196,#179,
#187,#201,#188,#200,#205,#186);
Var
    z,i : Integer;
Begin
    Window(x1,y1,x2,y2);
    ClrScr;
    Window(1,1,80,25);
    z:=m-1;
    If (m=2) Then
        z:=6;
    For i:= x1 To x2 Do
        Begin
            LOC(i,y1,car[z+5]);
            LOC(i,y2,car[z+5])
        End;
    For i:= y1 To y2 Do
        Begin
            LOC(x1,i,car[z+6]);
            LOC(x2,i,car[z+6])
        End;
    LOC(x1,y1,car[z+2]);
    LOC(x2,y1,car[z+1]);
    LOC(x1,y2,car[z+4]);
    LOC(x2,y2,car[z+3]);
    TextColor(white);
    TextBackground(blue);
    i:=(x2-x1-Length(title)) Div 2 + x1;
    LOC(i,y1,title);
    LOC(x2-Length(tit2)-1,y2,tit2);
    If (color_inverso) Then
        INVERSO
    Else
        NORMAL;
End;

Function VIDEOADAPT:Byte;
Var
    card : Integer;
Begin
    card := mem[0040:0087];
    If ( card = 0 ) Then
        VIDEOADAPT := 255          (* Tarjeta EGA instalada *)

```

```

Else
  Begin
    card := mem1$0040:$0010;
    card := card And $30;
    Case card Of
      $30 : VIDEOADAPT := 0;
      $20 : VIDEOADAPT := 1;
      $10 : VIDEOADAPT := 2;
    End
  End
End
End; (* Funcion *)

Procedure OPENWINDOW(m:marco; x1,y1,x2,y2:Byte;
title,tit2:String);
Var
  temp : vstack;
  i,z : Integer;
  vseg : LongInt; (* Segmento de memoria para video *)
Begin
  If VIDEOADAPT=0 Then
    vseg := mono
  Else
    vseg := cga;
  New( temp );
  With temp Do
    Begin
      For i := $0 To $fa0 Do (* Desde 0 a 4000 = 1 página
de video *)
        direcc[i] := mem[vseg:i];
        xpos := WhereX;
        ypos := WhereY;
        esquina[1]:=Lo(windmin)+1; (* Salvar esquinas de la
*)
        esquina[2]:=Hi(windmin)+1; (* de la última ventana -
*)
        esquina[3]:=Lo(windmax)+1; (* activa. Coordenadas
ab_*)
        esquina[4]:=Hi(windmax)+1; (* solutás de la
pantalla. *)
        sig:=ventana;
      End;
      ventana:=temp;
      Window(1,1,80,25);
      If (m()=0) Then
        CUADRO(m,x1,y1,x2,y2,title,tit2);
      If (m()=0) Then
        Window(x1+1,y1+1,x2-1,y2-1)
      Else
        Window(x1,y1,x2,y2);
      ClrScr;
    End; (* OpenWindow *)

```

```
Procedure CLOSEWINDOW;
```

```
Var
  temp : vstack;
  i     : Integer;
  vseg  : LongInt;
Begin
  If(ventana = Nil)Then
    Exit;
  If(VIDEOADAPT=0)Then
    vseg:=mono
  Else
    vseg:=cga;
  Window(1,1,80,25);
  temp:=ventana;
  ventana:=temp^.sig;
  With temp^ Do
    Begin
      sig:=Nil;
      For i:= $0 To $fa0 Do
        mem[vseg:i]:=direcc[i];
      Window( esquina[1],esquina[2],esquina[3],esquina[4]);
      GotoXY(xpos,ypos)
    End;
  Dispose(temp)
End; (* CloseWindow *)
```

```
Procedure INFORMACION(letrero,nomb_arch:String);
```

```
Var
  arch : text;
  c     : Char;
  x     : Byte;
  cad   : String;
  bandera : Boolean;
Begin
  NORMAL;
  OPENWINDOW(1,1,1,80,24,letrero,'');
  CLRScr;
  Assign(arch,nomb_arch);
  Reset(arch);
  x:=1;
  While Not Eof(arch) Do
    Begin
      bandera:=True;
      Readln(arch,cad);
      Writeln(cad);
      If(x=19)Then
        Begin
          GotoXY(40,22);
          Write('Oprima una Tecla');
          While KeyPressed Do c:=ReadKey;
          c:=ReadKey;
          bandera:=False;
        End;
    End;
  End;
```



```

        x:=0;
        ClrScr;
    End;
    Inc(x);
End;
If bandera Then
    Begin
        GotoXY(40,22);
        Write('Oprima una Tecla');
        c:=ReadKey;
    End;
    Close(arch);
    CLOSEWINDOW;
End;

Procedure INKEY(Var ke:cad4);
(* Este procedimiento se utiliza para capturar y codificar
las teclas
oprimidas por el usuario
ke -> Es el nombre de la tecla que se oprimio *)
Const
    kea:String[26] = 'QWERTYUIOPASDFGHJKLZXCVBNM';
Var
    sy      : String[3];
    kr      : cad4;
    c       : Char;
    x,code  : Byte;
Begin
    Repeat
        ke:='ERR.';
        c:=ReadKey;
        code:=Ord(c);
        If (code <> 0) Then
            Begin
                If Not (code In [7,8,9,10,13,27]) Then
                    ke:=Chr(code);
                kr:=Chr(code);
                Case code Of
                    08 : ke:='BSP';
                    09 : ke:='TAB';
                    13 : ke:='ENT';
                    27 : ke:='ESC';
                End;
            End
        Else
            Begin
                c:=ReadKey;
                code:=Ord(c);
                Case code Of
                    15 : kr:='STAB';
                    16..25 : kr:='A'+kea[code-15];
                    30..38 : kr:='A'+kea[code-19];
                End;
            End;
        End;
    Until (code = 0);
End;

```

```

44..50 : kr:='A'+kea[code-24];
59..68 : Begin
        Str(code-58:2, sy);
        kr:='F'+sy;
        If Not(code=68)Then
            kr[2]:='0'
        End;
71 : kr:='HOME';
72 : kr:='CSUP';
73 : kr:='PGUP';
75 : kr:='CSLF';
77 : kr:='CSRG';
79 : kr:='END';
80 : kr:='CSDN';
81 : kr:='PGDN';
82 : kr:='INS';
83 : kr:='DEL';
84..113 : Begin
        Str((code-83) Mod 10:2, sy);
        If(code In [93,103,113])Then
            sy:='10';
        Case code Of
            84..93:kr:='SF'+sy;
            94..103:kr:='CF'+sy;
            104..113:kr:='AF'+sy;
        End;
        If Not(code In [93,103,113])Then
            kr[3]:='0'
        End;
114 : kr:='PSCR';
115 : kr:='CCSL';
116 : kr:='CCSR';
117 : kr:='CEND';
118 : kr:='CPGD';
119 : kr:='CHOM';
120..128 : Begin
        Str(code-119:2, sy);
        kr:='A'+sy;
        End;
129 :kr:='A-0';
132 :kr:='CPGU'
    End;
    ke:=kr;
End;
If(ke='F10')Then
    INFORMACION(presentacion, archivo_ayuda)
Until(ke()='F10');
ke[1]:=UpCase(ke[1])
End;
Procedure INPUT_AUX(Var sr:cad79; Var ke:cad4; len:Byte);
Var

```

```

ch : Char;
oo : Set Of Char;
x_begin,y_begin,x,bufpos,xpos,ypos,size : Byte;
Begin
While (sr[Length(sr)]=' ')Do
  Delete(sr,Length(sr),1);
bufpos:=Length(sr);
x_begin:=WhereX;
y_begin:=WhereY;
Write(sr);
size:=WhereX;
For x:= Length(sr)+1 To len Do
  Write(' ');
GotoXY(size,y_begin);
ke:='';
Repeat
  INKEY(ke);
  size:=Length(sr);
If ((Length(ke)=1)And(Succ(bufpos)(<=len)And(WhereX+1(<=79)))Then
  Begin
  ch:=ke[1];
  If(Ord(ch) In [32..255])Then
    If((bufpos(<=size)And(Succ(size)(<=len)))Then
      Begin
        Insert(ch,sr,bufpos+1);
        Inc(bufpos);
        GotoXY(WhereX+1,WhereY)
      End
    Else
      Begin
        sr[bufpos+1]:=ch;
        Inc(bufpos);
        GotoXY(WhereX+1,WhereY)
      End
    End
  End
Else
  Begin
    If(ke='BSP')And(bufpos>0)Then
      Begin
        Delete(sr,bufpos,1);
        Dec(bufpos);
        GotoXY(WhereX-1,WhereY)
      End
    Else
      If((bufpos(<size)And(ke='CSRG')And(bufpos(<len)))Then
        Begin
          GotoXY(WhereX+1,WhereY);
          Inc(bufpos)
        End
      Else
        If(ke='CSLF')And(bufpos>0)Then

```

```

Begin
  GotoXY(WhereX-1,WhereY);
  Dec(bufpos)
End
Else
  If (ke='DEL')And(bufpos+1 In [1..size])Then
    Delete(sr,bufpos+1,1)
  Else
    If (ke='HOME')Then
      Begin
        GotoXY(x_begin,y_begin);
        bufpos:=0
      End
    Else
      If (ke='END')Then
        While ((Not (bufpos=size))And(Not (WhereX=x_begin+len)))Do
          Begin
            GotoXY(WhereX+1,WhereY);
            Inc(bufpos)
          End
        End;
        xpos:=WhereX;
        ypos:=WhereY;
        GotoXY(x_begin,y_begin);
        For x:=1 To Length(sr) Do
          Write(sr[x]);
        For x:= Length(sr)+1 To len Do
          Write('_');
        GotoXY(xpos,ypos);
        If ((ke='CSLF')Or (ke='CSRG')Or (ke='END'))Then ke:='';
        If ((ke='HOME')Or (ke='DEL')Or (ke='BSP')Or (ke='INS'))Then
          ke:='';
          Until (Length(ke)>1);
        End;

Procedure S_N(var c:char);
Var
  tecla : cad4;
Begin
  Repeat
    INKEY(tecla);
    c:=UpCase(tecla[1]);
  Until ((c='S') Or (c='N'))
End;

Procedure MUEVE_CURSOR(x1,y1,x2,y2:Byte; s1,s2:String; Var
lista:editor; col_i,col_f:Integer);
Var
  key : cad4;
  a,es : cad79;
  q1,p : editor;

```

```

bandera : Boolean;
ren,lapiz,ci,cupo, len : Integer;
Begin
OPENWINDOW(2, x1,y1, x2,y2, s1, s2);
inicia_cupo_edicion(lista, cupo);
inicia_pantalla_edicion(lista, ren);
ren:=1;
lapiz:=1;
q1:=lista;
GotoXY(col_i, 1);
ci:=col_i;
len:=col_f-ci+1;
If (ci=col_f)Then
bandera:=False
Else
bandera:=True;
Repeat
ss:=Copy(q1^.cad, ci, col_f);
INPUT_AUX(ss, key, len);
While (Length(ss) < len)Do
ss:=ss+' ';
Delete(q1^.cad, col_i, len);
Insert(ss, q1^.cad, col_i);
If ((key='CSUP')And(lapiz<1))Then
csup_edicion(q1, lapiz, ren)
Else
If (((key='CSDN')Or(key='ENT'))And(lapiz=cupo))Then
csdn_edicion(q1, lapiz, ci, ren, col_i, key)
Else
If (key='PGUP')Then
pgup_edicion(q1, ren, lapiz)
Else
If ((key='PGDN')And(lapiz=cupo))Then
pgdn_edicion(q1, ren, lapiz);
GotoXY(ci, ren);
Until (key='ESC');
CLOSEWINDOW;
End;

```

```

Procedure LEER_REAL (Var num:Real);

```

```

Var
s : String;
u : Integer;
c : cad4;
col, col1 : Byte;
Begin
s:='';
col1:=WhereX;
col:=col1;
Repeat
GotoXY(col1, WhereY);
Write(s);

```

```

GotoXY(col,WhereY);
INKEY(c);
If((Length(c)=1) And (c[1] In ['0'..'9','.']))Then
  Begin
    s:=s+c;
    Inc(col);
  End;
If((c='BSF') And (s <> ''))Then
  Begin
    Delete(s,Length(s),1);
    Dec(col);
    GotoXY(col,WhereY);
    Write(' ');
  End;
Until(c='ENT');
Val(s,num,u);
Writeln;
End;

Procedure LEER_INTEGER(Var num:Integer);
Var
  s : String;
  u : Integer;
  c : cad4;
  col,col1 : Byte;
Begin
  s:='';
  col1:=WhereX;
  col:=col1;
  Repeat
    GotoXY(col1,WhereY);
    Write(s);
    GotoXY(col,WhereY);
    INKEY(c);
    If((Length(c)=1) And (c[1] In ['0'..'9']))Then
      Begin
        s:=s+c;
        Inc(col);
      End;
    If((c='BSF') And (s <> ''))Then
      Begin
        Delete(s,Length(s),1);
        Dec(col);
        GotoXY(col,WhereY);
        Write(' ');
      End;
  Until(c='ENT');
  Val(s,num,u);
  Writeln;
End;

Procedure PAUSA(x,y:Byte; cad:String);

```

```

Var
  pau : CAD4;
Begin
  LET(2, x, y, cad);
  While KeyPressed Do
    pau:=ReadKey;
    INKEY(PAU)
  End;

Procedure RANGO_DATO(Var dat_min, dat_max:Real; ini, fin:Integer;
v:arreglo);
  Var
    t : Integer;
  Begin
    dat_min:=v[ini];
    dat_max:=v[ini];
    For t:= ini+1 To fin Do
      Begin
        If (v[t] < dat_min) Then
          dat_min:=v[t];
        If (v[t] > dat_max) Then
          dat_max:=v[t];
      End;
    End;
  End;

Procedure TRANSCOORD(xm, ym:Real; Var xd, yd:Integer);
  Begin
    xd:=Trunc(xdmin+(xm-xmmin)/(xmmax-xmmin)*(xdmax-xdmin));
    yd:=Trunc(ydmin+(ym-ydmin)/(ymmax-ymmin)*(ymmax-ym));
  End;

Procedure DIBUJO(x, y, incr:Integer);
  Begin
    Case incr Of
      1 : Circle(x, y, 3);
      2 : Rectangle(x-2, y-2, x+2, y+2);
      3 : Begin
          Line(x, y-3, x-3, y+3);
          Line(x, y-3, x+3, y+3);
          Line(x-3, y+3, x+3, y+3)
        End;
      4 : Begin
          Line(x-3, y-3, x+3, y+3);
          Line(x+3, y-3, x-3, y+3);
          Line(x-3, y, x+3, y);
          Line(x, y-3, x, y+3)
        End
    End
  End;

Procedure LINEA(xd0, yd0, xd1, yd1:Real; incre:Integer);
  Var

```

```

x0,y0,x1,y1,paso : Integer;
f1,f2,cont,i,dx,dy,color : Integer;
xa,ya,dt : Real;
Begin
color:=incre;
if (incre) getmaxcolor) then
color:=getmaxcolor;
TRANSCUORD(xd0,yd0,x0,y0);
TRANSCUORD(xd1,yd1,x1,y1);
DIBUJO(x0,y0,incre);
dx:=Abs(x1-x0);
dy:=Abs(y1-y0);
If (dx)dy) Then
cont:=dx
Else
cont:=dy;
xa:=x0;
ya:=y0;
If (dx)dy) Then
dt:=1/dx
Else
dt:=1/dy;
If (x1 < x0) Then
f1:=-1
Else
f1:=1;
If (y1 < y0) Then
f2:=-1
Else
f2:=1;
paso:=incre;
Case incre Of
1..5 : paso:=incre;
6..9 : paso:=incre-5;
End;
cont:=cont Div paso;
For i:=1 To cont Do
Begin
xa:=xa+(dt*dx*f1*paso);
ya:=ya+(dt*dy*f2*paso);
PutPixel (Trunc(xa),Trunc(ya),color);
Delay(retardo_linea);
End;
DIBUJO(x1,y1,incre);
End;

Procedure PUERTAVISION(a,b,c,d:Integer);
Begin
xdmin:=a;
ydmin:=b;
xdmax:=c;
ydmax:=d;

```



```
End;
```

```
Procedure MUNDOCOORD(a,b,c,d:Real);
```

```
Begin
```

```
  xmin:=a;
```

```
  ymin:=b;
```

```
  xmax:=c;
```

```
  ymax:=d;
```

```
End;
```

```
Procedure INICIALIZA_GRAFICOS;
```

```
Var
```

```
  x,y : Integer;
```

```
Begin
```

```
  DetectGraph(x,y);
```

```
  InitGraph(x,y,'');
```

```
  SetColor(GetMaxColor);
```

```
End;
```

```
Procedure PAUSA_GRA;
```

```
Var
```

```
  pau : Char;
```

```
  color : Byte;
```

```
Begin
```

```
  SetTextStyle(2,0,5);
```

```
  While KeyPressed Do
```

```
    pau:=ReadKey;
```

```
  Repeat
```

```
    If color=GetMaxColor Then
```

```
      color:=0
```

```
    Else
```

```
      color:=GetMaxColor;
```

```
    SetColor(color);
```

```
    OutTextXY(590,160,'Dprima');
```

```
    OutTextXY(605,170,'una');
```

```
    OutTextXY(590,180,'Tecla');
```

```
  Until KeyPressed;
```

```
  While KeyPressed Do
```

```
    pau:=ReadKey;
```

```
  SetColor(GetMaxColor);
```

```
End;
```

```
Procedure GRAFICA_DATOS(sss:String; dat_min,dat_max:Real;
v:arreglo;
```

```
ini, fin,incr:Integer);
```

```
Var
```

```
  w : Char;
```

```
  cad : String[5];
```

```
  t,col,ren,col1,ren1 : Integer;
```

```
Begin
```

```
  If ((dat_min=0)And(dat_max=0))Then
```

```
    RANGO_DATO(dat_min,dat_max,ini,fin,v);
```

```

PUERTAVISION(S0, 20, GetMaxX-100, GetMaxY-40);
MUNDOCOORD (ini-1, dat_min, fin, dat_max);
SetTextStyle (2, 0, 4);

```

```

x*) TRANSCoord (ini-1, dat_min, col, ren);           (* eje de las

```

```

TRANSCoord (fin, dat_min, col1, ren1);
Line (col, ren+10, col1+2, ren1+10);
TRANSCoord (fin, dat_min, col, ren);
SetTextStyle (2, 0, 5);
OutTextXY (col+5, ren, 't');

```

```

TRANSCoord (ini-1, dat_min, col, ren);
TRANSCoord (ini-1, dat_max, col1, ren1);
Line (col, ren+10, col1, ren1);
SetTextStyle (2, 2, 4);
for t:=ini To fin-1 Do

```

```

    Begin
        SetTextStyle (2, 2, 4);
        TRANSCoord (t, dat_min, col, ren);
        Str (t, cad);
        OutTextXY (col-4, ren+16, cad);
        Line (col, ren+10, col, ren+16);

```

```

        SetTextStyle (2, 0, 4);
        TRANSCoord (ini-1, v[t], col, ren);
        Str (v[t]:4:1, cad);
        OutTextXY (col-35, ren-5, cad);
        Line (col, ren, col-6, ren);

```

```

        LINEA (t, v[t], t+1, v[t+1], incr);
    End;

```

```

TRANSCoord (fin, dat_min, col, ren);

```

```

SetTextStyle (2, 2, 4);
TRANSCoord (fin, dat_min, col, ren);
Str (fin, cad);
OutTextXY (col-4, ren+16, cad);
Line (col, ren+10, col, ren+16);

```

```

SetTextStyle (2, 0, 4);
TRANSCoord (ini-1, v[fin], col, ren);
Str (v[fin]:4:1, cad);
OutTextXY (col-35, ren-5, cad);
Line (col, ren, col-6, ren);

```

```

SetTextStyle (2, 0, 5);
TRANSCoord (fin, v[ini], col, ren);
Inc (col, 15);
ren:=50+(12*incr);
DIBUJO (col, ren, incr);
OutTextXY (col+10, ren-8, sss);

```

```

PAUSA_GRA;
End;

```

```

Procedure GRAFICA_V_F(p,v:arreglo; ini,fin:Integer);
Var
  dat_min1,dat_min2,dat_min : Real;
  dat_max1,dat_max2,dat_max : Real;
Begin
  RANGO_DATO(dat_min1,dat_max1,ini,fin,v);
  RANGO_DATO(dat_min2,dat_max2,ini,fin,p);
  If (dat_min1 < dat_min2) Then
    dat_min:=dat_min1
  Else
    dat_min:=dat_min2;
  If (dat_max1 > dat_max2) Then
    dat_max:=dat_max1
  Else
    dat_max:=dat_max2;
  GRAFICA_DATOS('V(t)',dat_min,dat_max,v,ini,fin,1);
  GRAFICA_DATOS('P(t)',dat_min,dat_max,p,ini,fin,2);
End;

```

```

Procedure LEE_ARCHIVO(cad:String; Var v:arreglo;
inicio,meses:Integer);
Var
  o,u:Integer;
  arch : text;
  s:String;
Begin
  Assign(arch,cad);
  Reset(arch);
  o:=1;
  While ((Not Eof(arch))And(o(inicio)))Do
    Begin
      Readln(arch,s);
      Inc(o);
    End;
  While ((Not Eof(arch))And(o(=meses)))Do
    Begin
      Readln(arch,s);
      Val(s,v[o],u);
      Inc(o);
    End;
  Close(arch);
End;

```

```

Procedure OPC_DESEAD(cads:arreglo2; opciones,col,ren:Byte; Var
opc:Byte);
Var
  o : Byte;
  tecla : cad4;
Begin

```

```

For o:=1 To opciones Do
  LOC(col,ren+o-1,cads[o]);
If ((opc)opciones)Or (opc=1)Then
  opc:=1;
Dec(ren);
Repeat
  INVERSO;
  LOC(col,ren+opc,cads[opc]);
  NORMAL;
  INKEY(tecla);
  If (Length(tecla)=1)Then
    Begin
      LOC(col,ren+opc,cads[opc]);
      If (tecla='CSUN')Then
        If (opc=opciones)Then
          Inc(opc)
        Else
          opc:=1;
      If (tecla='CSUP')Then
        If (opc=1)Then
          Dec(opc)
        Else
          opc:=opciones;
      If (tecla='F01')Then
        opc:=0;
      If (tecla='F10')Then
        INFORMACION(presentacion,archivo_ayuda);
    End
  Until ((tecla='ENT')Or (tecla='ESC')Or (opc=0));
  If (tecla='ESC')Then
    opc:=opciones+1
End;

Procedure LETRERO_ARCH_TECL;
Begin
  CUADRO(1,3,19,50,22,'','');
  LOC(5,20,'SE LEERAN DATOS DESDE EL ');
  INVERSO;
  If (bandera_archivo)Then
    Begin
      Write('ARCHIVO');
      NORMAL;
      LOC(5,21,'OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO');
    End
  Else
    Begin
      Write('TECLADO');
      NORMAL;
      LOC(5,21,'OPRIMA F1 PARA LEER LOS DATOS DEL ARCHIVO');
    End;
End;

```

```

Procedure                                LECTURA_DATOS(nomb_arch:String;
inicio,final,year:Integer);
Var
  t,u : Integer;
  f   : cad79;
  edi,aux : editor;
Begin
  If(bandera_archivo)Then
    LEE_ARCHIVO(nomb_arch,v, inicio,final)
  Else
    Begin
      If(year<>0)Then
        Begin
          GotoXY(15,4); Write('Año: ',year);
        End;
        edi:=Nil;
        For t:=inicio To final Do
          Begin
            Str(t:3,f);
            f:=f+' ';
            inserta_editor_ultimo(edi,f)
          End;
          MUEVE_CURSOR(10,5,30,21,' Ventas Reales ','(ESC) Salir
',edi,5,10);
          aux:=edi;
          t:=inicio;
          While(aux<>Nil)Do
            Begin
              f:=Copy(aux^,cad,5,5);
              While(f[Length(f)]=' ')Do
                Delete(f,Length(f),1);
              Val(f,v[t],u);
              aux:=aux^.sig;
              Inc(t);
            End;
            borra_editor(edi);
          End
        End;
      End;
    End;
  End;

(* ARCHIVO: lib2_3.pas *)
P r o c e d u r e
GRAFICA_LIMITES_CONTROL(lim_inf,lim_sup,ex,ey,ez:Real;
modelo,opc:Byte);
Var
  w : Real;
  cont,col,ren : Integer;
  cad1 : String[10];
Begin
  INICIALIZA_GRAFICOS;
  SetTextStyle(3,0,3);
  If(opc<>1)Then
    Begin

```

```

Line(144,2,154,2);
Line(144,3,154,3);
OutTextXY(100,0,'DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL')
End
Else
  OutTextXY(80,0,'CONTROL DEL MODELO DE PRONOSTICO');
MUNDOCOORD(0,lim_inf*2,15,lim_sup*1.5);
PUERTAVISION(80,50,GetMaxX-100,GetMaxY-60);
LINEA(0,lim_inf*2,15,lim_inf*2,1);
LINEA(0,lim_inf*2,0,lim_sup*1.5,1);
SetTextStyle(2,0,5);

LINEA(0,lim_inf,14,lim_inf,5);
TRANSCoord(0,lim_inf,col,ren);
OutTextXY(col-30,ren-15,'LIC');
Str(lim_inf:4:4,cad1);
OutTextXY(col+5,ren,cad1);

LINEA(0,0,14,0,5);
TRANSCoord(0,0,col,ren);
OutTextXY(col-30,ren,'LC');
OutTextXY(col+5,ren,'0');

LINEA(0,lim_sup,14,lim_sup,5);
TRANSCoord(0,lim_sup,col,ren);
OutTextXY(col-30,ren,'LSC');
Str(lim_sup:4:4,cad1);
OutTextXY(col+5,ren,cad1);

TRANSCoord(4,lim_inf*2,col,ren);
DIBUJO(col,ren,2);
OutTextXY(col,ren+10,'E(x)');
If(opc=1)Then
  Begin
    TRANSCoord(4,ex,col,ren);
    DIBUJO(col,ren,2);
    Str(ex:4:4,cad1);
    OutTextXY(col+5,ren,cad1);
  End;

If(modelo=3)Then
  Begin
    TRANSCoord(8,lim_inf*2,col,ren);
    DIBUJO(col,ren,3);
    OutTextXY(col,ren+10,'E(y)');
    If(opc=1)Then
      Begin
        TRANSCoord(8,ey,col,ren);
        DIBUJO(col,ren,3);
        Str(ey:4:4,cad1);
        OutTextXY(col+5,ren,cad1);
      End;
    End;
  End;

```

```

End;
TRANSCCOORD(12, lim_inf+2, col, ren);
DIBUJO(col, ren, 4);
OutTextXY(col, ren+10, 'E(2)');
If (opc=1) Then
  Begin
    TRANSCCOORD(12, ez, col, ren);
    DIBUJO(col, ren, 4);
    Str(ez:4:4, cad1);
    OutTextXY(col+5, ren, cad1);
  End;
PAUSA_GRA;
CloseGraph;
End;

```

```

Procedure GRAFICA_COMBINA(xt,zt:arreglo9; opc:Byte);

```

```

Var
  x : Integer;
  maxx, maxz : Real;
  col, ren : Integer;
  cad : String[10];
Begin
  maxx:=0;
  maxz:=0;
  For x:=1 To 5 Do
    Begin
      If (maxx(xt[x])) Then maxx:=xt[x];
      If (maxz(zt[x])) Then maxz:=zt[x];
    End;
  INICIALIZA_GRAFICOS;
  SetTextStyle(3, 0, 2);
  OutTextXY(40, 3, 'REPRESENTACION GRAFICA DE COMBINACIONES');
  SetTextStyle(2, 0, 5);
  MUNDOCOORD(0, 0, maxx+0.05, maxz+0.05);
  PUERTAVISION(100, 50, GetMaxX-200, GetMaxY-80);
  LINEA(0, 0, 0, maxx+0.05, 1);
  LINEA(0, 0, maxx+0.05, 0, 1);

  LINEA(0, zt[4], xt[4], zt[5], 5);
  LINEA(0, zt[1], xt[1], zt[1], 5);
  LINEA(0, zt[3], xt[3], zt[3], 5);
  LINEA(xt[5], 0, xt[5], zt[5], 5);
  LINEA(xt[1], 0, xt[1], zt[1], 5);
  LINEA(xt[4], 0, xt[4], zt[4], 5);

  TRANSCCOORD(0, zt[5], col, ren); OutTextXY(col-20, ren, 'Zs');
  TRANSCCOORD(0, zt[1], col, ren); OutTextXY(col-20, ren, 'Z0');
  TRANSCCOORD(0, zt[2], col, ren); OutTextXY(col-20, ren, 'Zi');

  TRANSCCOORD(xt[2], 0, col, ren); OutTextXY(col, ren+2, 'Xi');
  TRANSCCOORD(xt[1], 0, col, ren); OutTextXY(col, ren+2, 'X0');

```

```

TRANSCOORD(xt [3], 0, col, ren);   OutTextXY(col, ren+2, 'Xz');
OutTextXY(430, 50, 'Comb  Z      X');
For x:=1 To S Do
  Begin
    TRANSCOORD(xt [x], zt [x], col, ren);
    Str(x, cad);
    DISUJU(col, ren, 3);
    OutTextXY(col+2, ren+6, cad);
    OutTextXY(450, (x*15)+50, cad);
    Str(zt [x]:4:2, cad);   OutTextXY(480, (x*15)+50, cad);
    Str(xt [x]:4:2, cad);   OutTextXY(525, (x*15)+50, cad);
  End;
PAUSA_GRA;
CloseGraph;
End;

Procedure GRAFICA_CUBO(num_combina, opc:Byte; epr:arreglo9);
Var
  col, ren, i : Integer;
  cad1 : String[10];
Begin
  INICIALIZA_GRAFICOS;
  If (opc=0) Then
    Begin
      Line(141, 2, 155, 2);
      Line(141, 3, 155, 3);
      SetTextStyle(3, 0, 4);
      OutTextXY(80, 0, 'DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL');
      SetTextStyle(3, 0, 1);
      OutTextXY(250, 50, 'COMBINACIONES NOMINAL Y DE CONTROL');
    End
  Else
    OutTextXY(100, 0, 'ERRORES PROMEDIO');
  MUNDOCOORD(1, 1, 20, 20);
  PUERTAVISIION(50, 80, GetMaxX-200, GetMaxY-30);
  LINEA(9, 1, 20, 1, 1);
  LINEA(9, 1, 1, 9, 1);

  LINEA(6, 19, 12, 19, 6);
  LINEA(12, 19, 15, 16, 6);
  LINEA(15, 16, 9, 16, 6);
  LINEA(9, 16, 6, 19, 6);

  LINEA(6, 13, 12, 13, 8);
  LINEA(12, 13, 15, 10, 8);
  LINEA(15, 10, 9, 10, 6);
  LINEA(9, 10, 6, 13, 6);

  LINEA(6, 19, 6, 13, 6);
  LINEA(12, 19, 12, 8, 8);
  LINEA(9, 21, 9, 5, 1);

```



```

LINEA(15, 16, 15, 10, 6);

LINEA(6, 13, 6, 8, 8);
LINEA(15, 10, 15, 5, 8);

LINEA(2, 8, 12, 8, 8);
LINEA(3.5, 6.5, 13.5, 6.5, 8);
LINEA(5, 5, 15, 5, 8);

LINEA(13, 1, 6, 8, 8);
LINEA(16, 1, 9, 8, 8);
LINEA(19, 1, 12, 8, 8);

LINEA(6, 19, 4, 21, 8);
LINEA(6, 16, 4, 18, 8);
LINEA(6, 13, 4, 15, 8);
TRANSCoord(10.5, 14.5, col, ren);
DIBUJO(col, ren, 4);

SetTextStyle(2, 0, 4);
TRANSCoord(20.5, 1.4, col, ren); OutTextXY(col, ren, 'X');
TRANSCoord(9, 22, col, ren); OutTextXY(col, ren, 'Y');
TRANSCoord(0.5, 9.5, col, ren); OutTextXY(col, ren, 'Z');

TRANSCoord(11.7, 19, col, ren); OutTextXY(col, ren, '1');
TRANSCoord(15.2, 16, col, ren); OutTextXY(col, ren, '2');
TRANSCoord(12.2, 13.7, col, ren); OutTextXY(col, ren, '3');
TRANSCoord(15.2, 10, col, ren); OutTextXY(col, ren, '4');
TRANSCoord(5.7, 19, col, ren); OutTextXY(col, ren, '5');
TRANSCoord(8.7, 16, col, ren); OutTextXY(col, ren, '6');
TRANSCoord(5.7, 13, col, ren); OutTextXY(col, ren, '7');
TRANSCoord(8.7, 10, col, ren); OutTextXY(col, ren, '8');
TRANSCoord(9.9, 14.9, col, ren); OutTextXY(col, ren, '9');

If (opc=1) then
  Begin
    SetTextStyle(2, 0, 5);
    OutTextXY(380, 50, 'Combinacion');
    OutTextXY(500, 50, 'Error Promedio');
    For i:=1 To num_combina-1 Do
      Begin
        Str(i:2, cad1);
        OutTextXY(420, i*10+55, cad1);
        Str(eps[i]:4:4, cad1);
        OutTextXY(500, i*10+55, cad1);
      End;
    End;
  PAUSA_GRA;
  CloseGraph;
End;

(* ARCHIVO: MENU_2_3 *)
Procedure MENU_MODELO_2_3(modelo:Byte);

```

```

Const
  cad_modelo : Array[2..3] Of String[50] = ('MODELO DE HOLT',
      'MODELO DE WINTERS');

Begin
  NORMAL;
  bandera_archivo:=True;
  cadenas[1]:=' GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO ';
  cadenas[2]:=' INICIALIZACION DEL MODELO ';
  cadenas[3]:=' DISEÑO LIMITES DE CONTROL ';
  cadenas[4]:=' P R O N O S T I C O      ';
  cadenas[5]:=' C O N T R O L          ';
  opc:=1;
  ClrScr;
  CUADRO(2,1,2,79,23,'      '+cad_modelo[modelo]+'      ', '(F10)
Información');
  LET(1,5,8,'Número de Años para Suavizar el Modelo, (k) :');
  LEER_INTEGER(k);
  LET(1,5,10,'Número de Años para Determinar la Combinación
Nominal, (L) :');
  LEER_INTEGER(l);
  LET(1,5,12,'Número de Años para Determinar limites de
Control, (M) :');
  LEER_INTEGER(m);
  LET(1,5,14,'Número de Periodos por cada Año, (np) :');
  LEER_INTEGER(np);
  nd:=np*(k+l+m);
  ban_graf :=False;
  Repeat
    ClrScr;
    CUADRO(2,1,2,79,24,'      '+cad_modelo[modelo]+'      ', '(F10)
Información ');
    LETRERO_ARCH_TECL;
    CUADRO(1,22,7,55,15,' MENU MODELO ', '(ESC) Terminar');
    OPC_DESEAD(cadenas,5,24,9,opc);
    Case opc Of
      0 : bandera_archivo:=Not (bandera_archivo);
      1 : GRAFICA_SERIE;
      2 : INICIALIZACION;
      3 : DIS_LIM_CONTROL;
      4 : PRONOSTICO;
      5 : CONTROL
    End
  Until((opc=6)Or(ban_graf));
End;

```

(* ARCHIVO: HOLT.TXT (Archivo de Información) *)
 INFORMACION SOBRE EL MODELO DE HOLT (SUAVIZACION CON DOS PONDE-
 DERADORES ESPONENCIALES) PARA UNA SERIE DE TIEMPO CON PROCESO -
 CON TENDENCIA CONTROLADO POR EL MODELO ADAPTIVO DE ROBERT Y REED

FASE A. GRAFICA DE LA SERIE DE TIEMPO

Se traza la serie de tiempo de los $(K + L + M)$ años de datos históricos.

Para aplicar el modelo de Holt, la serie de tiempo debe tener un proceso con tendencia.

FASE B. INICIALIZACION DEL MODELO.

Se utilizan los K años de datos históricos.

- 1.- Se calculan los arrancadores $C(0)$, $T(0)$ del modelo.
- 2.- Suavice todas las combinaciones (x, z) , utilizando los componentes $C(0)$ y $T(0)$.
- 3.- Con los componentes $C(K*12)$ y $T(K*12)$ obtenidos al suavizar cada combinación (x, z) pronostique para el año L de datos históricos.

Se utilizan los L años de datos históricos.

- 4.- Determine la desviación estándar del error del pronóstico para cada combinación (x, z) .
- 5.- Seleccione como combinación nominal (X_0, Z_0) aquella que tenga la mínima desviación estándar.

FASE C. DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL.

- 1.- Apartir de la combinación nominal (X_0, Z_0) obtener las combinaciones de control superior e inferior (X_s, Z_s) , (X_i, Z_i) respectivamente.

2.- Obtener las 4 combinaciones de control.

Se utilizan los datos históricos del año L.

3.- Suavice la combinación nominal (X_0, Z_0) y las 4 de control utilizando los ($L*12$) datos históricos y los componentes C($k*12$) y T($k*12$) para la combinación nominal (X_0, Z_0).

4.- Con los componentes C[$(k+12)*12$] y T[$(k+12)*12$] pronostique para el año M de datos históricos.

Se utilizan los datos históricos del año M.

5.- Determine los errores al cuadrado para cada combinación y periodo j.

6.- Determine el rango de errores al cuadrado para cada una de las 5 combinaciones.

7.- Calcule el rango promedio de todos los rangos.

8.- Determine la desviación estándar del error, por el método de rango promedio.

9.- Obtenga los límites de control inferior y superior para un nivel de confianza determinado.

FASE D. PRONOSTICO PARA PLANEACION.

Se utilizan los años M de datos históricos.

- 1.- Con los componentes $C [(k+L) * 12]$ y los $T [(k+L) * 12]$ para la combinación nominal (X_0, Z_0) suavizar la combinación nominal utilizando los datos históricos del año M.
- 2.- Con los componentes $C [(k+L+M) * 12]$ y los $T [(k+L+M) * 12]$ genere el pronostico para la planeación de operaciones de la empresa.

FASE E. CONTROL DEL MODELO.

Se utiliza el año M de datos históricos.

- 1.- Con los componentes $C [(k+L) * 12]$ y los $T [(k+L) * 12]$ para la combinación nominal (X_0, Z_0) , suavice las 4 combinaciones de control utilizando los $M*12$ datos históricos del año M.
- 2.- Con los componentes $C [(k+L+M) * 12]$ y los $T [(k+L+M) * 12]$ para cada combinación de control, genere los pronósticos para control para el año real M+1.

A continuación se utilizan los datos reales del año M+1.

- 3.- Utilizando los datos reales del año M+1 y los pronósticos para control generados para el año M+1, - determine los errores al cuadrado para cada combinación de control y periodos j.
- 4.- Determine los promedios de errores al cuadrado para cada combinación de control.

$$E(z) = (i)$$

- 5.- Calcular los errores esperados para cada ponderador.

$$E(x) \quad , \quad E(z)$$

- 6.- Compare los errores esperados $E(x)$, $E(z)$ con los límites de control superior e inferior.
- 7.- Ajuste la combinación nominal (X_0, Z_0) si es necesario.

REGRESE A LA FASE D.

MODELOS

MENU PRINCIPAL

SUAVIZACION EXP. SIMPLE
MODELO DE HOLT
MODELO DE WINTERS

<ESC> Terminar

ING. JOSE LUIS CORONEL TRUJILLO

MODELO DE HOLT

Número de Años para Suavizar el Modelo, (k) :2

Número de Años para Determinar la Combinación Nominal, (L) :1

Número de Años para Determinar límites de Control, (M) :1

Número de Periodos por cada Año, (np) :12

<F10> Información

MODELO DE HOLT

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
DISEÑO LIMITES DE CONTROL
P R O N O S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL ARCHIVO
OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO

<F10> Información

INFORMACION SOBRE EL MODELO DE HOLT (SUAVIZACION CON DOS PONDERADORES ESPONENCIALES) PARA UNA SERIE DE TIEMPO CON PROCESO -
COR TENDENCIA CONTROLADO POR EL MODELO ADAPTIVO DE ROBERT Y REED

FASE A. GRAFICA DE LA SERIE DE TIEMPO

Se traza la serie de tiempo de los $(K + L + M)$ años de datos históricos.

Para aplicar el modelo de Holt, la serie de tiempo debe tener un proceso con tendencia.

FASE B. INICIALIZACION DEL MODELO.

Se utilizan los K años de datos históricos.

- 1.- Se calculan los arrancadores $C(0)$, $T(0)$ del modelo.

Oprima una Tecla

MODELO DE HOLT

- 2.- Suavice todas las combinaciones (x,z), utilizando los componentes $C(0)$ y $T(0)$.
- 3.- Con los componentes $C(K \cdot 12)$ y $T(K \cdot 12)$ obtenidos al suavizar cada combinación (x, z) pronostique para el año L de datos históricos.

Se utilizan los L años de datos históricos.
- 4.- Determine la desviación estándar del error del pronóstico para cada combinación (x,z).
- 5.- Seleccione como combinación nominal (Xo, Zo) aquella que tenga la mínima desviación estándar.

FASE C. DISEÑO DE LÍMITES DE CONTROL.

- 1.- Apartir de la combinación nominal (Xo,Zo) obtener las combinaciones de control superior e inferior -

Oprima una Tecla

MODELO DE HOLT
(X_s, Z_s), (X_i, Z_i) respectivamente.

2. - Obtener las 4 combinaciones de control.

Se utilizan los datos históricos del año L.

3. - Suavice la combinación nominal (X_o, Z_o) y las 4 de control utilizando los ($L+12$) datos históricos y los componentes $C(k+12)$ y $T(k+12)$ para la combinación nominal (X_o, Z_o).

4. - Con los componentes $C[(k+12)+12]$ y $T[(k+12)+12]$ pronostique para el año M de datos históricos.

Se utilizan los datos históricos del año M.

5. - Determine los errores al cuadrado para cada combinación y periodo j.

Oprima una Tecla

MODELO DE HOLT

- 6.- Determine el rango de errores al cuadrado para cada una de las 5 combinaciones.
- 7.- Calcule el rango promedio de todos los rangos.
- 8.- Determine la desviación estándar del error, por el método de rango promedio.
- 9.- Obtenga los límites de control inferior y superior para un nivel de confianza determinado.

FASE D. PRONOSTICO PARA PLANEACION.

Se utilizan los años M de datos históricos.

- 1.- Con los componentes $C [(k+L) + 12]$ y los $T [(k+L) + 12]$ para la combinación nominal (X_0, Z_0) suavizar la combinación nominal utilizando los datos históricos del año M.

Oprima una Tecla

MODELO DE HOLT

- 2.- Con los componentes $C [(k+L+M) * 12]$ y los $T [(k+L+M) * 12]$ genere el pronostico para la planeación de operaciones de la empresa.

FASE E. CONTROL DEL MODELO.

Se utiliza el año M de datos históricos.

- 1.- Con los componentes $C [(k+L) * 12]$ y los $T [(k+L) * 12]$ para la combinación nominal (X_0, Z_0) , suavice las 4 combinaciones de control utilizando los $M*12$ datos históricos del año M.
- 2.- Con los componentes $C [(k+L+M) * 12]$ y los $T [(k+L+M) * 12]$ para cada combinación de control, genere los pronósticos para control para el año real $M+1$.

Oprima una Tecla

MODELO DE HOLT

A continuación se utilizan los datos reales del año M+1.

3. - Utilizando los datos reales del año M+1 y los pronósticos para control generados para el año M+1, - determine los errores al cuadrado para cada combinación de control y periodos j.
4. - Determine los promedios de errores al cuadrado para cada combinación de control.

$$E^2 (i)$$

5. - Calcular los errores esperados para cada ponderador.

$$E (x) , E (z)$$

6. - Compare los errores esperados $E(x)$, $E(z)$ con los

Oprima una Tecla

MODELO DE HOLT
limites de control superior e inferior.

7.- Ajuste la combinación nominal (X_0 , Z_0) si es necesario.

REGRESE A LA FASE D.

Oprima una Tecla

MODELO DE HOLT

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
DISEÑO LIMITES DE CONTROL
P R O N O S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL ARCHIVO
OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO

<F10> Información

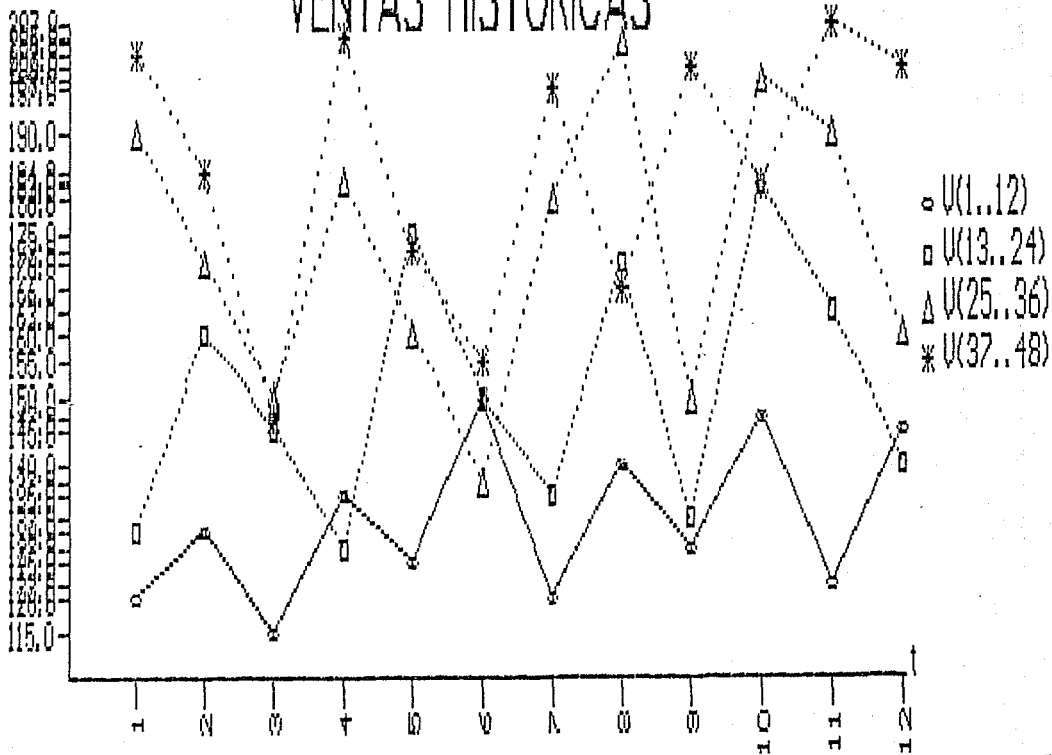
VENTAS HISTORICAS

MES	t	V(t)	t	V(t)	t	V(t)	t	V(t)
E	1	120.0	13	130.0	25	190.0	37	202.0
F	2	130.0	14	160.0	26	170.0	38	184.0
M	3	115.0	15	145.0	27	150.0	39	147.0
A	4	135.0	16	127.0	28	183.0	40	205.0
M	5	125.0	17	175.0	29	160.0	41	172.0
J	6	150.0	18	150.0	30	137.0	42	155.0
J	7	120.0	19	135.0	31	180.0	43	197.0
A	8	140.0	20	170.0	32	204.0	44	166.0
S	9	127.0	21	132.0	33	150.0	45	200.0
O	10	147.0	22	182.0	34	198.0	46	182.0
N	11	122.0	23	163.0	35	190.0	47	207.0
D	12	145.0	24	140.0	36	160.0	48	200.0

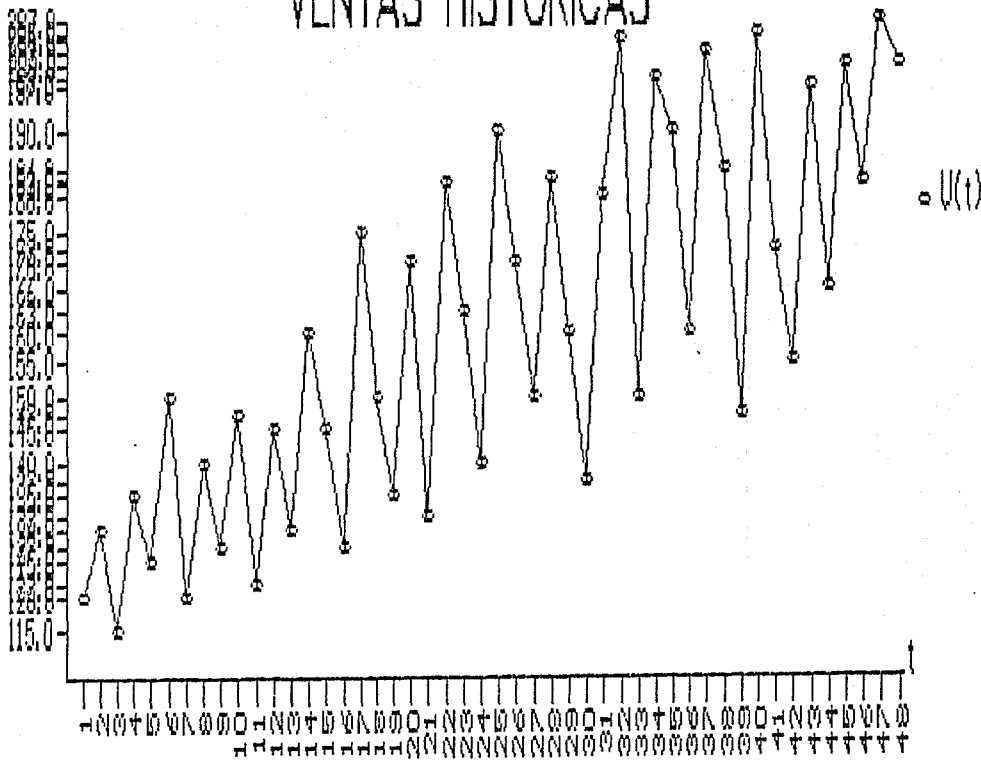
Oprima una Tecla

<F10> Información

VENTAS HISTORICAS



VENTAS HISTORICAS



Oprima
una
Te

La serie de Tiempo tiene un comportamiento con Tendencia ? (S/N):

MODELO DE HOLT

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
DISEÑO LIMITES DE CONTROL
P R O N O S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL ARCHIVO
OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO

<F10> Información

INICIALIZACION DEL MODELO

Desea Introducir los Datos [S/N]

<F10> Información

INICIALIZACION DEL MODELO

Incremento del ponderador X:0.1
Incremento del ponderador Z:0.1

<F10> Información

INICIALIZACION DEL MODELO

Arrancador Constante C[0] = 121.54
Arrancador Tendencia T[0] = 1.56

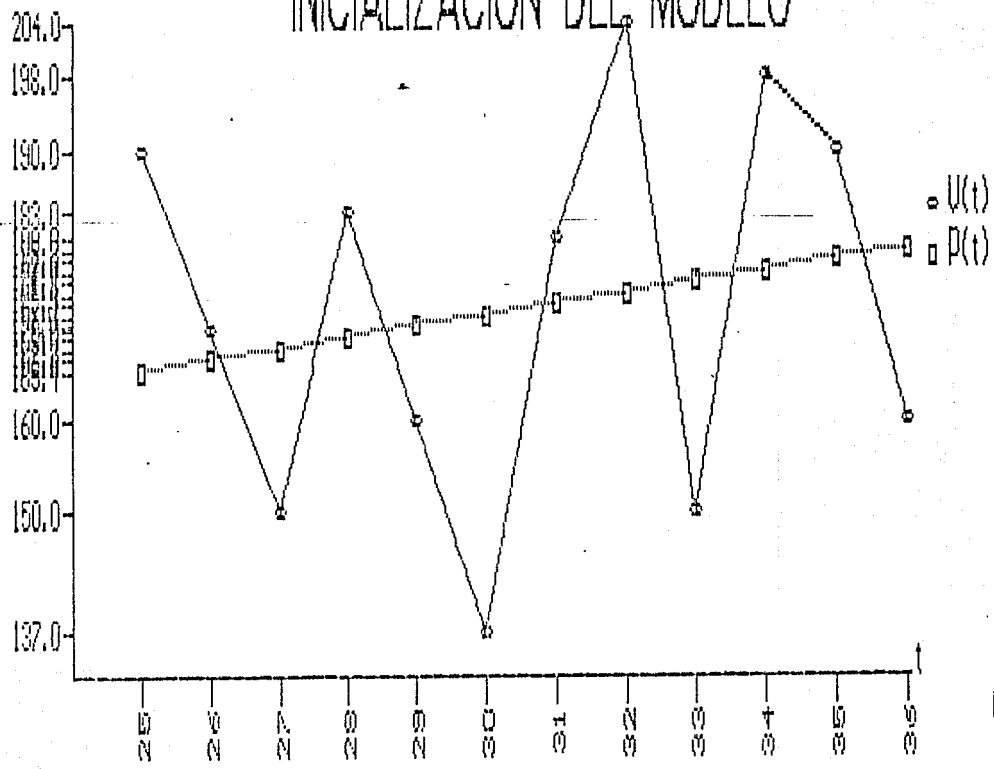
Incremento del ponderador X:0.1
Incremento del ponderador Z:0.1

El Ponderador Xmin es : 0.30
El Ponderador Zmin es : 0.10
Desviación Minima es : 21.30

Oprima una Tecla

<F10> Información

INICIALIZACION DEL MODELO



Oprima
una
Tecla

MODELO DE HOLT

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
DISEÑO LIMITES DE CONTROL
P R O N O S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL ARCHIVO
OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO

<F10> Información

DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL

Combinacion Nominal

1	Xmin	Zmin	0.30	0.10
---	------	------	------	------

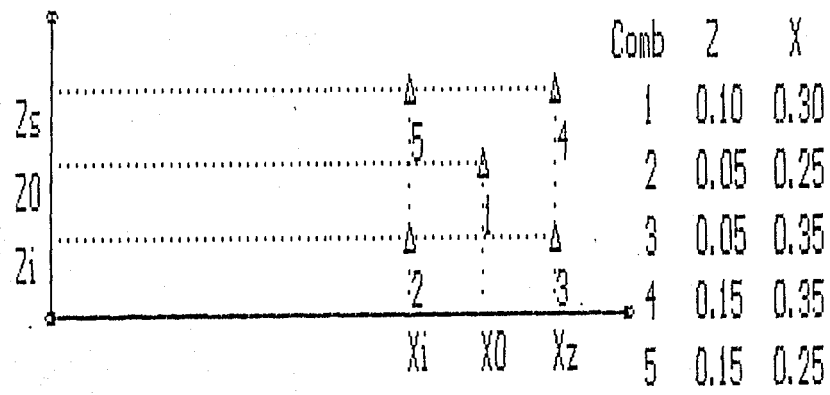
Combinaciones de Control

2	Xs(2)	Zs(2)	0.25	0.05
3	Xs(1)	Zs(2)	0.35	0.05
4	Xs(1)	Zs(1)	0.35	0.15
5	Xs(2)	Zs(1)	0.25	0.15

Oprima una Tecla para Continuar

<F10> Información

REPRESENTACION GRAFICA DE COMBINACIONES



Jna
Terla

DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL

Comb	Rango
1	1875.2996
2	3124.0779
3	3184.6213
4	1522.9742
5	1482.0688

RANGO PROMEDIO: 2237.8084

Consultando una tabla de rangos promedio en un libro de Tablas Estadísticas, para $n=5$, se lee $d=2.33$

DESVIACION ESTANDAR : 962.0844

LIMITES DE CONTROL:

con que Nivel de confianza desea los Limites de Control (99.73, 99, 98, 95, 95.45, 95, 90, 80, 68.27, 50%) : 99.73

Valor de Z_c (3, 2.58, 2.33, 2.05, 2, 1.96, 1.64, 1.28, 1, 0.67)

Correspondiente : 3.000

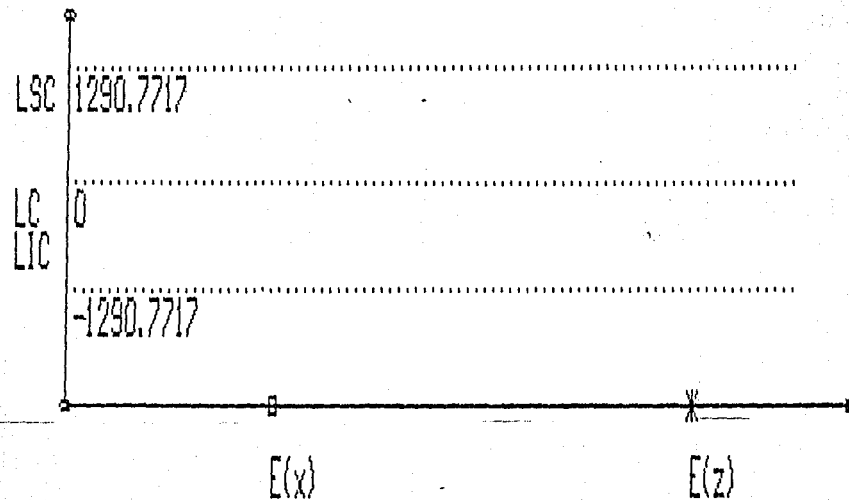
LÍMITE SUPERIOR DE CONTROL = 1290.77

LÍMITE INFERIOR DE CONTROL = -1290.77

Oprima una Tecla para Graficar los Limites de Control

<F10> Información

DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL



Oprima
una
Te-

MODELO DE HOLT

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
DISEÑO LIMITES DE CONTROL
P R O N O S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL ARCHIVO
OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO

<F10> Información

P R O N O S T I C O

Es el primer Pronóstico [S/N] ?

<F10> Información

P R O N O S T I C O

Año: 1991

Cuantos periodos por cada Año:12

<F10> Información

P R O N O S T I AÑO: 1991

Componente Constante C(48)=192.908

Componente de Tendencia T(48)=1.793

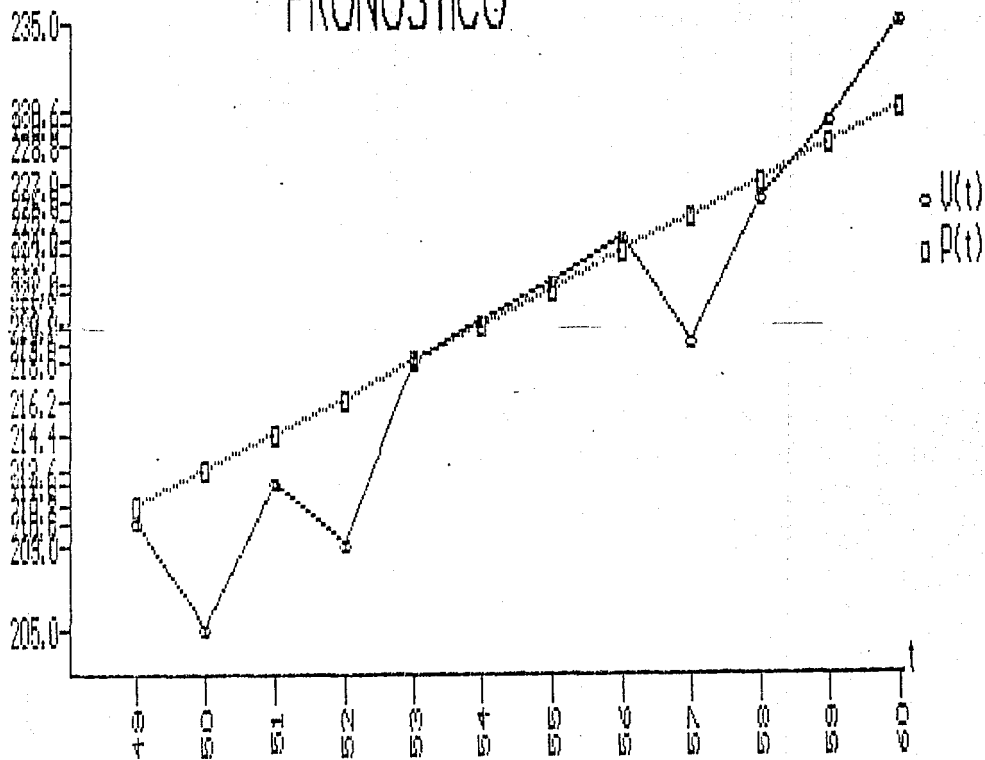
Combinacion Nominal : Xmin = 0.300
Zmin = 0.100

Periodo	Pronóstico
49	210.84
50	212.63
51	214.43
52	216.22
53	218.01
54	219.81
55	221.60
56	223.39
57	225.19
58	226.98
59	228.77
60	230.57

Oprime una Tecla para Graficar las Ventas y Pronósticos

<F10> Información

PRONOSTICO



a
una
Terla

MODELO DE HOLT

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
DISEÑO LIMITES DE CONTROL
P R O N O S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL ARCHIVO
OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO

<F10> Información

C O N T R O L

PROMEDIO DE ERRORES AL CUADRADO PARA CADA COMBINACION DE CONTROL:

Combinación	Error Promedio
UNSON	448.506
	601.629
	12.741
	33.127

Oprima una Tecla

<F10> Información

C O N T R O L

ERRORES ESPERADOS PARA CADA PONDERADOR :

Para el Componente Constante $E_x = 66.37$
Para el Componente Tendencia $E_z = -502.13$

AJUSTE DE PONDERADORES

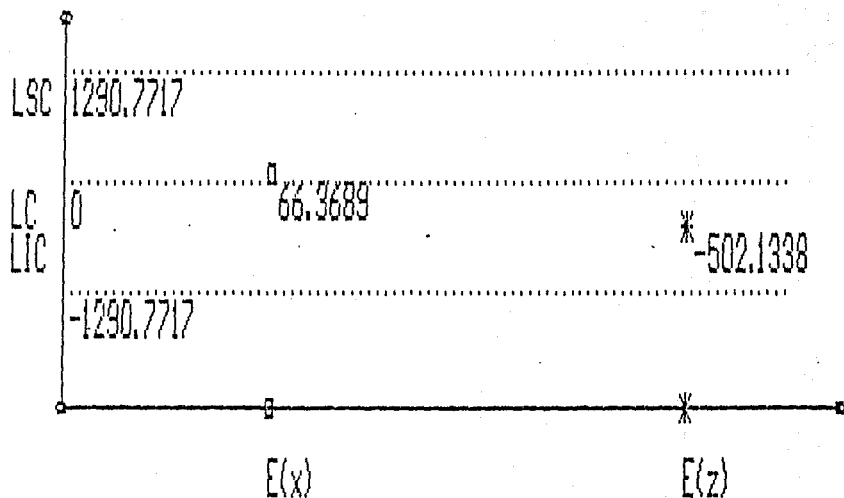
No se realiza ningun Ajuste a la Combinación Nominal $X_{min}=0.30$ y $Z_{min}=0.10$ Lo que significa que la serie de tiempo generada por el modelo sigue representando a la serie de tiempo real y por lo tanto está dentro de los límites de control

Ponderador $X_{min} = 0.30$
Ponderador $Z_{min} = 0.10$

Oprima una Tecla para Graficar los Errores

<F10> Información

CONTROL DEL MODELO DE PRONOSTICO



Oprima
una

MODELO DE HOLT

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
DISEÑO LIMITES DE CONTROL
P R O N O S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL ARCHIVO
OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO

<F10> Información

CAPITULO 4 .

MODELO DE PRONOSTICO DE

WINTERS

CAPITULO 4. MODELO DE PRONOSTICO WINTERS.

4.1.- DESCRIPCION DEL MODELO DE PRONOSTICO DE WINTERS.

El concepto de suavización exponencial puede ser extendido a ciertos casos en donde la venta cambia con el tiempo. Uno de esos casos en donde el promedio de la venta cambia de manera estacional o de temporada en el tiempo, esta representado mediante el siguiente modelo.

$$V(t) = I [C(t) + T(t)] E(t-12) + \epsilon(t)$$

en donde:

$V(t)$ = venta real en el periodo t .

$C(t)$ = componente constante en el periodo t .

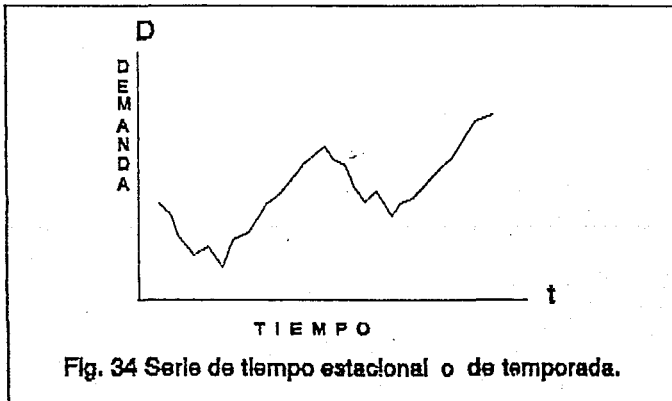
$T(t)$ = componente de tendencia en el periodo t .

$E(t)$ = componente estacional o de temporada en el periodo t .

$\epsilon(t)$ = componente de variaciones aleatorias en el periodo t que tiene media cero y variancia constante.

$$E[\epsilon(t)] = 0$$

$$\text{VAR}[\epsilon(t)] = \sigma^2$$



La serie de tiempo para un proceso estacional o de temporada incluye los cuatros componentes más comunes en las series de tiempo que describen el comportamiento de la venta de un producto determinado: componente constante, componente de tendencia, componente estacional y componente de variaciones aleatorias. A excepción del componente de variaciones aleatorias los demás pueden ser determinados con una aproximación muy considerable.

Se ha aplicado el método de suavización exponencial a una serie de tiempo con proceso constante en donde el estimador de la venta es obtenido a partir de sucesivas suavizaciones exponenciales, esto es:

$$C(t) = x V(t) + (1 - x) C(t-1)$$

El mismo concepto de suavización exponencial ha sido utilizado también para el caso de una serie de tiempo con proceso de tendencia. En donde el estimador del componente de tendencia ha sido determinado a partir de sucesivas suavizaciones exponenciales, esto es:

$$T(t) = z [C(t) - C(t-1)] + (1-z) T(t-1)$$

El cual requiere de la incursión de el componente estacional o de temporada. Cuyo estimador es definido de la siguiente manera:

$$\text{ESTIMADOR ESTACIONAL EN EL PERIODO } t = \frac{\text{VENTA REAL EN EL PERIODO } t}{\text{COMPONENTE CONSTANTE EN EL PERIODO } t}$$

$$E(t) = \frac{V(t)}{C(t)}$$

Y como el método que se utiliza en la presente tesis es el de suavización y ponderación exponencial, el componente estacional al igual que los componentes constantes y de tendencia, también es suavizado y ponderado exponencialmente.

$$E(t) = y (\text{estimador estacional}) + (1-y) (\text{componente estacional en el periodo } t-L)$$

En este caso $L = 12$

$$E(t) = y [V(t) / C(t)] + (1-y) E(t-12)$$

En donde:

$$0 \leq y \leq 1$$

Si se requiere pronosticar para el periodo t , será necesario el estimador estacional para ese periodo. Dicho estimador, sería el calculado para el periodo $t - L$.

Así pues el modelo de Winter's consta de 4 modelos:

- un modelo suavizador para el componente constante $C(t)$.
- Un modelo suavizador para el componente de tendencia $T(t)$
- Un modelo suavizador para el componente estacional $E(t-L)$
- Un modelo para pronosticar la venta del periodo t .

A continuación se describe cada uno de los modelos:

1.- Modelo suavizador para el componente constante $C(t)$

$$C(t) = \alpha [V(t)/E(t-L)] + (1-\alpha) [C(t-1) + T(t-1)]$$

Donde $0 \leq \alpha \leq 1$ es la constante de suavización.

$E(t-L)$ es el componente estacional para el periodo $t-L$
 $V(t)/E(t-L)$ es la componente constante actual al desestacionalizar el dato $V(t)$.

$\alpha [V(t)/E(t-L)]$ es la componente constante actual ponderada.

$C(t-1) + T(t-1)$ es la componente constante calculada -- mediante la componente constante y de -- tendencia anterior.

2.- COMPONENTE SUAVIZADOR QUE ACTUALIZA EL ESTIMADOR PARA COMPONENTE DE TENDENCIA.

$$T(t) = z [C(t) - C(t-1)] + (1-z) T(t-1)$$

Donde $0 \leq z \leq 1$ es la segunda constante. Observe que el -- estimador de componente de tendencia actual es simplemente -- la diferencia ponderada entre dos estimaciones sucesivas del componente constante, más la ponderación exponencial del -- componente de tendencia anterior.

- 3.- MODELO SUAVIZADOR QUE ACTUALIZA EL ESTIMADOR PARA EL COMPONENTE ESTACIONAL PARA EL PERIODO t .

$$E(t) = \gamma [V(t)/C(t)] + (1-\gamma) E(t-L)$$

Donde:

- $0 \leq \gamma \leq 1$ es la tercera constante de suavización.
- $V(t)/C(t)$ es la variación estacional ponderada exponencialmente actual del componente estacional.
- $E(t-L)$ es el estimador ponderado exponencialmente calculado para $t-L$ periodos anteriores.

- 4.- MODELO MATEMATICO PARA PRONOSTICAR LA VENTA EN PERIODO FUTURO $t + j$.

$$P(t+j) = [C(t) + j T(t)] E [(t+j) - L]$$

Observe que al estar afectado el modelo por el componente estacional, nos proyecta el comportamiento aproximado tanto del componente constante como de tendencia del periodo $t + j - 12$ al periodo $t + j$.

Si en el modelo anterior hacemos $j = 1$ y $L = 12$

$$P(t+1) = [C(t) + 1T(t)] E [(t+1) - 12]$$

Es decir que la venta del mes $(t+1)$ (por ejemplo, abril) es igual a la suma de los componentes constantes y tendencia del mes t (marzo), por el componente estacional del mes $(t+1) - 12$ (abril del año pasado).

$$P \text{ abril} = (C \text{ marzo} + T \text{ marzo}) E (\text{abril del año pasado}).$$

Cuando se calcula el componente estacional del mes de abril se utilizó la venta y el componente constante en ese periodo así también al obtener el componente constante se utiliza el componente de tendencia, de tal forma que al multiplicar por $(C \text{ marzo} + T \text{ marzo})$ de hecho estamos proyectando al futuro el comportamiento que tuvieron ambos componentes L periodos anteriores.

Como complemento al análisis anterior considerese la siguiente explicación:

Sabiendo que el modelo matemático de pronóstico para una serie de tiempo estacional del tipo multiplicativo es:

$$V(t) = [C(t) + T(t)] E(t+m-L)$$

Si se desea analizar al componente estacional para un tiempo t considere a $T(t) = 0$, lo que resulta:

$$V(t) = C(t) E(t)$$

de donde: $E(t) = V(t) / C(t)$ es el factor de estacionalidad para un periodo t .

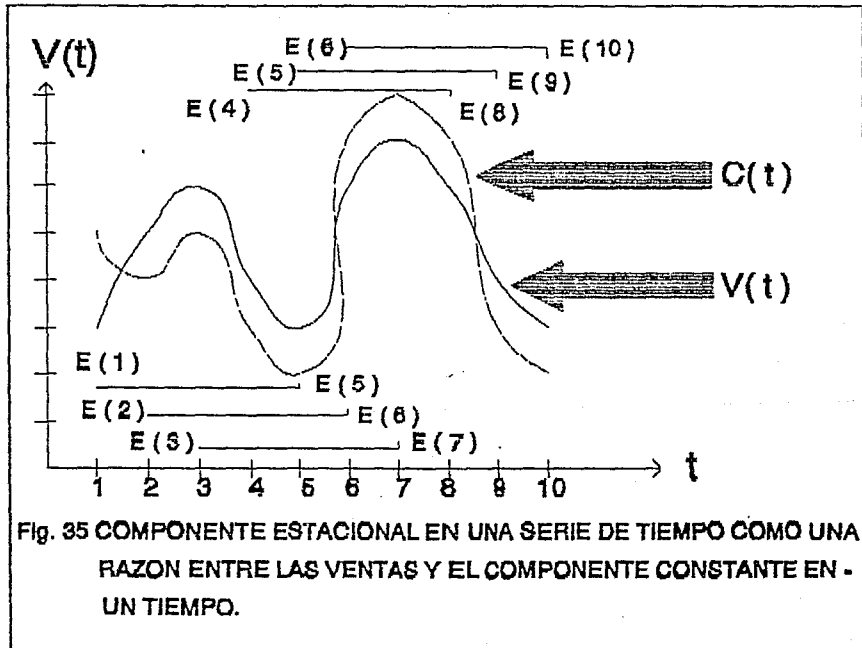


Fig. 35 COMPONENTE ESTACIONAL EN UNA SERIE DE TIEMPO COMO UNA RAZON ENTRE LAS VENTAS Y EL COMPONENTE CONSTANTE EN UN TIEMPO.

El proceso de suavización para el componente de estacionalidad - $E(t)$ empieza con un arrancador o componente inicial $E(0)$ en algún momento inicial $t=0$.

La estacionalidad aparente en un periodo t es igual al cociente - del componente constante, y el de ventas correspondiente:

$$E(t) = V(t) / C(t)$$

Pero como el cociente anterior esta sujeto a variaciones aleatorias deberemos ponderar tanto el cociente actual de $e(t)$ como el componente estacional de L periodos pasados.

$$E(t) = \gamma \frac{C(t)}{V(t)} + (1-\gamma) E(t+m-L)$$

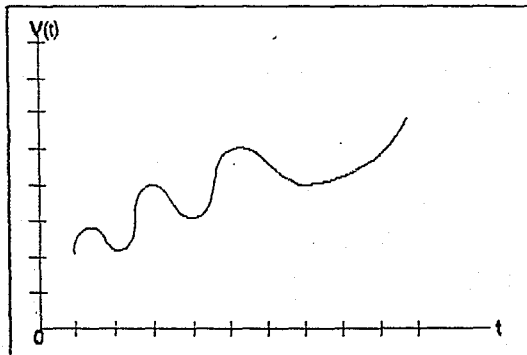
Mediante este proceso y utilizando diferentes valores de ponderadores γ , se suaviza el modelo y se obtiene el conjunto L de componentes estacionales $E(t+m-L)$, mismos que con los componentes constantes $C(t)$ y de tendencia $T(t)$ óptimos, generan matemáticamente el modelo que mejor se ajusta a la situación real.

Para un proceso estacional existen dos formas de series de tiempo y consecuentemente dos modelos matemáticos y son:

MODELO ESTACIONAL MULTIPLICATIVO.

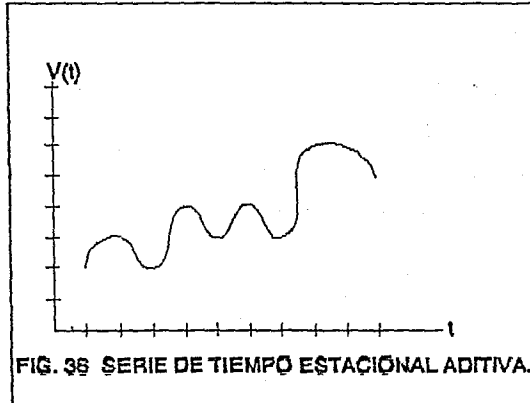
$$V(t) = [C(t) + T(t)] E(t+m-L) + \epsilon(t)$$

con sus tres modelos suavizadores se utiliza cuando el modelo estacional tiene una amplitud L proporcional al nivel promedio de la serie.



MODELO ESTACIONAL ADITIVO

$V(t) = C(t) + T(t) + E(t) + \epsilon(t)$
 y sus tres modelos suavizadores se utiliza cuando el modelo estacional tiene una amplitud L independiente del nivel promedio de la serie.



En la presente tesis, se aplica el modelo matemático de Winter's a una serie de tiempo con comportamiento o proceso estacional - multiplicativo y $L = 12$ meses entonces:

$$\sum_{t=1}^L E(t) = L = 12$$

CRITERIO PARA SELECCIONAR LA TRIADA O COMBINACION NOMINAL O CENTRAL DE LOS PONDERADORES EXPONENCIALES x, y, z .

Al igual que en los métodos anteriores, en el de Winter's también se utiliza el método de búsqueda para seleccionar la triada o combinación nominal o central x, y, z .

El método consiste en probar (suavizar) las posibles combinaciones de ponderadores hasta encontrar la triada que nos genere la mejor desviación estándar del error del pronóstico.

Las combinaciones de x, y, z ; así como las desviaciones estándar del error, se obtienen de la siguiente manera:

$\kappa = 0.1$					
y	z				
0.1	0.1,	0.2,	0.3,	....,	1.0
0.2	0.1,	0.2,	0.3,	....,	1.0
0.3	0.1,	0.2,	0.3,	....,	1.0
.
.
1.0	0.1,	0.2,	0.3,	....,	1.0
$\kappa = 0.2$					
0.1	0.1,	0.2,	0.3,	....,	1.0
0.2	0.1,	0.2,	0.3,	....,	1.0
0.3	0.1,	0.2,	0.3,	....,	1.0
.
.
1.0	0.1,	0.2,	0.3,	....,	1.0
$\kappa = 1.0$					
0.1	0.1,	0.2,	0.3,	....,	1.0
0.2	0.1,	0.2,	0.3,	....,	1.0
0.3	0.1,	0.2,	0.3,	....,	1.0
.
.
1.0	0.1,	0.2,	0.3,	....,	1.0

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n [V_f(t) - P_f(t)]^2}{n}}$$

n = No. de períodos para los que se calcula la desviación estándar del error.

CALCULO DE LOS ARRANCADORES (COMPONENTES INICIALES) CUANDO EL MODELO DE WINTER'S SE APLICA POR PRIMERA VEZ.

En los siguientes cálculos se designa a "N" como el número del total de los años de venta histórica (H) que se posean, y que serán utilizados para calcular los arrancadores o componentes iniciales. Por ejemplo: Si $H = 4$ años, $N = 2$ años y $L = 12$ meses

arrancador de tendencia T(0)

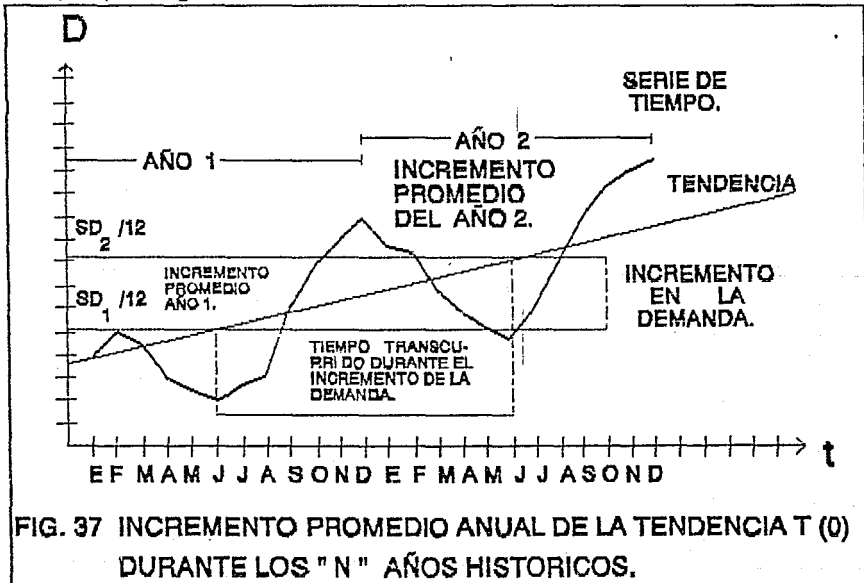
El factor de tendencia inicial, se calcula conociendo el incremento promedio anual de las ventas durante los "N" años de venta histórica.

Por ejemplo: Si $N = 2$ años de venta histórica, tenemos:

$V(1) =$ suma de la venta en el año 1.

$V(2) =$ suma de la venta en el año 2.

A continuación se ilustra el gráfico que representa la serie de tiempo que sigue la venta durante los 2 años (N).



Por lo que, el incremento anual de las ventas durante éstos dos años será el siguiente:

$$\frac{V(2)/12 - V(1)/12}{1} = \frac{[V(2) - V(1)]/12}{1} = \frac{V(2) - V(1)}{12(1)}$$

En donde 1 es el tiempo transcurrido durante el incremento de la venta.

En general, el promedio anual, para cualquier valor de N, será:

$$\frac{V(N) - V(1)}{12(N-1)}$$

Sin embargo, el modelo de Winters requiere que el incremento promedio se exprese por periodo, lo que dividiendo el incremento anual entre los 12 meses del año, resultando la ecuación general que nos da el factor de tendencia inicial.

$$T(0) = \frac{V(N) - V(1)}{144(N-1)}$$

En donde:

- N = número del total de la venta histórica.
- V(N) = suma de la venta del último año N.
- V(1) = suma de la venta del primer año.

ARRANCADOR CONSTANTE C(0).

El factor constante inicial C(0), se calcula substrayendo de la venta promedio durante el primer año, la contribución de la tendencia T(0), como se observa en la figura.

En donde:

$$C(0) = V(1)/12 - 5.5 T(0)$$

T(0) = tendencia inicial.

5.5 = contribución total de la tendencia durante el año 1.

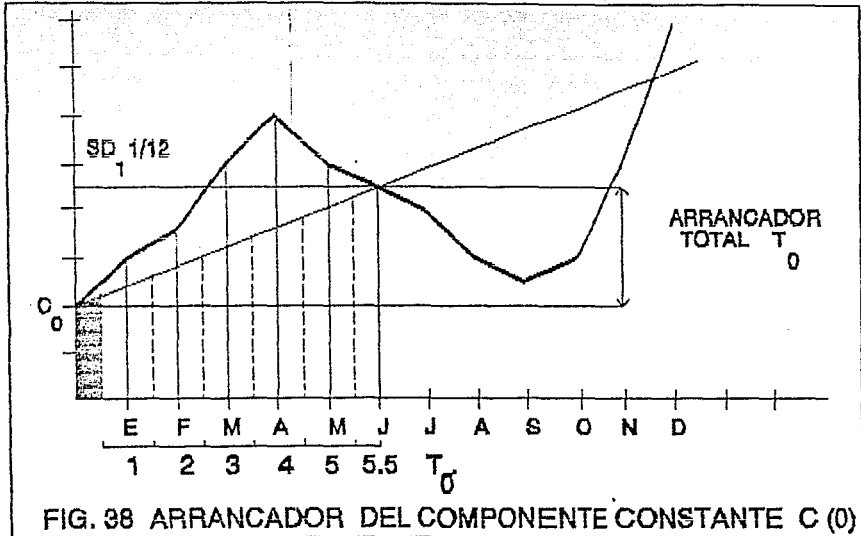


FIG. 38 ARRANCADOR DEL COMPONENTE CONSTANTE $C(0)$

CALCULO DE LOS ARRANCADORES ESTACIONALES $E(0, j)$.

Debido a que la amplitud total del periodo estacional es de $L = 12$ meses, los factores estacionales requieren del calculo de 12 valores iniciales del total de los periodos correspondientes a los "N" años de venta histórica.

Los factores estacionales, son calculados para cada mes en función de $Q(t)$, la cual se define como la razón de la venta para el mes t , o sea $V(t)$ y, el componente constante de ese mes, $C(t)$ en donde

$$Q(t) = V(t) / C(t)$$

sustituyendo el valor del factor constante $C(t)$, resulta:

$$Q(t) = V(t) / V_i/12 - (6.5 - j)T_0$$

donde:

$$\left(\frac{L+1}{2}\right) = \left(\frac{12+1}{2}\right) = 6.5$$

Qué es la amplitud media del periodo estacional.

$j = A$ la posición del mes dentro del año; por ejemplo: para enero $j = 1$, para febrero $j = 2$, finalmente para diciembre $j = 12$.

$$V(i) / 12 = \text{venta promedio del año } i.$$

Se observa que en la fórmula para obtener $Q(t)$, se divide a la venta $V(t)$, por el constante puro, ya que para obtener $Q(t)$, se divide a la venta $V(t)$, por el constante puro, ya que a la venta $V(i) / 12$ se le va substrayendo la contribución correspondiente de la tendencia total $(6.5-j) T(\theta)$ y,

$$(6.5 - j) T(\theta) = \text{tendencia total correspondiente que se irá substrayendo de cada promedio } V(i) / 12, \text{ - (anual) para obtener el constante puro en cada periodo } t.$$

Se tiene $N = 2$ años de venta histórica, para estimar los coeficientes, se tendrá por ejemplo: que la razón estacional $Q(t)$, para el mes de enero del año 1, será:

$$Q(1) = V(1) / C(1) = V(1) / [V(1)/12 - (6.5-1) T(\theta)] = \\ V(1) / V(1) / 12 - 5.5 T(\theta)$$

La razón de $Q(t)$, para el mes de octubre del año 1, será:

$$Q(10) = V(10) / C(10) = V(10) / [V(1)/12 - (6.5-10) T(\theta)] = \\ V(10) / V(1) / 12 + 3.5 T(\theta)$$

El signo +, que tiene el último término del cálculo anterior se - debe al cambio de eje.

Para el mes de mayo del segundo año, la razón $Q(t)$, será:

$$Q(17) = V(17) / C(17) = V(17) / [V(2)/12 - (6.5-5) T(\theta)] = \\ V(17) / V(2) / 12 + 1.5 T(\theta)$$

Y así, sucesivamente, hasta obtener las 24 razones $Q(t)$, de los periodos de los 2 años.

Una vez que se han calculado todas las razones $Q(t)$, se procede a obtener el promedio de razones para el mismo mes de cada año N - (el promedio de los meses de enero, febrero, etc) esto se hace con la finalidad de obtener un factor por cada uno de los meses del año.

Así, por ejemplo, para el mes de enero tenemos:

$$\bar{Q}(1) = [Q(1) + Q(13) + \dots + Q(1 + 12 + (N - 1))] / N.$$

En forma similar se calcula el promedio de las razones para los once meses restantes.

En general, el promedio de las razones para un mismo mes j de los N años de venta histórica se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\bar{Q}(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q[j + 12(i - 1)]$$

$j = 1, 2, \dots, 12$ meses.

$i = 1, 2, \dots, N$ años.

El promedio para febrero será:

$$Q(2) = [Q(2) + Q(14) + Q(26) + \dots + Q(2+12(N-1))] / N.$$

Finalmente, las razones estacionales son normalizados de tal manera que la suma de los componentes estacionales, sean igual a 12.

$$\sum_{j=1}^{12} E(j) = 12$$

En donde, definimos el componente estacional de un mes dado como:

$$E(0, j) = \frac{\text{razón promedio del mes } j, [\bar{Q}(j)]}{\text{promedio de las razones } \bar{Q}(j)} = \bar{Q}(j) / \bar{Q}$$

siendo el promedio de las razones:

$$\bar{Q} = \sum_{j=1}^{12} \frac{\bar{Q}(j)}{12}$$

Y así por ejemplo, para los meses de enero, febrero, ..., diciembre; los componentes estacionales iniciales serán:

$$E(0, 1) = \bar{Q}(1) / \bar{Q}$$

$$E(0, 8) = \bar{Q}(8) / \bar{Q}$$

$$E(0, 2) = \bar{Q}(2) / \bar{Q}$$

$$E(0, 12) = \bar{Q}(12) / \bar{Q}$$

El último paso se realiza para asegurarnos que un año dado, los factores estacionales representan únicamente estacionalidad y no incrementos de componentes de tendencia.

4.2.- DESCRIPCION DEL MODELO DE ROBERT Y REED PARA TRES PONDERADORES.

En la aplicación del modelo de Robert y Reed, seguiremos el siguiente procedimiento:

A) diseño de los límites de control.

B) revisión del pronóstico y ajuste de la triada nominal x, y, z

A) DISEÑO DE LOS LÍMITES DE CONTROL.

- 1.- Una vez seleccionada la combinación o triada nominal o central x, y, z ; se determinan las condiciones inferior superior de control, aplicando las siguientes relaciones:

$$x_i = x - d.$$

$$x_s = x + d.$$

$$y_i = y - d.$$

$$y_s = y + d.$$

$$z_i = z - d.$$

$$z_s = z + d.$$

donde d es una constante cuyo valor es 0.05

Las combinaciones x_i, y_i, z_i Y x_s, y_s, z_s nos determinan los límites inferior y superior entre los que variará la combinación nominal o central x_0, y_0, z_0 .

- 2.- Combinando las triadas x_i, y_i, z_i Y x_s, y_s, z_s se obtienen las 2³ combinaciones de control, en nuestro caso $F=3$, ya que son los 3 ponderadores que se van a controlar.

Las 8 combinaciones resultantes, más la nominal, nos dan las 9 combinaciones que servirán para diseñar los límites de control véase la fig. 37.

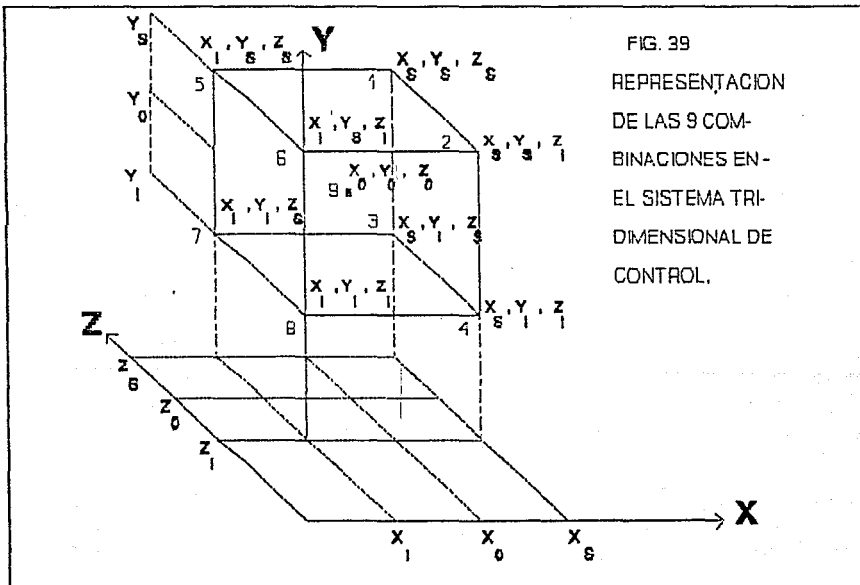
Las 9 combinaciones, son el centro y vértices de un cubo o paralelepípedo rectángulo. En un sistema tridimensional cuyos ejes son los tres ponderadores x, y, z . (FIG. 37)

En la fig. 37 observamos que el factor ponderador x varía entre los planos representados por 1,2,3,4 y 5,6,7,8, el factor ponderador y varía entre los planos representados por 1,2,5,6 y 3,4,7,8.

El factor ponderador z varía entre los planos representados por 1,3,5,7, y 2,4,6,8.

COMBINACIONES.

1	x ₁ , s	y ₁ , s	z ₁ , s
2	x ₁ , s	y ₁ , s	z ₁ , i
3	x ₁ , s	y ₁ , i	z ₁ , s
4	x ₁ , s	y ₁ , i	z ₁ , i
5	x ₁ , i	y ₁ , s	z ₁ , s
6	x ₁ , i	y ₁ , s	z ₁ , i
7	x ₁ , i	y ₁ , i	z ₁ , s
8	x ₁ , i	y ₁ , i	z ₁ , i



- 3.- Se suavizan las 9 combinaciones ($2^3 + 1$), utilizando la venta histórica del penúltimo año.
- 4.- Tabulando los resultados anteriores, se genera el pronóstico (para diseño de control) para el último año de venta histórica y se determinan los errores al cuadrado generados por cada una de las 9 combinaciones k.

$$e^2(i, j) = [V(j) - P(j)]^2$$

i = combinación de control.

j = periodo para el que se calcula el error e^2

- 5.- Se determina el rango para cada una de las 9 combinaciones.

$$R = e^2(i, j) \text{ máximo} - e^2(i, j) \text{ mínimo.}$$

- 6.- Después de calculados los 9 rangos, se determina el rango promedio.

$$\bar{R} = \frac{\sum_{k=1}^9 R(k)}{9}$$

- 7.- Determinación de la desviación estándar s.

En la tabla de rangos promedios buscamos el valor de $n=9$ con el que determinamos el valor de la constante $d_2 = 2.97$, constante que relaciona el rango promedio con la desviación estándar s, y que nos sirve para obtener el valor de la misma s.

$$s = \bar{R} / d_2$$

- 8.- Diseño de los límites de control.

Los límites inferior y superior para controlar el pronóstico vienen determinados por las siguientes relaciones.

$$LSC. = +3 \sqrt{\frac{1}{2n}} s$$

$$LIC. = -3 \sqrt{\frac{1}{2n}} s$$

En donde:

El 3 representa el nivel del 99.73 % de confianza.

n = grupo de datos (numero de combinaciones) con los que se determino la desviación estándar.

$\sqrt{1/2n}$ es la desviación estándar de la distribución muestral de desviaciones estándar, y se utiliza para establecer los límites de control.

B) REVISION DEL PRONOSTICO Y AJUSTE DE LOS PONDERADORES x_0, y_0, z_0 .

Una vez diseñados los límites de control, se suavizan las 9 combinaciones (la nominal x_0, y_0, z_0 y las 8 de control) utilizando el último año de venta histórica.

Los pronóstico generado para los $t + j$ periodos a partir de los componentes obtenidos al suavizar la combinación nominal x_0, y_0, z_0 será utilizado para planear y programar las actividades administrativas.

Los pronósticos generados en base a los componentes obtenidos al suavizar las 8 combinaciones restantes, serán utilizados para controlar el pronóstico generado por la combinación nominal.

La revisión y controlar del pronóstico se realiza de la siguiente manera:

- 1.- se calcula el promedio de los errores al cuadrado para cada combinación k .

$$E^2(k) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n e^2(k, j)$$

En donde:

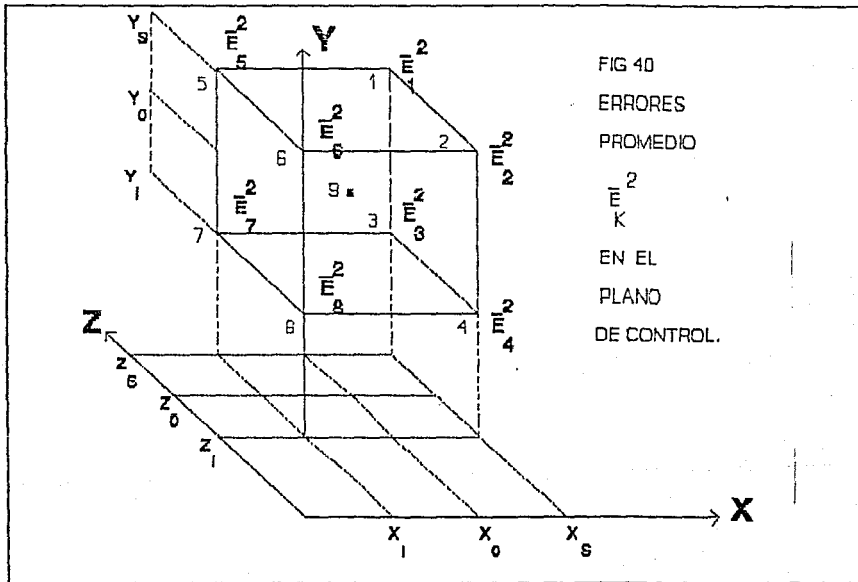
n = es el número de periodos incluidos en la revisión.

- 2.- Con los promedios \bar{E}_k^2 , se determinan los efectos o errores esperados para cada ponderador.

$$E(x) = 1/4 (\bar{E}_1^2 + \bar{E}_2^2 + \bar{E}_3^2 + \bar{E}_4^2 - \bar{E}_5^2 - \bar{E}_6^2 - \bar{E}_7^2 - \bar{E}_8^2)$$

$$E(y) = 1/4 (\bar{E}_1^2 + \bar{E}_2^2 + \bar{E}_5^2 + \bar{E}_6^2 - \bar{E}_3^2 - \bar{E}_4^2 - \bar{E}_7^2 - \bar{E}_8^2)$$

$$E(z) = 1/4 (\bar{E}_1^2 + \bar{E}_3^2 + \bar{E}_5^2 + \bar{E}_7^2 - \bar{E}_2^2 - \bar{E}_4^2 - \bar{E}_6^2 - \bar{E}_8^2)$$



Las ecuaciones anteriores, se pueden deducir fácilmente de la fig. 40.

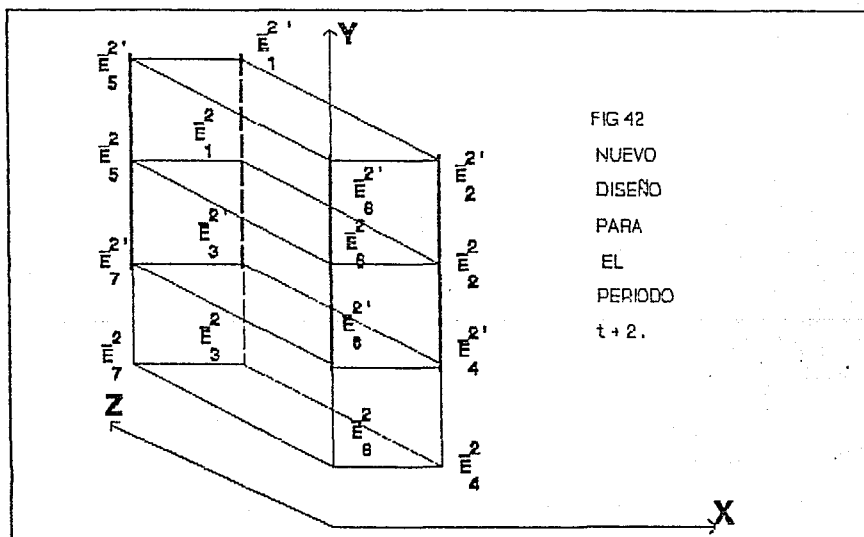
- 3.- Después de calcular los errores esperados $E(x)$, $E(y)$, $E(z)$, los comparamos con los límites diseñados para determinar si están dentro o fuera de control.

El hecho de $E(y)$, sea menor que el límite inferior, indica (ver -
fig. 41) que $\frac{E_2}{3} + \frac{E_2}{4} + \frac{E_2}{7} + \frac{E_2}{8}$, es considerablemente mayor -

que $\frac{E_2}{1} + \frac{E_2}{2} + \frac{E_2}{5} + \frac{E_2}{6}$, por lo tanto se debe trasladar el di-

seño hacia la parte superior adoptando y_0 el valor superior -
 y_1 , como el nuevo valor central Y , dejando el valor de x y z_0 -
exactamente iguales ya que están bajo control.

En la figura 42 se muestra el nuevo diseño para el periodo $t + 2$
representado por (').



Antes de la revisión los ponderadores eran los siguientes:

$$x_i, x_0, x_s = 0.05, 0.10, 0.15$$

$$y_i, y_0, y_s = 0.15, 0.20, 0.25$$

$$z_i, z_0, z_s = 0.15, 0.20, 0.25$$

Después la revisión, los ponderadores son:

$$x_i, x_0, x_s$$

$$0.05, 0.10, 0.15$$

$$y_i, y_0, y_s$$

En donde:

$$y_0 = y_s = 0.25$$

$$y_i = 0.20$$

$$y_s = 0.30$$

$$z_i, z_0, z_s$$

$$0.15, 0.20, 0.25$$

4.3.- APLICACION DEL MODELO DE PRONOSTICO DE WINTERS,

CONTROLADO POR EL MODELO DE ROBERT Y REED,

PARA PRONOSTICAR Y CONTRULAR UNA SERIE DE TIEMPO

CUN PROCESO ESTACIONAL.

Las ventas de un tipo de suéter de la empresa " Aldo puritan " S. A. tienen un comportamiento estacional.

La empresa desea conocer el pronóstico de sus ventas para el año de 1991, con el propósito de realizar los planes y programas de todas sus operaciones.

En la tabla 1. se encuentran las ventas de suéteres vendidos durante los últimos 4 años de demanda histórica.

MES	DEMANDA HISTORICA			
	1987	1988	1989	1990
J				
E	176	186	185	187
F	184	173	177	185
M	170	176	182	179
A	165	166	173	173
M	158	155	164	165
J	145	146	161	146
J	148	155	149	150
A	143	168	155	156
S	160	173	167	171
O	174	183	176	183
N	182	188	188	188
D	194	196	198	201
	K		L	M

Tabla 1 . Demanda histórica de los últimos 6 años , correspondiente a " ALDO PURITAN S. A. "

METODOLOGIA DISEÑADA PARA APLICAR EL MODELO DE PRONOSTICO DE WINTERS, CONTROLADO POR EL MODELO DE RUBERT Y REED, PARA TRES PONDERADURES.

A continuación se describen los pasos mas relevantes de cada fase de la metodología que fue diseñada para aplicar el modelo a un caso real. Los parametro mas importante son los años de datos históricos para suavizar el modelo, diseñar los limites de control y para controlar el modelo, representados por K, L, M respectivamente. Estos pueden tomar cualesquier valor.

FASE A. ANALISIS Y GRAFICA DE LA SERIE DE TIEMPO

Se traza la serie de tiempo de los $(K + L + M)$ años de datos históricos.

Para aplicar el modelo de Winters, la serie de tiempo debe tener un proceso estacional.

FASE B. INICIALIZACION DEL MODELO.

Se utilizan los K años de datos históricos.

- 1.- Se calculan los arrancadores $C(0)$, $T(0)$ y los 12 estacionales $E(0,1)$, $E(0,2)$, ..., $E(0,12)$.
- 2.- Suavice todas las combinaciones (x, y, z) .
- 3.- Con los componentes $C(k * np)$ y $T(k * np)$ obtenidos al suavizar cada combinación (x, y, z) pronostique para el año L de datos históricos.

A continuación se utilizan los L años de datos históricos.

- 4.- Determine la desviación estándar del error del pronostico para cada combinación (x, y, z) .
- 5.- Seleccione como combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) aquella que tenga la minima desviación estándar.

FASE C. DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL.

- 1.- Apartir de la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) obtener las combinaciones de control superior e inferior (X_s, Y_s, Z_s) , (X_i, Y_i, Z_i) respectivamente.
- 2.- Obtener las B combinaciones de control.

A continuación se utilizan los datos históricos del año L.

3.- Suavice la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) y las B de control utilizando los $(L * np)$ datos históricos y los componentes $C(k * np)$ y $T(k * np)$ para la combinación nominal X_0, Y_0, Z_0 .

4.- Con los componentes $C[(k+L) * np]$ y $T[(k+L) * np]$ pronostique para el año M de datos históricos.

A continuación se utilizan los datos históricos del año M .

5.- Determine los errores al cuadrado para cada combinación y periodo j .

6.- Determine el rango de errores al cuadrado para cada una de las 9 combinaciones.

7.- Calcule el rango promedio de todos los rangos.

8.- Determine la desviación estándar del error, por el método de rango promedio.

9.- Obtenga los límites de control inferior y superior para un nivel de confianza determinado.

FASE D. PRONOSTICO PARA PLANEACION.

A continuación se utilizan los años M de datos históricos.

1.- Con los componentes $C[(k+L) * np]$ y los $T[(k+L) * np]$ para la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) suavice la combinación nominal utilizando los $M * np$ datos históricos.

2.- Con los componentes $C[(k+L+M) * np]$ y los $T[(k+L+M) * np]$ genere el pronostico para la planeación de operaciones de la empresa.

FASE E. CONTROL DEL MODELO.

A continuación se utiliza el año M de datos históricos.

1.- Con los componentes $C[(k+L) * np]$ y los $T[(k+L) * np]$ para la combinación nominal (X_0, Z_0) , suavice las B combinaciones de control utilizando los $M * np$ datos históricos del año M .

- 2.- Con los componentes $C [(k+L+M) * np]$ y los $T [(k+L+M) * np]$ para cada combinación de control, genere los pronósticos para control para el año real $M+1$.

A continuación se utilizan los datos reales del año $M+1$.

- 3.- Utilizando los datos reales del año $M+1$ y los pronósticos para control generados para el año $M+1$, - determine los errores al cuadrado para cada combinación de control y periodos j .
- 4.- Determine los promedios de errores al cuadrado para cada combinación de control.

$$E * (i)$$

- 5.- Calcular los errores esperados para cada ponderador.

$$E (x) , E (y) , E (z)$$

- 6.- Compare los errores esperados $E(x)$, $E(y)$, $E(z)$ con los límites de control superior e inferior.
- 7.- Ajuste la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) si es necesario.

REGRESE A LA FASE D.

DESARROLLO DE LA METODOLÓGIA PARA APLICAR

EL MODELO DE PRONOSTICO DE WINTERS, CONTROLADO POR EL MODELO

DE ROBERT Y REED .

PARA TRES PONDERADORES.

FASE " A " ANALISIS Y GRAFICA DE LA SERIE DE TIEMPO.

Se traza la gráfica de los $k + L + M$ años de demanda histórica:
 rica: 1987, 1980, 1989, 1992

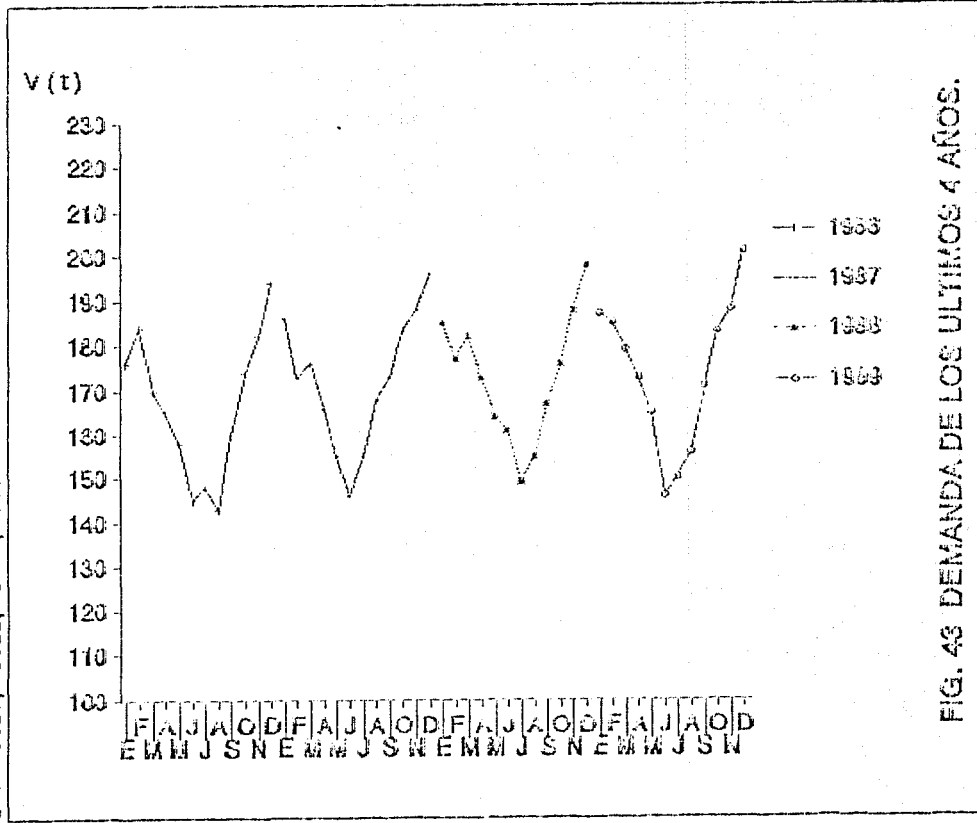
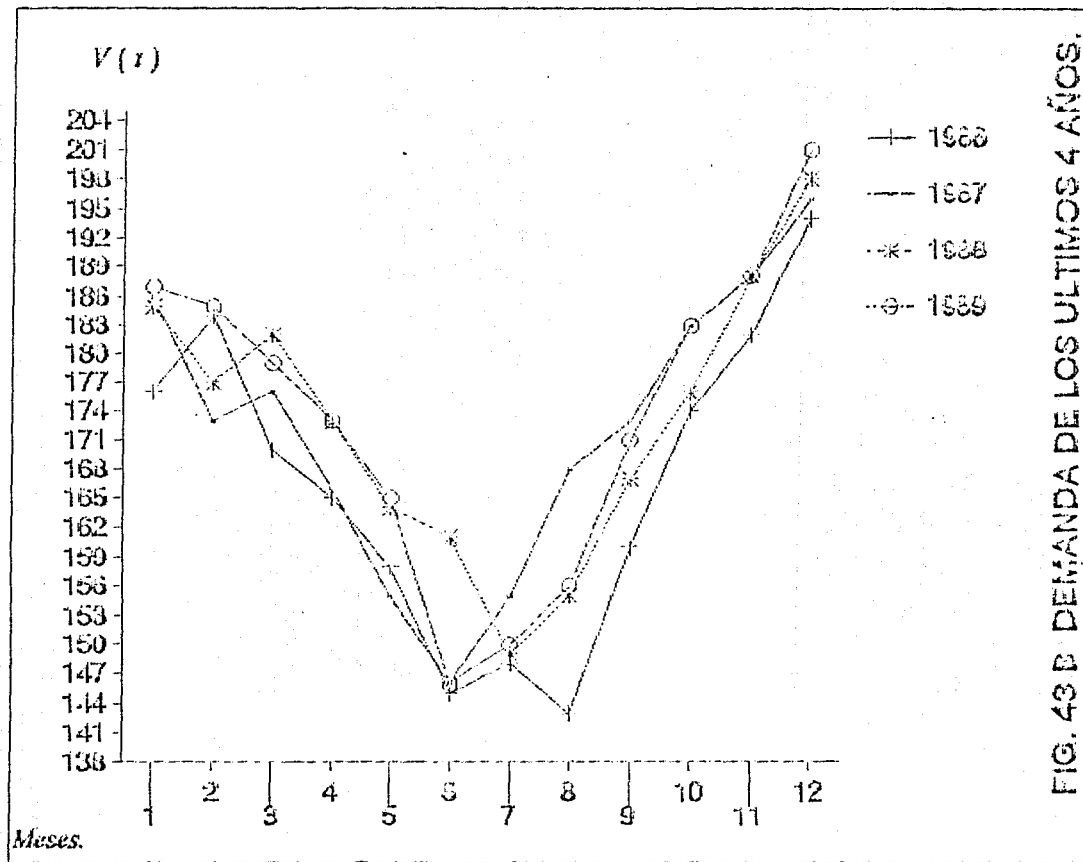


FIG. 43 DEMANDA DE LOS ULTIMOS 4 AÑOS.



Se recomienda además, del método tradicional para construir la serie de tiempo, trazar otra en la cual, las ventas de los diferentes años se encuentren sobrepuestas. La ventaja de esto, es que fácilmente se observa la estacionalidad que tienen.

Obsérvese que la serie de tiempo tiene un proceso con estacionalidad y variaciones aleatorias $\epsilon(t)$.

$$V(t) = [C(t) + T(t) E(t)] + \epsilon(t)$$

El modelo matemático para pronosticar esta serie es el de Winters.

El modelo de control para revisar el modelo de pronóstico de Winters es el de Robert y Reed para tres ponderadores.

FASE B. INICIALIZACION DEL MODELO.

Se utilizan los $K = 2$ años de datos históricos.

1.- Se calculan los arrancadores $C(0)$, $T(0)$ y los 12 estacionales $E(0,1)$, $E(0,2)$, ..., $E(0,12)$.

A).- Cálculo del arrancador $T(0)$

$$T(0) = \frac{\sum_{j=0}^{k-1} V_j - \sum_{j=0}^{12} V_j}{np * np (k-1)} = 0.4583$$

B).- Cálculo del arrancador $C(0)$

$$C(0) = \frac{\sum_{j=0}^{12} V_j}{12} - 5.5 T(0) = 166.05$$

C).- Cálculo de las 24 razones estacionales

$$Q(t) = \frac{V(t)}{\frac{\sum_{j=0}^{12} V_j}{12} - (6.5 - j) T(0)}$$

$$j = 1, \dots, 12 \quad t = 1, 2, \dots, k * np$$

D).- Obtención de los 12 promedios de razones estacionales para un mismo mes j .

$$\bar{D}(j) = \frac{1}{k} \sum_{t=1}^k Q_{j-(t-1)}$$

$$j = 1, \dots, 12$$

np = *numeros de periodos del año.*

E).- Determinación del promedio de los 12 promedios de razones estacionales $\bar{D}(j)$.

$$\bar{D} = \frac{\sum_{j=1}^{12} \bar{D}_j}{12}$$

F).- Calculo de los 12 componentes estacionales iniciales.

$$E(0, j) = \frac{\bar{D}_j}{\bar{D}}$$

E0[1] = 1.08	E0[7] = 0.89
E0[2] = 1.07	E0[8] = 0.91
E0[3] = 1.03	E0[9] = 0.98
E0[4] = 0.98	E0[10] = 1.04
E0[5] = 0.93	E0[11] = 1.08
E0[6] = 0.86	E0[12] = 1.14

2.- Suavice todas las combinaciones (x , y , z ,).
Utilizando:

Los datos históricos de las ventas de los k años.
Los arrancadores constante y de tendencia

$$T(0) = 0.4583 \quad C(0) = 164.06$$

Los 12 arrancadores estacionales iniciales

$$E0(1), E0(2), \dots, E0(np).$$

$$C(t) = x \left[\frac{V(t)}{E(t-np)} \right] + (1-x) (C(t-1) + T(t-1))$$

$$T(t) = z [C(t) - C(t-1)] + (1-z) T(t-1)$$

$$E(t) = y \left[\frac{V(t)}{C(t)} \right] + (1-y) E(t-np) \dots$$

$$t = 1, 2, \dots, k * np$$

El incremento de los ponderadores x, y, z , puede ser 0.1
Los modelos suavizadores:

- 3.- Con los componentes $C(k * np)$ y $T(k * np)$ obtenidos al suavizar cada combinación (x, y, z) pronostique para los años $L=1$ de datos históricos.

$$C(k * np) = 173.50 \quad T(k * np) = -0.12$$

$$F(k * np + j) = [C(k * np + j) + T(k * np)] E[(k * np + j) - 12]$$

$$j = 1, \dots, np$$

- 4.- Determine la desviación estándar del error del pronostico para cada combinación (x, y, z).

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{t=j+1}^{(k-1)*np} [V_t - F_t]^2}{np-1}}$$

$i = 1, 2, \dots$, numero de combinaciones.

- 5.- Seleccione como combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) aquella que tenga la minima desviación estándar.

Desviación estándar mínima = 5.14

Dada por la combinación nominal

$$X_0 = 0.5 \quad Y_0 = 0.7 \quad Z_0 = 0.2$$

FASE C. DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL.

- 1.- Apartir de la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) obtener las combinaciones de control superior e inferior (X_s, Y_s, Z_s), (X_i, Y_i, Z_i) respectivamente.

$$X_0 = X_0 + = 0.50, \quad Y_0 = 0.70, \quad Z_0 = 0.20$$

$$X_s = X_0 + d = 0.50 + 0.05 = 0.55$$

$$Y_s = Y_0 + d = 0.70 + 0.05 = 0.75$$

$$Z_s = X_0 + d = 0.20 + 0.05 = 0.25$$

$$X_i = X_0 + d = 0.50 - 0.05 = 0.45$$

$$Y_i = Y_0 + d = 0.70 - 0.05 = 0.65$$

$$Z_i = Z_0 + d = 0.20 - 0.05 = 0.15$$

Significa que la triada nominal X_0, Y_0, Z_0 variara entre las triadas inferior X_i, Y_i, Z_i y superior - X_s, Y_s, Z_s .

- 2.- Obtener las 8 combinaciones de control.

Combinando las combinaciones inferior y superior -

X_i, Y_i, Z_i X_s, Y_s, Z_s

Se obtienen las 8 combinaciones de control

i	COMBINACIONES DE CONTROL		
1	$X_s = 0.55$	$Y_s = 0.75$	$Z_s = 0.25$
2	$X_s = 0.55$	$Y_i = 0.65$	$Z_i = 0.15$
3	$X_i = 0.45$	$Y_s = 0.75$	$Z_s = 0.25$
4	$X_i = 0.45$	$Y_i = 0.65$	$Z_i = 0.15$
5	$X_s = 0.55$	$Y_s = 0.75$	$Z_s = 0.25$
6	$X_i = 0.45$	$Y_s = 0.75$	$Z_i = 0.15$
7	$X_s = 0.55$	$Y_i = 0.65$	$Z_s = 0.25$
8	$X_i = 0.45$	$Y_i = 0.65$	$Z_i = 0.15$
9	$X_0 = 0.50$	$Y_0 = 0.70$	$Z_0 = 0.20$

- 3.- Suavice la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) y las 8 de control, utilizando los años $L=1$ de datos históricos y los componentes $C(k*np)$ y $T(k*np)$ obtenidos por la combinación nominal X_0, Y_0, Z_0 .

$$C(t) = x \left(\frac{V(t)}{E(t-np)} \right) + (1-x) [C(t-1) + T(t-1)]$$

$$T(t) = z [C(t) - C(t-1)] + (1-z) T(t-1)$$

$$E(t) = y \left[\frac{V(t)}{C(t)} \right] + (1-y) E(t-np)$$

$$t = (K*np) + 1, \dots, (k+L)*np$$

$$E[13], E[14], \dots, E[K*np]$$

Obteniéndose para cada combinación las componentes constante y de tendencia, siguientes:

i	C	T
1	173.42	0.20
2	173.55	0.06
3	173.42	0.20
4	173.55	0.06
5	173.98	0.04
6	173.19	- 0.01
7	173.98	0.04
8	173.19	- 0.01
9	173.28	0.07

4.- Con los componentes $C[(k+L)*np]$ y $T[(k+L)*np]$ pronostique para el año M de datos históricos.

A continuación se utilizan los datos históricos del año M.

$$P[(K+L) * np + j] = (C[(K+L) * np] + jT[(K+L) * np]) E[(K+L) * np + j] - 12$$

$$j = 1, \dots, 12 ;$$

5.- Determine los errores al cuadrado para cada combinación y período j .

$$e^2(i, j) = [V(t) - P(t)]^2$$

$$j = 1, \dots, 12 ; \quad i = 1, \dots, 9 ;$$

$$t = (K+L) * np, \dots, (K+L+M) * np$$

6.- Determine el rango de errores al cuadrado para cada una de las 9 combinaciones.

R_i = Máximo error al cuadrado - Mínimo error al cuadrado

$$= \text{máximo } e^2(i, j) - \text{mínimo } e^2(i, j)$$

$$j = 1, \dots, 12 \quad i = 1, \dots, 9$$

i	R_i
1	53.34
2	46.56
3	47.86
4	41.24
5	48.95
6	50.17
7	42.53
8	43.27
9	45.93

7.- Calcule el rango promedio de todos los rangos.

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^9 \frac{R_i}{9} = 46.65$$

8.- Determine la desviación estándar del error, por el método de rango promedio.
Consultando una tabla de rangos promedio en un libro de tablas estadísticas, para $n = 9$, se lee $d_2 = 2.97$

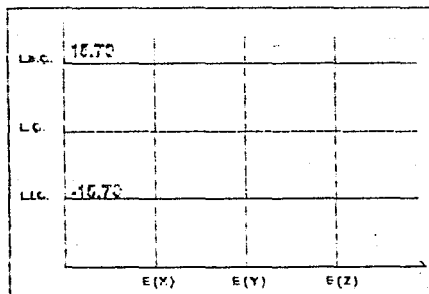
$$s = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{46.65}{2.97} = 15.7076$$

9.- Obtenga los límites de control inferior y superior para un nivel de confianza determinado.

Utilizando un nivel de confianza del 99.73 %, es decir, $Z_c = 3$, se tiene:

$$\begin{aligned} LSC &= + Z_c \sqrt{\frac{s^2}{2n}} \\ &= + 3 \sqrt{\frac{1}{2(9)}} 15.7076 = 15.71 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LIC &= - Z_c \sqrt{\frac{s^2}{2n}} \\ &= - 3 \sqrt{\frac{1}{2(9)}} 15.7076 = - 15.71 \end{aligned}$$



Lo que significa, que con un 99.73 % de nivel de confianza, los errores esperados para cada ponderador $E(x)$, $E(y)$, $E(z)$, estarán dentro de los límites de control.

FASE D. PRONOSTICO PARA PLANEACION.

A continuación se utilizan los años M de datos históricos.

- 1.- Con los componentes $C [(k+L) * np]$ y los $T [(k+L) * np]$ para la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) suavice la combinación nominal utilizando los $M * np$ datos históricos.

$$C(36) = 173.2753 \quad T(36) = 0.0655$$

$E[25] = 1.07$	$E[31] = 0.86$
$E[26] = 1.04$	$E[32] = 0.90$
$E[27] = 1.05$	$E[33] = 0.97$
$E[28] = 0.99$	$E[34] = 1.03$
$E[29] = 0.93$	$E[35] = 1.08$
$E[30] = 0.87$	$E[36] = 1.14$

$$C(t) = x \left(\frac{V(t)}{S(t-np)} \right) + (1-x) (C(t-1) + T(t-1))$$

$$T(t) = z (C(t) - C(t-1)) + (1-z) T(t-1)$$

$$E(t) = y \left(\frac{V(t)}{C(t)} \right) + (1-y) E(t-np)$$

$$t = [(K+L) * np] + 1, \dots, (K+L+M) * np$$

- 2.- Con los componentes $C [(k+L+M) * np]$ y los $T [(k+L+M) * np]$ genere el pronóstico para la planeación de operaciones de la empresa.

$$F([(K+L+K) * np] + j) = \{ C([(K+L+M) * np] + j) T([(K+L+M) * np] + j) \} E([(K+L+K) * np] + j)$$

$$j = 1, \dots, 12$$

t	PRONÓSTICO
49	189.75
50	185.96
51	183.84
52	176.14
53	166.40
54	153.21
55	155.11
56	162.02
57	175.22
58	186.40
59	194.03
60	205.83

FASE E. CONTROL DEL MODELO.

A continuación se utiliza el año M de datos históricos.

- 1.- Con los componentes $C [(k+L) * np]$ y los $- 1 [(k+L) * np]$ para la combinación nominal (X_0, Z_0) , suavice las 8 combinaciones de control utilizando los $M * np$ datos históricos del año M.

COMBINACION SUPERIOR

$$\begin{aligned} X_i &= X_0 + 0.05 = 0.55 \\ Y_i &= Y_0 + 0.05 = 0.75 \\ Z_i &= X_0 + 0.05 = 0.25 \end{aligned}$$

COMBINACION INFERIOR

$$\begin{aligned} X_i &= X_0 - 0.05 = 0.45 \\ Y_i &= Y_0 - 0.05 = 0.65 \\ Z_i &= X_0 - 0.05 = 0.15 \end{aligned}$$

i	COMBINACIONES DE CONTROL		
1	$X_i = 0.55$	$Y_i = 0.75$	$Z_i = 0.25$
2	$X_i = 0.55$	$Y_i = 0.75$	$Z_i = 0.15$
3	$X_i = 0.55$	$Y_i = 0.65$	$Z_i = 0.25$
4	$X_i = 0.55$	$Y_i = 0.65$	$Z_i = 0.15$
5	$X_i = 0.45$	$Y_i = 0.75$	$Z_i = 0.25$
6	$X_i = 0.45$	$Y_i = 0.75$	$Z_i = 0.15$
7	$X_i = 0.45$	$Y_i = 0.65$	$Z_i = 0.25$
8	$X_i = 0.45$	$Y_i = 0.65$	$Z_i = 0.15$

$$C(t) = x \left(\frac{V(t)}{E(t-np)} \right) + (1-x) (C(t-1) + T(t-1))$$

$$T(t) = z (C(t) - C(t-1)) + (1-z) T(t-1)$$

$$E(t) = y \left(\frac{V(t)}{C(t)} \right) + (1-y) E(t-np)$$

$$t = [(K+L) * np] + 1, \dots, (K+L+M) * np$$

- 2.- Con los componentes $C [(k+L+M) * np]$ y los $T [(k+L+M) * np]$ para cada combinación de control, genere los pronósticos para control para el año real $M+1$.

$$P([(K+L+M) * np] + j) = \{ C([(K+L+M) * np] + j) T([(K+L+M) * np] + j) \} E([(K+L+M) * np] + j)$$

$$j = 1, \dots, 12$$

A continuación se utilizan los datos reales del año $M+1$.

- 3.- Utilizando los datos reales del año $M+1$ y los pronósticos para control generados para el año $M+1$, determine los errores al cuadrado para cada combinación de control y periodos j .

$$e^2(i, j) = [V(t) - F(t)]^2$$

$$i = 1, \dots, 8; j = 1, \dots, 12;$$

$$t = (K+L+M) * np, \dots, (K+L+M+1) * np$$

- 4.- Determine los promedios de errores al cuadrado para cada combinación de control.

$$E^2(i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{12} e^2(i, j)$$

$$n = 12; i = 1, \dots, 8$$

PROMEDIO DE ERRORES AL CUADRADO PARA CADA COMBINACION DE CONTROL.

COMBINACION	PROMEDIO
1	27.24
2	19.47
3	31.32
4	21.26
5	21.94
6	16.09
7	25.25
8	17.39

5.- Calcular los errores esperados para cada ponderador.

$$E(x) \quad , \quad E(y) \quad , \quad E(z)$$

$$E(x) = \frac{1}{4} (\bar{E}_1^2 + \bar{E}_2^2 + \bar{E}_3^2 + \bar{E}_4^2 - \bar{E}_5^2 - \bar{E}_6^2 - \bar{E}_7^2 - \bar{E}_8^2) = 4.65$$

$$E(y) = \frac{1}{4} (\bar{E}_2^2 + \bar{E}_3^2 + \bar{E}_5^2 - \bar{E}_1^2 - \bar{E}_3^2 - \bar{E}_4^2 - \bar{E}_7^2 - \bar{E}_8^2) = -2.62$$

$$E(z) = \frac{1}{4} (\bar{E}_1^2 + \bar{E}_3^2 + \bar{E}_5^2 + \bar{E}_7^2 - \bar{E}_2^2 - \bar{E}_4^2 - \bar{E}_6^2 - \bar{E}_8^2) = 7.88$$

6.- Compare los errores esperados $E(x)$, $E(y)$, $E(z)$ con los límites de control superior e inferior.

$$\begin{aligned} \text{L. I. C.} &\leq E(x) \leq \text{L. C. S.} \\ -15.97 &\leq 4.65 \leq +15.97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{L. I. C.} &\leq E(y) \leq \text{L. C. S.} \\ -15.97 &\leq -2.62 \leq +15.97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{L. I. C.} &\leq E(z) \leq \text{L. C. S.} \\ -15.97 &\leq 7.88 \leq +15.97 \end{aligned}$$

L.C.	15.70		
L.C.		4.65	7.88
L.C.	-15.70		-2.62
	E(X)	E(Y)	E(Z)

7.- Ajuste la combinación nominal (X_0 , Y_0 , Z_0) si es necesario.

Si $E(X) < \text{L.C.I.}$, entonces cambiar X_0 a $X_0 = X_0$;
 Si $E(X) > \text{L.C.S.}$, entonces cambiar X_0 a $X_0 = X_0$;
 En otro caso no cambiar X_0 .

Si $E(Y) < \text{L.C.I.}$, entonces cambiar Y_0 a $Y_0 = Y_0$;
 Si $E(Y) > \text{L.C.S.}$, entonces cambiar Y_0 a $Y_0 = Y_0$;
 En otro caso no cambiar Y_0 .

Si $E(Z) < \text{L.C.I.}$, entonces cambiar Z_0 a $Z_0 = Z_0$;
 Si $E(Z) > \text{L.C.S.}$, entonces cambiar Z_0 a $Z_0 = Z_0$;
 En otro caso no cambiar Z_0 .

En este caso $E(x) = 4.65$, $E(y) = -2.62$, $E(z) = 7.88$

L.C.I. = - 15.70

L.C.S. = + 15.70

Por lo que no se realiza ningún ajuste a la combinación nominal

$X_0 = 0.50$

$Y_0 = 0.70$

$Z_0 = 0.25$

Significa que la serie de tiempo generada por el modelo sigue representando a la serie de tiempo real, es decir, esta dentro de los límites de control.

PARA REALIZAR OTRO PRONOSTICO Y SU CONTROL

REGRESE A LA FASE D.

4.4.- PROGRAMAS Y RESULTADOS.

```

Program WINTERS;
Uses
  Crt, Graph, edicion;
Const
  presentacion = ' MODELO DE WINTERS ';
  archivo_ayuda = 'WINTERS.TXT';
  nomb_archi = 'ventas4.dat';
  num_combina = 9;
  zc = 3;
  d2 = 2.97;
  d = 0.35;
Type
  primer_control = (no, si);
  arreglo = Array[0..1000] Of Real;
  arreglo9 = Array[1..9] Of Real;
Var
  es : Array[0..600] Of arreglo;
  opc : Byte;
  ban_control : primer_control;
  r, s2, p, v, c, t : arreglo;
  bandera_archivo : Boolean;
  n, np, nd, k, s, l, h : Integer;
  hh, per_ini, per_fin : Integer;
  opr, r, cs, ts, xs, ys, zs, xt, yt, zt : arreglo9;
  xmin, ymin, zmin, vmin, c_final, t_final : Real;
  amin, amax, lir_sup_cont, lin_inf_cont : Real;

{41 libreria.pas}
{41 lib2_3.pas}

Procedure GRAFICA_SERIE;
Var
  tecla : char;
  vaux : arreglo;
  cad1, cad2 : String[100];
  dat_min, dat_max : Real;
  cont1, cont, x, i, t : Integer;
Begin
  ClrScr;
  CUADRO(1, 1, 2, 80, 24, ' GRAFICA Y ANALISIS DE LA SERIE DE TIEMPO
', ' (F10) Información');
  LECTURA_DATOS(nomb_archi, 1, nd, 0);
  ClrScr;
  CUADRO(1, 1, 2, 80, 24, '          VENTAS          HISTORICAS          ', ' (F10)
Información');
  LOC(3, 5, 'MES');
  WriteLn;
  For t:=1 To np Do
    LOC(4, 5+t, res[t]);
  cont:=0;

```

```

cont1:=8;
For x:=1 To k+1+m Do
  Begin
    CUADRO(1,cont1,5,cont1+12,18,' t U(t) ', '');
    Window(cont1+1,6,cont1+11,17);
    For t:=1 To np Do
      Begin
        Inc(cont);
        GotoXY(1,t);
        Write(cont:2,' ',v[cont]:3:1);
      End;
      Inc(cont1,14)
    End;
    Window(10,20,50,22);
    PAUSA(1,1,'Oprima una Tecla');
    Window(1,1,80,25);
    INICIALIZA_GRAFICOS;
    SetTextStyle(3,0,3);
    OutTextXY(180,0,'VENTAS HISTORICAS');
    RANGO_DATO(dat_min,dat_max,1,nd,v);
    For t:=1 To k+1+m Do
      Begin
        For i:= (t-1)*np+1 To t*np Do
          vaux[i-(t-1)*np]:=v[i];
          Str((t-1)*np+1,cad1);
          Str(t*np,cad2);
        GRAFICA_DATOS('U(' + cad1 + '...' + cad2 + ')', dat_min, dat_max, vaux, 1, np, t
        )
        End;
        ClearDevice;
        SetTextStyle(3,0,3);
        OutTextXY(180,0,'VENTAS HISTORICAS');
        GRAFICA_DATOS('U(t)', 3, 0, v, 1, nd, 1);
        CloseGraph;
        LOC(10,7,'La serie de Tiempo tiene un comportamiento
        Estacional ? [S/N]:');
        S_N(tecla);
        If (tecla='N') Then
          Begin
            LOC(10,10,'No se puede aplicar este Modelo');
            PAUSA(10,20,'Oprima una Tecla');
            ban_graf:=True
          End;
        End;
      End;
End;

Procedere INICIALIZACION;
Var
  tecla : Char;
  i,t1,j : Integer;
  prin_iter : Boolean;
  x,y,z,sux,s1,s : Real;

```

```

q, promq, e0, emin : arreglo;
c_min, t_min, den, sv1, sv2 : Real;
prom, promqj, qprom, inc_x, inc_y, inc_z : Real;
Begin
  { CALCULO DE LOS ARRANCADORES C(0) y T(0) }
  ClnScr;
  CUADRO(1, 1, 2, 79, 24, 'INICIALIZACION DEL MODELO', ' (F10)
Información');
  LOC(5, 6, '=====');
  LET(1, 5, 5, 'Se leen Datos (S/N) ');
  S_N(tecla);
  If (tecla='S') Then
    If (bandera_archivo) Then
      LEE_ARCHIVO(ncab_arch1, v, 1, (k+1)*np)
    Else
      LECTURA_DATOS('', 1, (k+1)*np, 0);
  sv1:=0;
  For i:=1 To np Do
    sv1:=sv1+v[i];
  sv2:=0;
  For i:= (k-1)*np+1 To (k*np) Do
    sv2:=sv2+v[i];
  den:=np*np*(k-1);
  t[0]:=(sv2-sv1)/den;
  c[0]:=sv1/np-5.5*t[0];
  CUADRO(1, 1, 2, 79, 24, 'INICIALIZACION DEL MODELO', ' (F10)
Información');
  LOC(10, 0, 'ARRANCADORES DEL MODELO DE WINTERS');
  LOC(30, 11, 'Componente Constante C(0)='); Write(c[0]:4:2);
  LOC(30, 12, 'Componente de Tendencia T(0)='); Write(t[0]:4:4);
  LOC(10, 14, 'CALCULO DE LOS J ESTACIONALES INICIALES
E0, 1...E0, 12');
  LOC(10, 15, 'DETERMINACION DE LAS ');
  Write(np*k, ' RAZONES ESTACIONALES CON:');
  LOC(10, 16, 'Q(1)...Q(1)'); Write(np*k, ' ');
  For t1:=1 To np*k Do
    Begin
      If ((t1-1) Mod 12 = 0) Then
        Begin
          prom:=0;
          For i:= t1 To (t1+np-1) Do
            prom:=prom+v[i];
          prom:=prom/12;
          j:=1
          End;
          den:=prom-(6.5-j)*t[0];
          q[t1]:=v[t1]/den;
          Inc(j)
        End;
      For j:=1 To np Do
        Begin
          promqj:=0;

```

```

For i:=1 To k Do
  promqj := promqj + q[i]+12*(i-1);
  promqj:=promqj/k
End;
{ DETERMINACION DEL PROMEDIO DE LOS }
{ PROMEDIOS DE RAZONES ESTACIONALES }
qpro:=0;
For i:=1 To np Do
  qpro:=qpro+promq[i];
qpro:=qpro/np;
PAUSA(20,20,'OPRIME UNA TECLA');
ClrScr;
CUADRO(1,1,2,79,24,'INICIALIZACION DEL MODELO',(F10)
Información');
  GotoXY(15,4); WriteLn(np,6,'COMPONENTES ESTACIONALES
INICIALES');
  CUADRO(1,18,6,26,20,'','');
  For i:=1 To np Do
    Begin
      e[i]:=promq[i]/qpro;
      GotoXY(20,5-i); Write('EQ1',i,'J=' ,e[i]:4:4)
    End;
  PAUSA(15,22,'Oprime una Tecla');
  ClrScr;
  CUADRO(1,1,2,79,24,'INICIALIZACION DEL MODELO',(F10)
Información');
  { SUAVIZACION }
  CUADRO(5,6,4,42,8,'','');
  LOC(8,5,'Incremento del ponderador X:'); LEER_REAL(inc_x);
  LOC(8,6,'Incremento del ponderador Y:'); LEER_REAL(inc_y);
  LOC(8,7,'Incremento del ponderador Z:'); LEER_REAL(inc_z);
  x:=inc_x;
  n:=np+3;
  prim_iter:=True;
  LOC(20,13,'-----');
  LET(1,20,12,'Espere un Momento por Favor ....');
  Repeat
    y:=inc_y;
    Repeat
      z:=inc_z;
    Repeat
      For i:=1 To n Do
        Begin
          If i<=12 Then
            aux:=e[i]
          Else
            aux:=e[i-12];
          c[i]:=x*(v[i]/aux)+(1-x)*(c[i-1]+t[i-1]);
          t[i]:=z*(c[i]-c[i-1])+(1-z)*t[i-1];
          e[i]:=y*(v[i]/c[i])+(1-y)*aux
        End;
      { Calculo de la Desviacion Estandar }

```

```

s1:=0;
j:=0;
For i:=n+1 To n+1*np Do
  Begin
    Inc(j);
    p[i]:=(c[i]+j*t[i])*(e[i]-p[i]);
    s1:=s1+Sqr(v[i]-p[i]);
  End;
s:=Sqr(s1/(1+np-1));
If ((prin_iter) Or (s < (vmin))) Then
  Begin
    vmin:=s;
    xmin:=x;
    ymin:=y;
    zmin:=z;
    c_min:=c[i];
    t_min:=t[i];
    For i:=np+1 To n Do
      e[i]:=e[i];
    prin_iter:=False;
  End;
  r:=+inc_r;
  Until(r=1);
  y:=+inc_y;
  Until(y=1);
  x:=+inc_x;
  Until(x=1);
LOC(20,12,');
LOC(22,12,');
LOC(10,10,15) Moverador Ymin es:'); Write(xmin:3:2);
LOC(10,11,15) Moverador Ymin es:'); Write(ymin:3:2);
LOC(10,12,15) Moverador Zmin es:'); Write(zmin:3:2);
LOC(10,14,15) Desviacion Minima es:'); Write(vmin:3:2);
c[i]:=c_min;
t[i]:=t_min;
LOC(10,17,15) Componente Constante C('); Write(n,')=',c[i]:4:4);
LOC(10,18,15) Componente Tendencia T('); Write(n,')=',t[i]:4:4);
For i:=np+1 To n Do
  e[i]:=e[i];
j:=0;
PAUSA(5,22,'Oprime una Tecla');
ClrScr;
CUADRO(1,1,2,79,25,'INICIALIZACION DEL MODELO', '(F10)
Información');
Window(2,2,75,23);
LOC(20,4,'COMPONENTES ESTACIONALES');
col:=10;
row:=6;
For i:=1 To n Do
  Begin
    GetXY(col,row);
    WriteLn(i:2,' E',i,' J=',e[i]:4:4);
  End;

```



```

    If (ren=17) Then
        Begin
            Inc(col,20);
            ren:=5;
        End;
        Inc(ren)
    End;
    PAUSA(10,20,'Oprime una Tecla');
    ClrScr;
    ren:=7;
    col:=10;
    LOC(18,4,'PRONOSTICO QUE GENERA LA MINIMA DESVIACION
ESTANDAR');
    For i:=n+1 To n+1*np Do
        Begin
            Inc(j);
            If i<=12 Then
                aux:=e0li;
            Else
                aux:=e1i-12;
            p[i]:=(col3+j+t[n0])*e[i-np];
            GotoXY(col,ren); Write(i:2,' p[' ,i,' ]=',p[i]:4:2);
            If (ren=18) Then
                Begin
                    ren:=6;
                    Inc(col,20)
                End;
            Inc(ren)
        End;
        PAUSA(10,21,'Oprime una Tecla');
        Window(1,1,80,25);
        INICIALIZA_GRAFICOS;
        SetTextStyle(3,C,3);
        OutTextXY(180,C,' INICIALIZACION DEL MODELO');
        GRAFICO_U_R(p,v,n+1,n+1*np);
        CloseGraph
    End;

Procedure SUAVIZAR(inicio,final:Integer);
Var
    i : Integer;
Begin
    For i:=inicio To final Do
        Begin
            c[i]:=xmin+(v[i]/e[i-np])+(1-xmin)*(c[i-1]+t[i-1]);
            t[i]:=xmin*(c[i]-c[i-1])+(1-xmin)*t[i-1];
            e[i]:=ymin*(v[i]/c[i])+(1-ymin)*e[i-np]
        End;
    End;

Procedure DIS_LIM_CONTROL;
Const

```

```

nivel_cons      :      Array[1..10]      Of      Real
=(99.73,99.98,96.95,95.45,95.90,80.68,27.50);
z_c      :      Array[1..10]      Of      Real
=(3,2.58,2.33,2.05,2,1.96,1.64,1.28,1,0.67);
Var
s2 : arreglo;
j,o,i,k5 : Integer;
rango_prom,r1,nivel : Real;
dev_estandar : Real;
Begin
{ Determinacion de la Combinacion Superior ( xs[1],zs[1] )
  e Inferior ( xs[2],zs[2] ) }
LEE_ARCHIVO(nomb_archi,v,(k+1)*np+1,n+1*np+k*np);
xs[1]:=xmin+d;
ys[1]:=ymin+d;
zs[1]:=zmin+d;
xs[2]:=xmin-d;
ys[2]:=ymin-d;
zs[2]:=zmin-d;
If(xs[1])<0.95)Then xs[1]:=xmin;
If(ys[1])<0.95)Then ys[1]:=ymin;
If(zs[1])<0.95)Then zs[1]:=zmin;
If(xs[2])<0.05)Then xs[2]:=xmin;
If(ys[2])<0.05)Then ys[2]:=ymin;
If(zs[2])<0.05)Then zs[2]:=zmin;
{ Determinacion de las 2 elevado a la "p" combinaciones de
Control }
ClrScr;
CUADRO(1,1,2,80,24,' DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL ','(F10)
Información');
Window(2,3,79,28);
Loc(10,3,'COMBINACIONES NOMINAL Y DE CONTROL');
ren:=1;
For j:=1 To 2 Do
  For i:=1 To 2 Do
    For o:=1 To 2 Do
      Begin
        GotoXY(5,ren+4);
        Write(ren,' Xs(' ,j,' ) Ys(' ,i,' ) Zs(' ,o,' )');
        xt[ren]:=xs[i,j];
        yt[ren]:=ys[i];
        zt[ren]:=zs[o];
        Write(' ',xs[i,j]:4:2,' ',ys[i]:4:2,'
',zs[o]:4:2);
        Inc(ren)
      End;
    xt[9]:=xmin; yt[9]:=ymin; zt[9]:=zmin;
    LOC(5,16,' Xmin Ymin Zmin ');
    Write(xt[9]:4:2,' ',yt[9]:4:2,' ',zt[9]:4:2);
    PAUSA(10,20,'Oprime una Tecla');
    GRAFICA_CURBO(ren combina,0,ren);
    ClrScr;

```

```

CUADRO(1,1,2,80,24,' DISEÑO DE LÍMITES DE CONTROL ', '(F10)
Información');
Window(2,3,79,23);
Loc(20,3,'COMPONENTES CONSTANTES Y DE TENDENCIA PARA');
LOC(20,4,'LAS COMBINACIONES NOMINAL Y DE CONTROL');
n:=k*np;
ren:=5;
For j:=1 To num_combina Do
  Begin
    For i:=r+1 To n+1*np Do
      Begin
        c[i]:=v[i]*j+(v[i]/e[i-np])+(1-yt[j])*(c[i-1]+t[i-1]);
        t[i]:=yt[j]*(c[i]-c[i-1])+(1-yt[j])*t[i-1];
        e[i]:=yt[j]*(v[i]/e[i])+(1-yt[j])*e[i-np]
      End;
    c[sj]:=c[n+1*np];
    t[sj]:=t[n+1*np];
    For i:= n+1 To n+1*np Do
      e[sj,i]:=e[i];
    Inc(ren);
    GotoXY(1,ren);
    Write('      ',j:2,'      c[',j,']= ',c[sj]:4:2);
    Writeln('      t[',j,']= ',t[sj]:4:2)
  End;
PAUSA(10,21,'Oprime una Tecla');
r1:=0;
For k5:=1 To num_combina Do
  Begin
    j:=0;
    For i:= n+1*np+1 To n+1*np+k*np Do
      Begin
        Inc(j);
        p[i]:=(c[k5]+j*t[k5])*e[k5,i-np];
        s2[i]:=Sqr(v[i]-p[i]);
        If (i=n+1*np+1)Then
          Begin
            arin:=s2[i];
            arax:=s2[i]
          End;
        If (s2[i](arin)Then
          arin:=s2[i];
        If (s2[i](arax)Then
          arax:=s2[i]
        End;
        r[k5]:=arax-arin;
        r1:=r1+r[k5];
        ClnScr;
        LOC(10,3,' DETERMINACION      DEL      RANGO      PARA      CADA
COMBINACION');
        GotoXY(1,5);
        Write('      Combinacion: ',k5);
        Writeln;

```

```

WriteLn('          t          E          V          P          s2');
For i:=n+1*np+1 To n+1*np+n*np Do
Begin
  Write('          ',i:2,'          ',es[k5],i-12):4:2,'
',v[i]:4:2);
  WriteLn('          ',p[i]:4:2,'          ',s2[i]:4:2);
  End;
WriteLn;
LOC(50,8,'Rango = '); Write(n[k5]:4:2);
PAUSA(10,21,'Oprime una Tecla');
End;
ClrScr;
rango_procr:=n1/nur_combina;
LOC(10,4,'Rango Procr:'); Write(rango_procr:4:2);
LET(1,10,5,'Consultando una tabla de rangos procradio en un
libro de');
LET(1,10,6,'Tablas Estadisticas, para n=9, se lee d=');
Write(d:4:2);
desv_estandar:=rango_procr/d;
LET(1,10,7,'Desviacion Estandar : ');
Write(desv_estandar:4:4);
LET(1,10,9,'Lmites de Control:');
LET(1,10,11,'Con que Nivel de confianza desea los Lmites de
Control');
LET(1,10,12,'(99.73, 99, 98, 96, 95.45, 95, 90, 80, 68.27,
50x) ');
LEFR_SFCL(1:10);
k5:=0;
Repeat
  Inc(k5);
  Until((nivel_cont[k5]=nivel)Or(k5=10));
LET(1,10,14,'Valor de nc (3, 2.58, 2.33, 2.05, 2, 1.96, 1.64,
1.28, 1, 0.67)');
LET(1,10,15,'Correspondiente : '); Write(nc[k5]:3:3);
lir_sup_cont:=+nc[k5]*Sqr(1/nur_combina)*desv_estandar;
LET(1,10,17,'Limite Superior de Control = ');
Write(lir_sup_cont:4:2);
lir_inf_cont:=-nc[k5]*Sqr(1/nur_combina)*desv_estandar;
LET(1,10,18,'Limite Inferior de Control = ');
Write(lir_inf_cont:4:2);
PAUSA(5,20,'Oprime una tecla para Graficar los Lmites de
Control');
cin+1*np:=es[10];
fin+1*np:=es[10];
For i:=n+1 To n+1*np Do
  ei:=es[i],i;
GRAFICAR_LIMITES_CONTROL(lir_inf_cont,lir_sup_cont,2,0,0,3,0);
INICIALIZAR_GRAFICOS;
CloseGraph;
SUAVIZAR(n+1*np+1,n+1*np+n*np);
End;

```

```

Procedure PRONOSTICAR(inicio,final:Integer);
  Var
    i,j : Integer;
  Begin
    j:=0;
    GotoXY(45,5); Write('AÑO: ',year);
    CUADRO(2,38,7,64,20,'Periodo Pronóstico','');
    For i:=inicio To final Do
      Begin
        Inc(j);
        p[i]:=(a[inicio-1]+j)*(inicio-1)*e1+np;
        GotoXY(41,7+j); Write(i:3,' ',p[i]:4:2);
      End;
    End;
End;

Function PREGUNTA:Char;
  Var
    u : Char;
    o : Integer;
  Begin
    LET(1,10,5,'Es el primer Pronóstico [S/N] ? ');
    S_N(u);
    LET(1,10,5,' ');
    PREGUNTA:=u;
    If (u='S')Then
      Begin
        per_ini:=a+1*np+*np+1;
        per_fin:=a+1*np+*np+np;
      End
    Else
      Begin
        per_ini:=per_fin+hh*np+1;
        per_fin:=per_ini+np-1;
        hh:=0;
      End;
    End;
End;

Procedure PRONOSTICAR;
  Var
    i,j : Integer;
    cad : String[50];
    dat_min1,dat_min2,dat_min : Real;
    dat_max1,dat_max2,dat_max : Real;
  Begin
    Erase;
    CUADRO(1,1,80,24,' P R O N O S T I C A R ','(F10)
Información');
    Window(2,2,79,23);
    { Se utiliza el año M de Datos Historicos para Suavizar la
    Combinación Nominal. xrin,rcin }
    loc(10,3,'COMPONENTES CONSTANTES, DE TENDENCIA Y
ESTACIONALES');

```

```

LOC(10, 4, 'PARA DETERMINAR EL PRONOSTICO DE PLANEACION');
LOC(20, 6, 'C('); Write(n+1*np, ')='; c[n+1*np]:4:4);
LOC(20, 7, 'T('); Writeln(n+1*np, ')='; t[n+1*np]:4:4);
For i:= n+1 To n+1*np Do
  Begin
    GotoXY(5, WhereY);
    Writeln('E('; i, ')='; e[i]:4:4)
  End;
LOC(30, 10, 'Combinacion Nominal: Xmin = '); write(xmin:3:3);
LOC(51, 11, 'Ymin = '); write(ymin:3:3);
LOC(51, 12, 'Zmin = '); write(zmin:3:3);
PAUSA(10, 21, 'Oprime una Tecla');
ClrScr;
GotoXY(10, 8);
If (PREGUNTA='S') Then
  Begin
    LOC(5, 8, 'Año:'); LEER_INTEGER(year);
    h:=1;
    LOC(5, 10, 'Periodos al año:'); LEER_INTEGER(np);
    hh:=h;
    PRONOSTICAR(per_ini, per_fin);
    PAUSA(20, 22, 'Oprime una Tecla');
    LEE_ARCHIVO(rob_archi, v, per_ini, per_fin);
    ban_control:=si;
  End
Else
  Begin
    Inc(year);
    If (ban_control=nc) Then
      Begin
        Inc(per_ini, 12);
        Inc(per_fin, 12);
      End;
    bandad_archivo:=False;
    PRONOSTICAR(per_ini, per_fin);
    LECTURA_BOTON(')', per_ini, per_fin, year);
    ban_control:=no;
  End;
Window(1, 1, 20, 25);
INICIALIZA_GRAFICOS;
SetTextStyle(3, 0, 3);
OutTextXY(10, 0, 'PRONOSTICO');
GRAFICA_V_P(p, v, per_ini, per_fin);
Cl:=Graph;
Dec(per_ini, 12);
Dec(per_fin, 12);
End;

Procedure CONTROL;
Var
  j, i, kb : Integer;
  ex, ey, ez, er : Real;

```

```

ban_x, ban_y, ban_z : Boolean;
Begin
  ClrScr;
  CUADRO(1,1,2,80,84,'O G N T R O L','(F10) Información');
  For j:=1 To num_combina-1 Do
    Begin
      c[per_ini]:=es[j];
      t[per_ini]:=ts[j];
      For i:= n+1 To n+np Do
        e[i]:=es[j,i];
      For i:=per_ini To per_fin Do
        Begin
          c[i]:=x[i]*v[i]/e[i-np]+(1-x[i])*c[i-1]+t[i-1];
          t[i]:=x[i]*c[i]-c[i-1]+(1-t[i])*t[i-1];
          e[i]:=y[i]*v[i]/c[i]+(1-y[i])*e[i-np];
        End;
        c[per_fin]:=c[i];
        t[per_fin]:=t[i];
      For i:= per_ini To per_fin Do
        es[j,i]:=e[i];
      End;
    End;
  For k:=1 To num_combina-1 Do
    Begin
      err:=0;
      j:=k;
      For i:=per_fin+1 To per_fin+np Do
        Begin
          Inc(j);
          p[i]:=c[es[j],i-np];
          e[i]:=e[es[j],i-np];
          err:=err+e[i];
        End;
        ep[k]:=err/(+np);
      End;
    End;
  ClrScr;
  CUADRO(1,1,2,80,84,'O G N T R O L','(F10) Información');
  LOC(1,5,'PROMEDIO DE ERRORES AL CUADRO PARA CADA
  COMBINACION DE CONTROL');
  LOC(2,8,'Combinacion      Error Promedio');
  For i:=1 To num_combina-1 Do
    Begin
      GotoXY(20,9+i); Write(i,'',ep[i]:6:3);
    End;
  PAUSA(10,21,'Oprime una Tecla');
  GRAFICA_CURSO(num_combina,1,ep);
  ClrScr;
  CUADRO(1,1,2,80,84,'O G N T R O L','');
  ex:=0.25*(ep[1]+ep[2]+ep[3]+ep[4]-ep[5]-ep[6]-ep[7]-ep[8]);
  );
  ey:=0.25*(ep[1]+ep[2]+ep[5]+ep[6]-ep[3]-ep[4]-ep[7]-ep[8]);

```

```

);
ez:=0.25*(epr[1]+epr[3]+epr[5]+epr[7]-epr[2]-epr[4]-epr[6]-epr[8]
);
( Comparación de los errores esperados con los límites de
Control
y ajuste de la Combinación Nominal xmin,zmin en caso
necesario )
LOC(15,0,'ERROR ESPERADO PARA CADA PONDERADOR');
LOC(20,10,'Para el Componente Constante Ex =');
Write(ex:6:2);
LOC(20,11,'Para el Componente Tendencia Ey =');
Write(ey:6:2);
LOC(20,12,'Para el Componente Tendencia Ez =');
Write(ez:6:2);
PAUSA(10,21,'Oprime una Tecla');
ClrScr;
CUADRO(1,1,2,80,24,'CONTROL','(F10) Información');
loc(5,4,'AJUSTE DE CADA PONDERADOR DE LA COMBINACION
NOMINAL');
ban_x:=False;
ban_y:=False;
If(ex < lim_inf_cont) Then
Begin
xmin:=xs[1];
ban_x:=True
End
Else
If(ex > lim_sup_cont) Then
Begin
xmin:=xs[2];
ban_x:=True
End
Else
If(ey < lim_inf_cont) Then
Begin
ymin:=ys[1];
ban_y:=True
End
Else
If(ey > lim_sup_cont) Then
Begin
ymin:=ys[2];
ban_y:=True
End
Else
If(ez < lim_inf_cont) Then
Begin
zmin:=zs[1];
ban_z:=True
End
Else

```



```

If (ez > lim_sup_cont) Then
  Begin
    zmin:=zs[2];
    ban_2:=True
  End
Else
  Begin
    LET(1,5,6,'No se realiza ningun Ajuste a la Combinacion
Nominal Xmin=');
    Write(xmin:3:2,' ');
    LET(1,5,7,'Ymin='); Write(ymin:3:2,' y Zmin=',zmin:3:2,'
Lo que');
    LET(1,5,8,'significa que la serie de tiempo generada por
el modelo');
    LET(1,5,9,'sigue representando a la serie de tiempo real
y por lo tanto');
    LET(1,5,10,'esta dentro de los limites de control')
  End;
  If (ban_x Or ban_y Or ban_z) Then
    LET(1,10,13,'La nueva combinacion nominal es:');
    LET(1,10,15,'Ponderador Ymin ='); Write(ymin:3:2);
    LET(1,10,16,'Ponderador Ymin ='); Write(ymin:3:2);
    LET(1,10,17,'Ponderador Zmin ='); Write(zmin:3:2);
    PAUSA(5,22,'Oprime una Tecla para Graficar los Lim. y Errores
de Cont.');
```

GRAFICA_LIMITES_CONTROL(lim_inf_cont,lim_sup_cont,ex,ey,ez,3,1);
SUBVIZAR(per_fin+1,per_fin-harp);
End;

{#1 MENU_2_3}

```

Begin { Programa Principal}
  menu_modelo_2_3(3);
End.
```

```

Unit EDICION;
Interface
Uses
  Crt,Printer;
Type
  cad4 = String[4];
  cad20 = String[20];
  cad79 = String[79];

  editor = Cedit0;
  edit0 = Record
    cad : cad79;
    sig_ant : editor
  End;

Procedure LOC(x,y:Byte; f:cad79);
```

```

Procedure BORRA_EDITOR(Var q:editor);
Function nuevo_nodo(Var q,r:editor; f:cad79):Boolean;
Procedure CONCATENA_NODO(Var r,q:editor);
Procedure INSERTA_EDITOR_ORDENADO(Var q:editor; f:cad79;
x,y:Byte; s:Char);
Procedure INSERTA_EDITOR_ULTIMO(Var lista:editor; d:cad79);
Procedure INSERTA_EDITOR_PRIMERO(Var q:editor; f:cad79);
Procedure INICIA_PANTALLA_EDICION(l:editor; Var ren:Integer);
Procedure PGUP_EDICION(Var q:editor; Var ren,lapiz:Integer);
Procedure PGDN_EDICION(Var q:editor; Var ren,lapiz:Integer);
Procedure INICIA_CUPO_EDICION(Var lista:editor; Var
Cupo:Integer);
Procedure IMPRESORA_EDICION(lista:editor);
Procedure CSUP_EDICION(Var q:editor; Var lapiz,ren:Integer);
Procedure CSDN_EDICION(Var q:editor; Var
l,z,ci,ren,col_i:Integer; k:cad4);
Implementation

Procedure LOC(x,y:Byte; f:cad79);
Begin
  GotoXY(x,y); Write(f)
End;

Procedure BORRA_EDITOR(Var q:editor);
Var
  i : editor;
Begin
  While (q()<N-1)Do
    Begin
      i:=q;
      q:=q^.sig;
      Dispose(i)
    End
  End;

Function NUEVO_NODO(Var q,r:editor; f:cad79):Boolean;
Begin
  New(r);
  r^.cad:=f;
  r^.sig:=Nil;
  r^.ant:=Nil;
  If (q=Nil)Then
    Begin
      q:=r;
      NUEVO_NODO:=False;
    End
  Else
    NUEVO_NODO:=True
  End;

Procedure CONCATENA_NODO(Var r,q:editor);
Begin

```

```

r^.sig:=q;
q^.ant:=r
End;

```

```

Procedure INSERTA_EDITOR_ORDENADO(Var q:editor; f:cad79;
x,y:Byte; s:Char);

```

```

Var
e : cad79;
u,j,r : editor;
Begin
If (NUEVO_NODO(q,r,f))Then
Begin
j:=q;
u:=Nil;
e:=Copy(r^.cad,x,y);
If (s='D')Then
While ((e<Copy(j^.cad,x,y))And(j<>Nil))Do
Begin
u:=j;
j:=j^.sig
End
Else
While ((e<Copy(j^.cad,x,y))And(j<>Nil))Do
Begin
u:=j;
j:=j^.sig
End;
If (j=q)Then
Begin
CONCATENA_NODO(r,q);
q:=r
End
Else
Begin
r^.ant:=u;
u^.sig:=r;
If (j<>Nil)Then
CONCATENA_NODO(r,j)
End
End
End;

```

```

Procedure INSERTA_EDITOR_ULTIMO(Var lista:editor; d:cad79);

```

```

Var
j,r : editor;
Begin
If (NUEVO_NODO(lista,r,d))Then
Begin
j:=lista;
While (j^.sig<>Nil)Do
j:=j^.sig;
CONCATENA_NODO(j,r)

```

```

    End
End;

Procedure INSERTA_EDITOR_PRIMERO(Var q:editor; f:cad79);
Var
  r : editor;
Begin
  If (NUEVO_NODO(q, r, f)) Then
    Begin
      CONCATENA_NODO(r, q);
      q:=r
    End
  End;
End;

Procedure INICIA_PANTALLA_EDICION(l:editor; Var ren:Integer);
Var
  q : editor;
Begin
  ClrScr;
  q:=l;
  ren:=1;
  While ((q <> Nil) And (ren <= 15)) Do
    Begin
      LOC(1, ren, q^.cad);
      Inc(ren);
      q:=q^.sig
    End;
  GotoXY(1, 1);
  ren:=1
End;

Procedure PQUIR_EDICION(Var q1:editor; Var ren, lapiz:Integer);
Var
  l : Integer;
Begin
  l:=1;
  While ((l <= 15) And (q1^.ant <> Nil)) Do
    Begin
      Inc(l);
      q1:=q1^.ant;
      Dec(lapiz);
    End;
  INICIA_PANTALLA_EDICION(q1, ren)
End;

Procedure PBDN_EDICION(Var q1:editor; Var ren, lapiz:Integer);
Var
  p : editor;
  l : Integer;
Begin
  l:=1;
  While ((l <= 15) And (q1^.sig <> Nil)) Do

```

```

    Begin
      q1:=q1^.sig;
      Inc(lapiz);
      Inc(1)
    End;
  INICIA_PANTALLA_EDICION(q1,ren)
End;

Procedure INICIA_CUPO_EDICION(Var lista:editor; Var
cupo:Integer);
  Var
    q1 : editor;
  Begin
    If(lista=Nil)Then
      INSERTA_EDITOR_PRIMERO(lista,'');
    q1:=lista;
    cupo:=1;
    While(q1^.sig()<Nil)Do
      Begin
        q1:=q1^.sig;
        Inc(cupo)
      End
    End;
  End;

Procedure IMPRESORA_EDICION(lista:editor);
  Var
    qw : editor;
  Begin
    qw:=lista;
    While(qw()<Nil)Do
      Begin
        Writeln(1st,qw^.cad);
        qw:=qw^.sig;
      End;
    Writeln(1st,' ')
  End;

Procedure CSUP_EDICION(Var q1:editor; Var lapiz,ren:Integer);
  Begin
    q1:=q1^.ant;
    Dec(lapiz);
    If(ren=1)Then
      Begin
        GotoXY(1,1); InsLine;
        LOC(1,1,q1^.cad)
      End
    Else
      Dec(ren)
  End;

Procedure CSRN_EDICION(Var q1:editor; Var
l2,ci,ren,col_i:Integer; k:cad4);

```

```

Begin
  q1:=q1^.sig;
  Inc(i);
  If (ren=1) Then
    Begin
      GotoXY(1,1); Deline;
      LOC(1,15,q1^.cad);
      ci:=col_i
    End
  Else
    Begin
      Inc(ren);
      If (k='ENT') Then
        ci:=col_i
      End
    End
  End;
End;

Begin
End.

(* ARCHIVO: libreria.pas *)
(* PROCEDIMIENTOS PARA REALIZAR LAS GRAFICAS *)
Const
  retardo_linea = 0;
  retardo_let1 = 0;
  retardo_let2 = 0;
  retardo_let3 = 0;
Type
  marco = 0..2;
  vstack = ^windbuf;
  windbuf = Record (* registro para almacenar las ventanas *)
    direc : Array[0..4000] Of Byte; (* 10 a
$FAC *)
    ypos,ypos : Byte;
    esquina : Array[1..4] Of Byte;
    sip : vstack
  End;
  arreglo = Array[1..10] Of String[20];
  cad4 = String[4];
Var
  xdrin,ydrin,xdrax,ydrax : Real;
  xrrin,yrrin,xrrax,yrrax : Real;
  ventana : vstack;
  color_inverso : Boolean;
  cadenas : arreglo;
  year,col,ren : Integer;
  ban_graf : boolean;
Const
  f e s : Array[1..12] Of
Char=('E','F','M','A','M','J','J','A','S','O','N','D');
  null = 0;

```

```

single = 1;
double = 2;
mono   = fb000;
cga    = fb800;

```

```

Procedure LUC(x, y:Byte; s:String);
Begin
  GotoXY(x, y); Write(s)
End;

```

```

Procedure LET(opc:Integer; col, ren:Byte; s:String);
Var
  x, y, len, z : Integer;
  a : Array[1..80] Of Byte;
Begin
  GotoXY(col, ren);
  len:=Length(s);
  Case opc Of
    1 : For x:=1 To len Do
        Begin
          Write(s[x]);
          Delay(retardo_let1);
        End;
    2 : Begin
          x:=len;
          y:=1;
          Repeat
            z:=col+len;
            If(s[y](<' '))Then
              Begin
                Repeat
                  GotoXY(z, ren); Write(s[y]);
                  Delay(retardo_let2);
                  GotoXY(z, ren); Write(' ');
                  Dec(z);
                Until(z=col+y-1);
                GotoXY(z, ren); Write(s[y]);
              End;
            Dec(x);
            Inc(y);
          Until(x=0);
        End;
    3 : Begin
          Randomize;
          For x:=1 To len Do
            a[x]:=0;
          For x:=1 To len Do
            Begin
              Repeat
                z:=random(len)+1;
                Until(a[z]=0);
                a[z]:=1;
            End;
          End;

```

```

        GotoXY(col+z-1,ren); Write(s[z]);
        Delay(retardo_let3);
    End;
    GotoXY(col+lent+1,ren);
End;
End;
End;

Procedure NORMAL;
Begin
    TextColor(white);
    TextBackground(black);
    color_inverso:=False;
End;

Procedure INVERSO;
Begin
    TextColor(black);
    TextBackground(white);
    color_inverso:=True;
End;

Procedure CUADRO(r:numero; x1,y1,x2,y2:Byte; title,tit2:String);
Const
    car      :      Array[1..123]      Of      Char      =
(#191,#218,#217,#192,#196,#179,
#187,#201,#188,#200,#205,#186);
Var
    z,i : Integer;
Begin
    Window(y1,y1,x2,y2);
    ClrScr;
    Window(1,1,20,25);
    z:=r-1;
    If (r=2) Then
        z:=6;
    For i:= x1 To x2 Do
        Begin
            LOC(i,y1,car[z+53]);
            LOC(i,y2,car[z+53]);
        End;
    For i:= y1 To y2 Do
        Begin
            LOC(x1,i,car[z+63]);
            LOC(x2,i,car[z+63]);
        End;
    LOC(x1,y1,car[z+20]);
    LOC(x2,y1,car[z+10]);
    LOC(x1,y2,car[z+43]);
    LOC(x2,y2,car[z+23]);
    TextColor(white);

```



```

TextBackground(blue);
i:=(x2-x1-Length(title)) Div 2 + x1;
LOC(i, y1, title);
LOC(x2-Length(tit2)-1, y2, tit2);
If(color_inverso)Then
  INVERSO
Else
  NORMAL;
End;

Function VIDEADAPT:Byte;
Var
  card : Integer;
Begin
  card := mem[0040:0087];
  If ( card = 0 ) Then
    VIDEADAPT := 255      (* Tarjeta EGA instalada *)
  Else
    Begin
      card := mem[0040:0010];
      card := card And $30;
      Case card Of
        $30 : VIDEADAPT := 0;
        $20 : VIDEADAPT := 1;
        $10 : VIDEADAPT := 2;
      End
    End
  End
End; (* Funcion *)

Procedure OPENWINDOW(r:arco;          x1,y1,x2,y2:Byte;
title,tit2:String);
Var
  temp : vstack;
  i,z : Integer;
  vseg : LongInt; (* Segmento de memoria para video *)
Begin
  If VIDEADAPT=0 Then
    vseg := mono
  Else
    vseg := cga;
  New( temp );
  With temp Do
    Begin
      For i := $0 To $fa Do      (* Desde 0 a 4096 = 1 página
de video *)
        direccion := nextvseg:i;
        xpos := WhereX;
        ypos := WhereY;
        esquina[1]:=Lo(windwin)+1;      (* Salvar esquinas de la
*)
        esquina[2]:=Hi(windwin)+1;      (* de la última ventana -
*)

```

```

ab-*) esquina[3]:=Lo(windmax)+1;      (* activa. Coordenadas
esquina[4]:=Hi(windmax)+1;          (* solutas de la
pantalla. *)
sig:=ventana;
End;
ventana:=temp;
Window(1,1,80,25);
If (c()=0) Then
  CUADRO(r,x1,y1,x2,y2,title,tit2);
If (c()=0) Then
  Window(x1+1,y1+1,x2-1,y2-1)
Else
  Window(x1,y1,x2,y2);
ClrScr;
End; (* OpenWindow *)

```

```

Procedure CLOSEWINDOW;

```

```

  Var
    temp : vstack;
    i : Integer;
    vseg : LongInt;
  Begin
    If (ventana = Nil) Then
      Exit;
    If (VIDEODAPT=0) Then
      vseg:=voro
    Else
      vseg:=voga;
    Window(1,1,80,25);
    temp:=ventana;
    ventana:=temp^.sig;
    With temp Do
      Begin
        sig:=Nil;
        For i:= 42 To sfa2 Do
          merlvseg:=diredo1;
          Window( esquina[1],esquina[2],esquina[2],esquina[4]);
          GotoXY(xpos,ypos)
        End;
        Dispose(temp)
      End; (* CloseWindow *)

```

```

Procedure INFORMACION(Infreno, nomb_arch:String);

```

```

  Var
    arch : text;
    c : Char;
    x : Byte;
    cad : String;
    bandera : Boolean;
  Begin
    NORMAL;

```

```

OPENWINDOW(1,1,1,80,24,letrero,'');
ClrScr;
Assign(arch,nomb_arch);
Reset(arch);
x:=1;
While Not Eof(arch) Do
  Begin
    bandera:=True;
    Readln(arch,cad);
    Writeln(cad);
    If (x=19) Then
      Begin
        GotoXY(40,22);
        Write('Oprima una Tecla');
        While KeyPressed Do c:=ReadKey;
        c:=ReadKey;
        bandera:=False;
        x:=0;
        ClrScr;
      End;
    Inc(x);
  End;
If bandera Then
  Begin
    GotoXY(40,22);
    Write('Oprima una Tecla');
    c:=ReadKey;
  End;
Close(arch);
CLOSEWINDOW;
End;

```

```

Procedure INKEY(Var ke:cad4);
(* Este procedimiento se utiliza para capturar y codificar
las teclas
oprimidas por el usuario
ke -> Es el nombre de la tecla que se oprimio *)
Const
  kea:String[26] = 'QWERTYUIOPASDFGHJKLZXCVBNM';
Var
  sy      : String[3];
  kr      : cad4;
  c       : Char;
  x,code  : Byte;
Begin
  Repeat
    ke:='ERR.';
    c:=ReadKey;
    code:=Ord(c);
    If (code <> 0) Then
      Begin
        If Not (code In [7,8,9,10,13,27]) Then

```

```

      ke:=Chr(code);
      ke:=Chr(code);
      Case code Of
        08 : ke:='BSF';
        09 : ke:='TAB';
        12 : ke:='ENT';
        27 : ke:='ESC'
      End;
    End
  Else
    Begin
      c:=HeadKey;
      code:=Ord(c);
      Case code Of
        15 : kr:='STAB';
        16..25 : kr:='A'+kea[code-15];
        30..38 : kr:='A'+kea[code-19];
        44..50 : kr:='A'+kea[code-24];
        59..68 : Begin
          Str(code-58:2, sy);
          kr:='F'+sy;
          If Not (code=66) Then
            kr[2]:='0'
          End;
          71 : kr:='HOME';
          72 : kr:='CSUP';
          73 : kr:='PGUP';
          75 : kr:='CSLF';
          77 : kr:='CRSD';
          79 : kr:='ENDI';
          80 : kr:='CSDN';
          81 : kr:='PSDN';
          82 : kr:='INS';
          83 : kr:='DEL';
          84..113 : Begin
            Str((code-83) Mod 10:2, sy);
            If (code In [93, 103, 113]) Then
              sy:='10';
            Case code Of
              84..93:kr:='SF'+sy;
              94..103:kr:='CF'+sy;
              104..113:kr:='AF'+sy
            End;
            If Not (code In [93, 103, 113]) Then
              kr[3]:='0'
            End;
          114 : kr:='PSCR';
          115 : kr:='CCSL';
          116 : kr:='CCER';
          117 : kr:='CEND';
          118 : kr:='CPSD';
          119 : kr:='CHOM';

```

```

120..128 : Begin
          Str(code-119:2, sy);
          kr:='A'+sy
          End;
129 :kr:='A-0';
132 :kr:='CPGLU'
End;
ke:=kr
End;
If(ke='F10')Then
  INFORMACION(presentacion, archivo_ayuda)
Until(ke()=F10');
ke[1]:=UpCase(ke[1])
End;

```

```

Procedure INPUT_AUX(Var sr:cad79; Var ke:cad4; len:Byte);
Var

```

```

  ch : Char;
  oo : Set Of Char;
  x_begin, y_begin, x, bufpos, xpos, ypos, size : Byte;
Begin
  While(sr[Length(sr)]=' ')Do
    Delete(sr, Length(sr), 1);
  bufpos:=Length(sr);
  x_begin:=WhereX;
  y_begin:=WhereY;
  Write(sr);
  size:=WhereX;
  For x:= Length(sr)+1 To len Do
    Write(' ');
  GotoXY(size, y_begin);
  ke:='';
  Repeat
    INKEY(ke);
    size:=Length(sr);

```

```

If((Length(ke)=1)And(Succ(bufpos)(<=len)And(WhereX+1(<=79)))Then

```

```

  Begin
    ch:=ke[1];
    If(Ord(ch) In [32..255])Then
      If((bufpos(=>size)And(Succ(size)(<=len)))Then
        Begin
          Insert(ch, sr, bufpos+1);
          Inc(bufpos);
          GotoXY(WhereX+1, WhereY)
        End
      Else
        Begin
          sr[bufpos+1]:=ch;
          Inc(bufpos);
          GotoXY(WhereX+1, WhereY)
        End
      End

```

```

End
Else
  Begin
    If (ke='BSH') And (bufpos < 0) Then
      Begin
        Delete(sr, bufpos, 1);
        Dec(bufpos);
        GotoXY(WhereX-1, WhereY)
      End
    Else
      If ((bufpos < size) And (ke='CSRS') And (bufpos < len)) Then
        Begin
          GotoXY(WhereX+1, WhereY);
          Inc(bufpos)
        End
      Else
        If (ke='CSLF') And (bufpos < 0) Then
          Begin
            GotoXY(WhereX-1, WhereY);
            Dec(bufpos)
          End
        Else
          If (ke='DEL') And (bufpos+1 In [1..size]) Then
            Delete(sr, bufpos+1, 1)
          Else
            If (ke='HOME') Then
              Begin
                GotoXY(x_begin, y_begin);
                bufpos:=0
              End
            Else
              If (ke='END') Then
                While ((Not (bufpos=size)) And (Not (WhereX=x_begin+len))) Do
                  Begin
                    GotoXY(WhereX+1, WhereY);
                    Inc(bufpos)
                  End
                End;
                xpos:=WhereX;
                ypos:=WhereY;
                GotoXY(x_begin, y_begin);
                For x:=1 To Length(sr) Do
                  Write(sr[x]);
                For x:= Length(sr)+1 To len Do
                  Write(' ');
                GotoXY(xpos, ypos);
                If ((ke='CSLF') Or (ke='CSRS') Or (ke='END')) Then ke:='';
                If ((ke='HOME') Or (ke='DEL') Or (ke='BSH') Or (ke='INS')) Then
                  ke:='';
                Until (Length(ke) < 1);
              End;

```

```

Procedure S_N(var c:char);
Var
  tecla : cad4;
Begin
  Repeat
    INKEY(tecla);
    c:=UpCase(tecla[1]);
  Until((c='S') Or (c='N'));
End;

Procedure MUEVE_CURSOR(x1,y1,x2,y2:Byte;  s1,s2:String; Var
lista:editor; col_i,col_f:Integer);
Var
  key : cad4;
  a,ss : cad79;
  q1,p : editor;
  bandera : Boolean;
  ren,lapiz,ci,cupo,len : Integer;
Begin
  OPENWINDOW(2,x1,y1,x2,y2,s1,s2);
  inicia_cupo_edicion(lista,cupo);
  inicia_pantalla_edicion(lista,ren);
  ren:=1;
  lapiz:=1;
  ci:=lista;
  GotoXY(col_i,1);
  ci:=col_i;
  len:=col_f-ci+1;
  If (ci=col_f) Then
    bandera:=false;
  Else
    bandera:=true;
  Repeat
    ss:=Copy(q1^.cad,ci,col_f);
    INPUT_ONLY(ss,key,len);
    While (Length(ss) < len) Do
      ss:=ss+' ';
    Delete(q1^.cad,col_i,len);
    Insert(ss,q1^.cad,col_i);
    If ((key='CURR') And (lapiz < 1)) Then
      cupo_edicion(ci,lapiz,ren);
    Else
      If (((key='CURR') Or (key='ENT')) And (lapiz < cupo)) Then
        cidt_edicion(q1,lapiz,ci,ren,col_i,key);
      Else
        If (key='PGUP') Then
          pgup_edicion(ci,ren,lapiz);
        Else
          If ((key='PGDN') And (lapiz < cupo)) Then
            pgdn_edicion(q1,ren,lapiz);
          GotoXY(ci,ren);
        Until (key='ESC');

```

```

CLOSEWINDOW;
End;

Procedure LEER_REAL (Var num:Real);
Var
  s : String;
  u : Integer;
  c : cad4;
  col, col1 : Byte;
Begin
  s:='';
  col1:=WhereX;
  col:=col1;
  Repeat
    GotoXY(col1,WhereY);
    Write(s);
    GotoXY(col,WhereY);
    INKEY(c);
    If ((Length(c)=1) And (c[1] In ['0'..'9','.']))Then
      Begin
        s:=s+c;
        Inc(col);
      End;
    If ((c='BSA') And (s <> ''))Then
      Begin
        Delete(s,Length(s),1);
        Dec(col);
        GotoXY(col,WhereY);
        Write(' ');
      End;
    Until (c='ENT');
    Val(s,num,u);
    Writeln;
  End;

```

```

Procedure LEER_INTEGER (Var num:Integer);
Var
  s : String;
  u : Integer;
  c : cad4;
  col, col1 : Byte;
Begin
  s:='';
  col1:=WhereX;
  col:=col1;
  Repeat
    GotoXY(col1,WhereY);
    Write(s);
    GotoXY(col,WhereY);
    INKEY(c);
    If ((Length(c)=1) And (c[1] In ['0'..'9']))Then
      Begin

```



```

        s:=s+c;
        Inc(col);
    End;
    If (c='BSP') And (s()='') Then
    Begin
        Delete(s,Length(s),1);
        Dec(col);
        GotoXY(col,WhereY);
        Write(' ');
    End;
    Until (c='ENT');
    Val(s,num,u);
    Writeln;
End;

```

```

Procedure PAUSA(x,y:Byte; cad:String);
Var
    pau : CAD4;
Begin
    LET (2,x,y,cad);
    While KeyPressed Do
        pau:=ReadKey;
    INKEY(PAU)
End;

```

```

Procedure RANSD_DATO(Var dat_min,dat_max:Real; ini,fin:Integer;
v:arreglo);
Var
    t : Integer;
Begin
    dat_min:=v[ini];
    dat_max:=v[ini];
    For t:= ini+1 To fin Do
        Begin
            If (v[t])<(dat_min) Then
                dat_min:=v[t];
            If (v[t])>(dat_max) Then
                dat_max:=v[t];
        End;
    End;
End;

```

```

Procedure TRANSCOORD(xn,ym:Real; Var xd,yd:Integer);
Begin
    xd:=Trunc(xn*(xdmax-xdmin)/(xmmax-xmmin)+(xdmax-xdmin));
    yd:=Trunc(ym*(ydmay-ydmin)/(ymmax-ymmin)*(ymmax-ymmin));
End;

```

```

Procedure DIBUJO(x,y,incr:Integer);
Begin
    Case incr Of
        1 : Circle(x,y,3);
        2 : Rectangle(x-2,y-2,x+2,y+2);
    End;
End;

```

```

3 : Begin
    Line(x, y-3, x-3, y+3);
    Line(x, y-3, x+3, y+3);
    Line(x-3, y+3, x+3, y+3)
End;
4 : Begin
    Line(x-3, y-3, x+3, y+3);
    Line(x+3, y-3, x-3, y+3);
    Line(x-3, y, x+3, y);
    Line(x, y-3, x, y+3)
End
End
End;

Procedure LINEA(xd0, yd0, xd1, yd1:Real; incre:Integer);
Var
    x0, y0, x1, y1, paso : Integer;
    f1, f2, cont, i, dx, dy, color : Integer;
    xa, ya, dt : Real;
Begin
    color:=incre;
    if (incre) get raxcolor then
        color:=get raxcolor;
    TRANSCOORD(xd0, yd0, x0, y0);
    TRANSCOORD(xd1, yd1, x1, y1);
    DIBUJO(x0, y0, incre);
    dx:=Abs(x1-x0);
    dy:=Abs(y1-y0);
    If (dx>dy) Then
        cont:=dx;
    Else
        cont:=dy;
    xa:=x0;
    ya:=y0;
    If (dx>dy) Then
        dt:=1/dx;
    Else
        dt:=1/dy;
    If (x1<y0) Then
        f1:=-1;
    Else
        f1:=1;
    If (y1<y0) Then
        f2:=-1;
    Else
        f2:=1;
    paso:=incre;
    Case incre Of
        1..5 : paso:=incre;
        6..9 : paso:=incre-5;
    End;
    cont:=cont Div paso;

```

```

For i:=1 To cont Do
  Begin
    xa:=xa+(dt*dx*f1*passo);
    ya:=ya+(dt*dy*f2*passo);
    OutPixel(Trunc(xa),Trunc(ya),color);
    Delay{retardo_linea};
  End;
DIRUJO(x1, y1, incre);
End;

Procedure PUERTAVISION(a, b, c, d:Integer);
  Begin
    xmin:=a;
    ymin:=b;
    xmax:=c;
    ymax:=d;
  End;

Procedure MUNDOCOORD(a, b, c, d:Real);
  Begin
    xmin:=a;
    ymin:=b;
    xmax:=c;
    ymax:=d;
  End;

Procedure INICIALIZA_GRAFICOS;
  Var
    x, y : Integer;
  Begin
    DetectGraph(x, y);
    InitGraph(x, y, '');
    SetColor(GetMaxColor);
  End;

Procedure PAUSA_GRA;
  Var
    pau : Char;
    color : Byte;
  Begin
    SetTextStyle(2, 0, 5);
    While KeyPressed Do
      pau:=ReadKey;
      Repeat
        If color=GetMaxColor Then
          color:=0
        Else
          color:=GetMaxColor;
        SetColor(color);
        OutTextXY(590, 160, 'Oprima');
        OutTextXY(605, 170, 'una');
        OutTextXY(590, 180, 'Tecla');
      Until KeyPressed;
    End;
  End;

```

```

Until KeyPressed;
While KeyPressed Do
  pau:=ReadKey;
  SetColor (GetMaxColor);
End;

Procedure GRAFICA_DATOS(sas:String; dat_min,dat_max:Real;
v:arreglo;
ini,fin,incr:Integer);
Var
  w : Char;
  cad : String[50];
  t,col,ren,col1,ren1 : Integer;
Begin
  If ((dat_min=0)And(dat_max=0))Then
    RANGO_DATO(dat_min,dat_max,ini,fin,v);
    PUERTADIVISION(50,20,GetMaxX-100,GetMaxY-40);
    MUNDOCOORDS(ini-1,dat_min,fin,dat_max);
    SetTextStyle(2,0,4);

    TRANSCCOORD(ini-1,dat_min,col,ren); (* eje de las
*)
    TRANSCCOORD(fin,dat_min,col1,ren1);
    Line(col,ren+10,col1+2,ren1+10);
    TRANSCCOORD(fin,dat_max,col,ren);
    SetTextStyle(2,0,5);
    OutTextXY(col+5,ren,10);

    TRANSCCOORD(ini-1,dat_min,col,ren);
    TRANSCCOORD(ini-1,dat_max,col1,ren1);
    Line(col,ren+10,col1,ren1);
    SetTextStyle(2,2,4);
    For t:=ini To fin-1 Do
      Begin
        SetTextStyle(2,2,4);
        TRANSCCOORD(t,dat_min,col,ren);
        Str(t,cad);
        OutTextXY(col-4,ren+16,cad);
        Line(col,ren+10,col,ren+16);

        SetTextStyle(2,0,4);
        TRANSCCOORD(ini-1,v[t],col,ren);
        Str(v[t]:4:1,cad);
        OutTextXY(col-35,ren-5,cad);
        Line(col,ren,col-6,ren);

        LINEA(t,v[t],t+1,v[t+1],incr);
      End;
    TRANSCCOORD(fin,dat_min,col,ren);

    SetTextStyle(2,2,4);
    TRANSCCOORD(fin,dat_min,col,ren);

```

```

Str(fin, cad);
OutTextXY(col-4, ren+16, cad);
Line(col, ren+10, col, ren+16);

SetTextStyle(2, 0, 4);
TRANSCUORD(ini-1, v[fin], col, ren);
Str(v[fin]:4:1, cad);
OutTextXY(col-35, ren-5, cad);
Line(col, ren, col-6, ren);

```

```

SetTextStyle(2, 0, 5);
TRANSCUORD(fin, v[ini], col, ren);
Inc(col, 15);
ren:=53+(12*incr);
DIBUJO(col, ren, incr);
OutTextXY(col+10, ren-8, sss);
PAUSA_GRA;

```

```
End;
```

```
Procedure GRAFICA_U_P(p, v:arreglo; ini, fin:Integer);
```

```
Var
```

```

dat_min1, dat_min2, dat_min : Real;
dat_max1, dat_max2, dat_max : Real;

```

```
Begin
```

```
RANSO_DATO(dat_min1, dat_max1, ini, fin, v);
```

```
RANSO_DATO(dat_min2, dat_max2, ini, fin, p);
```

```
If (dat_min1 < dat_min2) Then
```

```
dat_min:=dat_min1
```

```
Else
```

```
dat_min:=dat_min2;
```

```
If (dat_max1 > dat_max2) Then
```

```
dat_max:=dat_max1
```

```
Else
```

```
dat_max:=dat_max2;
```

```
GRAFICA_DATOS('V(t)', dat_min, dat_max, v, ini, fin, 1);
```

```
GRAFICA_DATOS('P(t)', dat_min, dat_max, p, ini, fin, 2);
```

```
End;
```

```
Procedure LEE_ARCHIVO(cad:String; Var v:arreglo;
inicio, reses:Integer);
```

```
Var
```

```
o, u:Integer;
```

```
arch : text;
```

```
s:String;
```

```
Begin
```

```
Assign(arch, cad);
```

```
Reset(arch);
```

```
o:=1;
```

```
While ((Not Eof(arch)) And (o < inicio)) Do
```

```
Begin
```

```
Readln(arch, s);
```

```
Inc(o);
```

```

End;
While ((Not Eof (arch)) And (o = meses)) Do
Begin
  Readln (arch, s);
  Val (s, v103, u);
  Inc (o);
End;
Close (arch);
End;

Procedure OPC_DESEAD (cads: arreglo2; opciones, col, ren: Byte; Var
opc: Byte);
Var
  o : Byte;
  tecla : cad4;
Begin
  For o:=1 To opciones Do
    LOC (col, ren+o-1, cads[o]);
  If ((opc = opciones) Or (opc = 1)) Then
    opc:=1;
  Dec (ren);
  Repeat
    INVERSO;
    LOC (col, ren+opc, cads [opc]);
    NORMAL;
    INKEY (tecla);
    If (Length (tecla) = 1) Then
      Begin
        LOC (col, ren+opc, cads [opc]);
        If (tecla = 'CSUN') Then
          If (opc = opciones) Then
            Inc (opc)
          Else
            opc:=1;
        If (tecla = 'CSUP') Then
          If (opc = 1) Then
            Dec (opc)
          Else
            opc:=opciones;
        If (tecla = 'F01') Then
          opc:=0;
        If (tecla = 'F10') Then
          INFORMACION (presentacion, archivo_ayuda);
      End
    Until ((tecla = 'ENT') Or (tecla = 'ESC') Or (opc = 0));
    If (tecla = 'ESC') Then
      opc:=opciones+1
    End;
End;

Procedure LETRERO_ARCH_TECL;
Begin
  CUADRO (1, 3, 19, 50, 22, '*', '*');

```

```

LOC(5,20,'SE LEERAN DATOS DESDE EL ');
INVERSO;
If (bandera_archivo)Then
  Begin
    Write('ARCHIVO');
    NORMAL;
    LOC(5,21,'OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO');
  End
Else
  Begin
    Write('TECLADO');
    NORMAL;
    LOC(5,21,'OPRIMA F1 PARA LEER LOS DATOS DEL ARCHIVO');
  End;
End;

Procedure LECTURA_DATOS(norb_arch:String;
inicio,final,year:Integer);
Var
  t,u : Integer;
  f : cad79;
  edi,aux : editor;
Begin
  If (bandera_archivo)Then
    LEE_ARCHIVO(norb_arch,v,inicio,final)
  Else
    Begin
      If (year < 0)Then
        Begin
          GotoXY(15,4); Write('Año: ',year);
        End;
        edi:=Nil;
        For t:=inicio To final Do
          Begin
            Str(t:3,f);
            f:=f+' ';
            inserta_editor_ultimo(edi,f)
          End;
          MUEVE_CURSOR(10,5,30,21,' Ventas Reales ','(ESC) Salir
',edi,5,10);
          aux:=edi;
          t:=inicio;
          While (aux < Nil)Do
            Begin
              f:=Copy(aux^.cad,5,5);
              While (f[Length(f)]=' ')Do
                Delete(f,Length(f),1);
              Val(f,v:t),u;
              aux:=aux^.sig;
              Inc(t);
            End;
            borra_editor(edi);
          End;
        End;
      End;
    End;
  End;

```

```

End
End;

(* ARCHIVO: lib2_3.pas *)
P r o c e d u r e
GRAFICA_LIMITES_CONTROL(lim_inf, lim_sup, ex, ey, ez: Real;
                        modelo, opc: Byte);
Var
  w : Real;
  cont, col, ren : Integer;
  cad1 : String[10];
Begin
  INICIALIZA_GRAFICOS;
  SetTextStyle(3, 0, 3);
  If(opc=1) Then
    Begin
      Line(144, 2, 154, 2);
      Line(144, 3, 154, 3);
      OutTextXY(100, 0, 'DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL')
    End
  Else
    OutTextXY(80, 0, 'CONTROL DEL MODELO DE PRONOSTICO');
    MUNDOCOORD(0, lim_inf*2, 15, lim_sup*1.5);
    PUERTAVISION(80, 50, GetMaxX-100, GetMaxY-60);
    LINEA(0, lim_inf*2, 15, lim_inf*2, 1);
    LINEA(0, lim_inf*2, 0, lim_sup*1.5, 1);
    SetTextStyle(2, 0, 5);

    LINEA(0, lim_inf, 14, lim_inf, 5);
    TRANSCCOORD(0, lim_inf, col, ren);
    OutTextXY(col-30, ren-15, 'LIC');
    Str(lim_inf:4:4, cad1);
    OutTextXY(col+5, ren, cad1);

    LINEA(0, 0, 14, 0, 5);
    TRANSCCOORD(0, 0, col, ren);
    OutTextXY(col-30, ren, 'LC');
    OutTextXY(col+5, ren, '0');

    LINEA(0, lim_sup, 14, lim_sup, 5);
    TRANSCCOORD(0, lim_sup, col, ren);
    OutTextXY(col-30, ren, 'LSC');
    Str(lim_sup:4:4, cad1);
    OutTextXY(col+5, ren, cad1);

    TRANSCCOORD(4, lim_inf*2, col, ren);
    DIHUIJ0(col, ren, 2);
    OutTextXY(col, ren+10, 'E(x)');
    If(opc=1) Then
      Begin
        TRANSCCOORD(4, ex, col, ren);

```



```

        DIBUJO(col, ren, 2);
        Str(ex:4:4, cad1);
        OutTextXY(col+b, ren, cad1);
    End;

    If (mod(a=3)) Then
        Begin
            TRANSCORD(8, lin_inf*2, col, ren);
            DIBUJO(col, ren, 3);
            OutTextXY(col, ren+10, 'E (y)');
            If (opc=1) Then
                Begin
                    TRANSCORD(8, ey, col, ren);
                    DIBUJO(col, ren, 3);
                    Str(ey:4:4, cad1);
                    OutTextXY(col+b, ren, cad1);
                End;
            End;
        End;

    TRANSCORD(12, lin_inf*2, col, ren);
    DIBUJO(col, ren, 4);
    OutTextXY(col, ren+10, 'E (r)');
    If (opc=1) Then
        Begin
            TRANSCORD(12, ez, col, ren);
            DIBUJO(col, ren, 4);
            Str(ez:4:4, cad1);
            OutTextXY(col+b, ren, cad1);
        End;
    PAUSA_BRA;
    CloseSra;
End;

Procedure GRAFICO_COMBINA(xt,zt:array[0..9] of Byte);
Var
    x : Integer;
    maxz,maxx : Real;
    col,ren : Integer;
    cad : String[100];
Begin
    maxz:=0;
    maxx:=0;
    For x:=1 To 5 Do
        Begin
            If (maxx<xt[x]) Then maxx:=xt[x];
            If (maxz<zt[x]) Then maxz:=zt[x];
        End;
    INICIALIZA_GRAFICOS;
    SetTextStyle(3,0,2);
    OutTextXY(40,3,'REPRESENTACION GRAFICA DE COMBINACIONES');
    SetTextStyle(2,0,5);
    MUNDO(0,0,maxx*0.05,maxz*0.05);

```

```

PUERTAVISION(100,50,GetMaxX-200,GetMaxY-80);
LINEA(0,0,0,maxx+0.05,1);
LINEA(0,0,maxx+0.05,0,1);

LINEA(0,zt[4],xt[4],zt[5],5);
LINEA(0,zt[1],xt[1],zt[1],5);
LINEA(0,zt[2],xt[2],zt[3],5);
LINEA(xt[5],0,xt[5],zt[5],5);
LINEA(xt[1],0,xt[1],zt[1],5);
LINEA(xt[4],0,xt[4],zt[4],5);

TRANSCUORD(0,zt[5],col,ren);      OutTextXY(col-20,ren,'Zs');
TRANSCUORD(0,zt[1],col,ren);      OutTextXY(col-20,ren,'Z0');
TRANSCUORD(0,zt[2],col,ren);      OutTextXY(col-20,ren,'Zi');

TRANSCUORD(xt[2],0,col,ren);      OutTextXY(col,ren+2,'Xi');
TRANSCUORD(xt[1],0,col,ren);      OutTextXY(col,ren+2,'X0');
TRANSCUORD(xt[3],0,col,ren);      OutTextXY(col,ren+2,'Xi');

OutTextXY(400,50,'Comb Z X');
For x:=1 To 5 Do
  Begin
    TRANSCUORD(xt[x],zt[x],col,ren);
    Str(x,cad);
    MUNDO(0,col,ren,3);
    OutTextXY(col+2,ren+6,cad);
    OutTextXY(450,(x*15)+50,cad);
    Str(xt[x]:4:2,cad); OutTextXY(480,(x*15)+50,cad);
    Str(zt[x]:4:2,cad); OutTextXY(525,(x*15)+50,cad);
  End;
PAUSE_GRA;
CloseGraph;
End;

Procedure GRAFICA_CUBO(nur_combina,opc:Byte; eps:array[0..9]);
Var
  col,ren,i : Integer;
  cad1 : String[100];
Begin
  INICIALIZA_GRAFICOS;
  If (opc=0) Then
    Begin
      Begin
        Line(141,0,155,2);
        Line(141,2,155,3);
        SetTextStyle(2,0,4);
        OutTextXY(80,0,'DIENOS DE LIMITES DE CONTROL');
        SetTextStyle(3,0,1);
        OutTextXY(250,50,'COMBINACIONES NOMINAL Y DE CONTROL');
      End
    End
  Else
    OutTextXY(100,0,'ERRORES PROMEDIO');
  MUNDO(0)(1,1,20,20);

```

```

PUERTAVISION(SW, BW, GetMaxX-200, GetMaxY-30);
LINEA(9, 1, 20, 1, 1);
LINEA(9, 1, 1, 9, 1);

```

```

LINEA(6, 19, 12, 19, 6);
LINEA(12, 19, 15, 16, 6);
LINEA(15, 16, 9, 16, 6);
LINEA(9, 16, 6, 19, 6);

```

```

LINEA(6, 13, 12, 13, 8);
LINEA(12, 13, 15, 10, 8);
LINEA(15, 10, 9, 10, 6);
LINEA(9, 10, 6, 13, 6);

```

```

LINEA(6, 19, 6, 13, 6);
LINEA(12, 19, 12, 8, 8);
LINEA(9, 21, 9, 5, 1);
LINEA(15, 16, 15, 10, 6);

```

```

LINEA(6, 13, 6, 8, 8);
LINEA(15, 10, 15, 5, 8);

```

```

LINEA(2, 8, 12, 8, 8);
LINEA(3.5, 6.5, 13.5, 6.5, 8);
LINEA(5, 5, 15, 5, 8);

```

```

LINEA(13, 1, 6, 0, 8);
LINEA(16, 1, 9, 8, 8);
LINEA(19, 1, 12, 0, 8);

```

```

LINEA(6, 19, 4, 21, 8);
LINEA(6, 16, 4, 18, 8);
LINEA(5, 13, 4, 15, 8);
TRANSCoord(10.5, 14.5, col, ren);
DIBUJO(col, ren, 4);

```

```

SetTextStyle(2, 0, 4);
TRANSCoord(20.5, 1.4, col, ren); OutTextXY(col, ren, 'X');
TRANSCoord(9, 22, col, ren); OutTextXY(col, ren, 'Y');
TRANSCoord(0.5, 9.5, col, ren); OutTextXY(col, ren, 'Z');

```

```

TRANSCoord(11.7, 19, col, ren); OutTextXY(col, ren, '1');
TRANSCoord(15.2, 16, col, ren); OutTextXY(col, ren, '2');
TRANSCoord(12.2, 13.7, col, ren); OutTextXY(col, ren, '3');
TRANSCoord(15.2, 10, col, ren); OutTextXY(col, ren, '4');
TRANSCoord(5.7, 19, col, ren); OutTextXY(col, ren, '5');
TRANSCoord(8.7, 16, col, ren); OutTextXY(col, ren, '6');
TRANSCoord(5.7, 13, col, ren); OutTextXY(col, ren, '7');
TRANSCoord(8.7, 10, col, ren); OutTextXY(col, ren, '8');
TRANSCoord(9.9, 14.9, col, ren); OutTextXY(col, ren, '9');

```

```

If (opc=1) Then
  Begin

```

```

SetTextStyle(2,0,5);
OutTextXY(380,50,'Combinacion');
OutTextXY(500,50,'Error Promedio');
For i:=1 To num_combina-1 Do
  Begin
    Str(i:2,cad1);
    OutTextXY(420,i*10+55,cad1);
    Str(epr[i]:4:4,cad1);
    OutTextXY(500,i*10+55,cad1);
  End;
End;
PAUSA_GRA;
CloseGraph;
End;

```

(* ARCHIVO: MENU_2_3.PAS *)

```

Procedure MENU_MODELO_2_3(modelo:Byte);
Const
  cad_modelo : Array[2..3] Of String[50] = ('MODELO DE HOLT',
      'MODELO DE WINTERS');
Begin
  NORMAL;
  bandera_archivo:=True;
  cadenas[1]:=' GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO ';
  cadenas[2]:=' INICIALIZACION DEL MODELO ';
  cadenas[3]:=' DISEÑO LIMITES DE CONTROL ';
  cadenas[4]:=' P R U N U S T I C O ';
  cadenas[5]:=' C O N T R O L ';
  opc:=1;
  ClrScr;
  CUADRO(2,1,2,79,23,' '+cad_modelo[modelo]+' ', '(F10)
Información');
  LET(1,5,8,'Número de Años para Suavizar el Modelo, (k) :');
  LEER_INTEGER(k);
  LET(1,5,10,'Número de Años para Determinar la Combinación
Nominal, (L) :');
  LEER_INTEGER(l);
  LET(1,5,12,'Número de Años para Determinar límites de
Control, (M) :');
  LEER_INTEGER(m);
  LET(1,5,14,'Número de Periodos por cada Año, (np) :');
  LEER_INTEGER(np);
  nd:=np*(k+l+m);
  ban_graf :=False;
  Repeat
    ClrScr;
    CUADRO(2,1,2,79,24,' '+cad_modelo[modelo]+' ', '(F10)
Información ');
    LETRERO_ARCH_TECL;
    CUADRO(1,22,7,55,15,' MENU MODELO ', '(ESC) Terminar');
    OPC_DESEAD(cadenas,5,24,9,opc);
  Until

```

```

Case opc Of
  0 : bandera_archivo:=Not(bandera_archivo);
  1 : GRAFICA_SERIE;
  2 : INICIALIZACION;
  3 : DIS_LIM_CONTROL;
  4 : PRONOSTICO;
  5 : CONTROL
End
Until((opc=6)Or(ban_graf));
End;

```

(* ARCHIVO: WINTERS.TXT (Archivo de Información) *)
 INFORMACION SOBRE EL MODELO DE WINTERS (SUAVIZACION CON TRES
 PONDERADORES EXPONENCIALES) PARA UNA SERIE DE TIEMPO CON PRO-
 CESO ESTACIONAL, CONTROLADO POR EL MODELO ADAPTIVO DE ROBERT Y
 REED.

FASE A. GRAFICA DE LA SERIE DE TIEMPO

Se traza la serie de tiempo de los $(K + L + M)$ años de
 datos históricos.

Para aplicar el modelo de Winters, la serie de tiempo -
 ha tener un proceso estacional.

FASE B. INICIALIZACION DEL MODELO.

Se utilizan los K años de datos históricos.

1.- Se calculan los arrancadores $D(0)$, $T(0)$ y los 12
 estacionales $E(0,1)$, $E(0,2), \dots, E(0,12)$.

2.- Suaviza todas las combinaciones (x, y, z) .

3.- Con los componentes $D(K+12)$ y $T(K+12)$ obteni-
 dos al suavizar cada combinación (x, y, z) pro-
 nostique para el año L de datos históricos.

A continuación se utilizan los L años de datos histó-
 ricos.

4.- Determine la desviación estándar del error del pro-
 nostico para cada combinación (x, y, z) .

5.- Seleccione para combinación nominal (Y_0, Y_0, Z_0)
 aquella que tenga la mínima desviación estándar.

FASE C. DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL.

1.- Apartir de la combinación nominal (Y_0, Y_0, Z_0) obten-
 er las combinaciones de control superior e infe-
 rior (Y_1, Y_1, Z_1) , (Y_2, Y_2, Z_2) respectivamente.

2.- Obtener las 8 combinaciones de control.

A continuación se utilizan los datos históricos del año L.

3.- Suavice la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) y las 8 de control utilizando los $(L \times 12)$ datos históricos y los componentes $C(k \times 12)$ y $T(k \times 12)$ para la combinación nominal X_0, Y_0, Z_0 .

4.- Con los componentes $C[(k+12) \times 12]$ y $T[(k+12) \times 12]$ pronostique para el año M de datos históricos.

A continuación se utilizan los datos históricos del año M.

5.- Determine los errores al cuadrado para cada combinación y período j.

6.- Determine el rango de errores al cuadrado para cada una de las 9 combinaciones.

7.- Calcule el rango promedio de todos los rangos.

8.- Determine la desviación estándar del error, por el método de rango promedio.

9.- Obtenga los límites de control inferior y superior para un nivel de confianza determinado.

FASE D. PRONOSTICO PARA PLANEACION.

A continuación se utilizarán los años M de datos históricos.

1.- Con los componentes $C[(k+L) \times 12]$ y los $T[(k+L) \times 12]$ para la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) suavice la combinación nominal utilizando los $M \times 12$ datos históricos.

2.- Con los componentes $C[(k+L+M) \times 12]$ y los $T[(k+L+M) \times 12]$ genere el pronostico para la planeación de operaciones de la empresa.

FASE E. CONTROL DEL MODELO.

A continuación se utiliza el año M de datos históricos.

1.- Con los componentes $C[(k+L) \times 12]$ y los $T[(k+L) \times 12]$ para la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) , suavice las 8 combinaciones de con-

control utilizando los $M+12$ datos históricos del año M .

- 2.- Con los componentes $C [(k+L+M) * 12]$ y los $T [(k+L+M) * 12]$ para cada combinación de control, genere los pronósticos para control para el año real $M+1$.

A continuación se utilizan los datos reales del año $M+1$.

- 3.- Utilizando los datos reales del año $M+1$ y los pronósticos para control generados para el año $M+1$, determine los errores al cuadrado para cada combinación de control y periodos j .
- 4.- Determine los promedios de errores al cuadrado para cada combinación de control.

$$E^2 (j)$$

- 5.- Calcular los errores esperados para cada ponderador.

$$E (x) , E (y) , E (z)$$

- 6.- Compare los errores esperados $E(x)$, $E(z)$ con los límites de control superior e inferior.
- 7.- Ajuste la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) si es necesario.

REGRESE A LA FASE D.

MODELOS

MENU PRINCIPAL

SUAVIZACION EXP. SIMPLE
MODELO DE H O L T
MODELO DE WINTERS

<ESC> Terminar

ING. JOSE LUIS CORONEL TRUJILLO -

MODELO DE WINTERS

Número de Años para Suavizar el Modelo, (k) :2

Número de Años para Determinar la Combinación Nominal, (L) :1

Número de Años para Determinar límites de Control, (M) :1

Número de Periodos por cada Año, (np) :12

<F10> Información

INFORMACION SOBRE EL MODELO DE WINTERS (SUAVIZACION CON TRES PONDERADORES EXPONENCIALES) PARA UNA SERIE DE TIEMPO CON PROCESO ESTACIONAL, CONTROLADO POR EL MODELO ADAPTIVO DE ROBERT Y REED.

FASE A. GRAFICA DE LA SERIE DE TIEMPO

Se traza la serie de tiempo de los $(K + L + M)$ años de datos históricos.

Para aplicar el modelo de Winters, la serie de tiempo debe tener un proceso estacional.

FASE B. INICIALIZACION DEL MODELO.

Se utilizan los K años de datos históricos.

1.- Se calculan los arrancadores $C(0)$, $T(0)$ y los 12 estacionales $E(0,1)$, $E(0,2)$, ..., $E(0,12)$.

Oprima una Tecla

MODELO DE WINTERS

- 2.- Suavice todas las combinaciones (x, y, z).
- 3.- Con los componentes $C(K+12)$ y $T(K+12)$ obtenidos al suavizar cada combinación (x, y, z) pronostique para el año L de datos históricos.

A continuación se utilizan los L años de datos históricos.

- 4.- Determine la desviación estándar del error del pronostico para cada combinación (x, y, z).
- 5.- Seleccione como combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) aquella que tenga la mínima desviación estándar.

FASE C. DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL.

- 1.- Apartir de la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) obte-

Oprima una Tecla

MODELO DE WINTERS

ner las combinaciones de control superior e inferior (X_s, Y_s, Z_s) , (X_i, Y_i, Z_i) respectivamente.

2.- Obtener las 8 combinaciones de control.

A continuación se utilizan los datos históricos del año L.

3.- Suavice la combinación nominal (X_o, Y_o, Z_o) y las 8 de control utilizando los $(L+12)$ datos históricos y los componentes $C(k+12)$ y $T(k+12)$ para la combinación nominal X_o, Y_o, Z_o .

4.- Con los componentes $C(k+12)$ y $T(k+12)$ pronostique para el año M de datos históricos.

A continuación se utilizan los datos históricos del año M.

Oprima una Tecla

MODELO DE WINTERS

- 5.- Determine los errores al cuadrado para cada combinación y periodo j .
- 6.- Determine el rango de errores al cuadrado para cada una de las 9 combinaciones.
- 7.- Calcule el rango promedio de todos los rangos.
- 8.- Determine la desviación estándar del error, por el método de rango promedio.
- 9.- Obtenga los límites de control inferior y superior para un nivel de confianza determinado.

FASE D. PRONOSTICO PARA PLANEACION.

A continuación se utilizan los años M de datos históricos.

Oprima una Tecla

MODELO DE WINTERS

- 1.- Con los componentes $C[(k+L) \cdot 12]$ y los $T[(k+L) \cdot 12]$ para la combinación nominal (X_0, Y_0, Z_0) suavice la combinación nominal utilizando los $M \cdot 12$ datos históricos.
- 2.- Con los componentes $C[(k+L+M) \cdot 12]$ y los $T[(k+L+M) \cdot 12]$ genere el pronóstico y para la planeación de operaciones de la empresa.

FASE E. CONTROL DEL MODELO.

A continuación se utiliza el año M de datos históricos.

- 1.- Con los componentes $C[(k+L) \cdot 12]$ y los $T[(k+L) \cdot 12]$ para la combinación nominal (X_0, Z_0) suavice las 8 combinaciones de control utilizando los $M \cdot 12$ datos históricos del año M .

Oprima una Tecla

MODELO DE WINTERS

- 2.- Con los componentes $C [(k+L+M) \cdot 12]$ y los $T [(k+L+M) \cdot 12]$ para cada combinación de control, genere los pronósticos para control para el año real $M+1$.

A continuación se utilizan los datos reales del año $M+1$.

- 3.- Utilizando los datos reales del año $M+1$ y los pronósticos para control generados para el año $M+1$, determine los errores al cuadrado para cada combinación de control y periodos j .
- 4.- Determine los promedios de errores al cuadrado para cada combinación de control.

$$E^2 (i)$$

- 5.- Calcular los errores esperados para cada pondera-

Oprima una Tecla

MODELO DE WINTERS

dor.

$E(x)$, $E(y)$, $E(z)$

6.- Compare los errores esperados $E(x)$, $E(z)$ con los límites de control superior e inferior.

7.- Ajuste la combinación nominal (X_0 , Y_0 , Z_0) si es necesario.

REGRESE A LA FASE D.

Oprima una Tecla

MODELO DE WINTERS

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
DISEÑO LÍMITES DE CONTROL
P R O N Ó S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL ARCHIVO
OPRIKA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO

<F10> Información

VENTAS HISTORICAS

MES
D
E
Z
O
C
A
B
R
A
E
N
E
R
O
F
E
B
R
A
R
O
M
A
R
C
A
B
R
O
A
B
R
I
L
M
A
Y
J
U
N
J
U
L
I
O
A
G
O
S
E
P
T
I
E
M
B
R
E
O
C
T
U
B
R
E
N
O
V
I
E
M
B
R
E
D
I
C
I
E
M
B
R
E

t	V(t)
1	176.000000
2	178.000000
3	179.000000
4	180.000000
5	181.000000
6	182.000000
7	183.000000
8	184.000000
9	185.000000
10	186.000000
11	187.000000
12	188.000000

t	V(t)
1	170.000000
2	171.000000
3	172.000000
4	173.000000
5	174.000000
6	175.000000
7	176.000000
8	177.000000
9	178.000000
10	179.000000
11	180.000000
12	181.000000

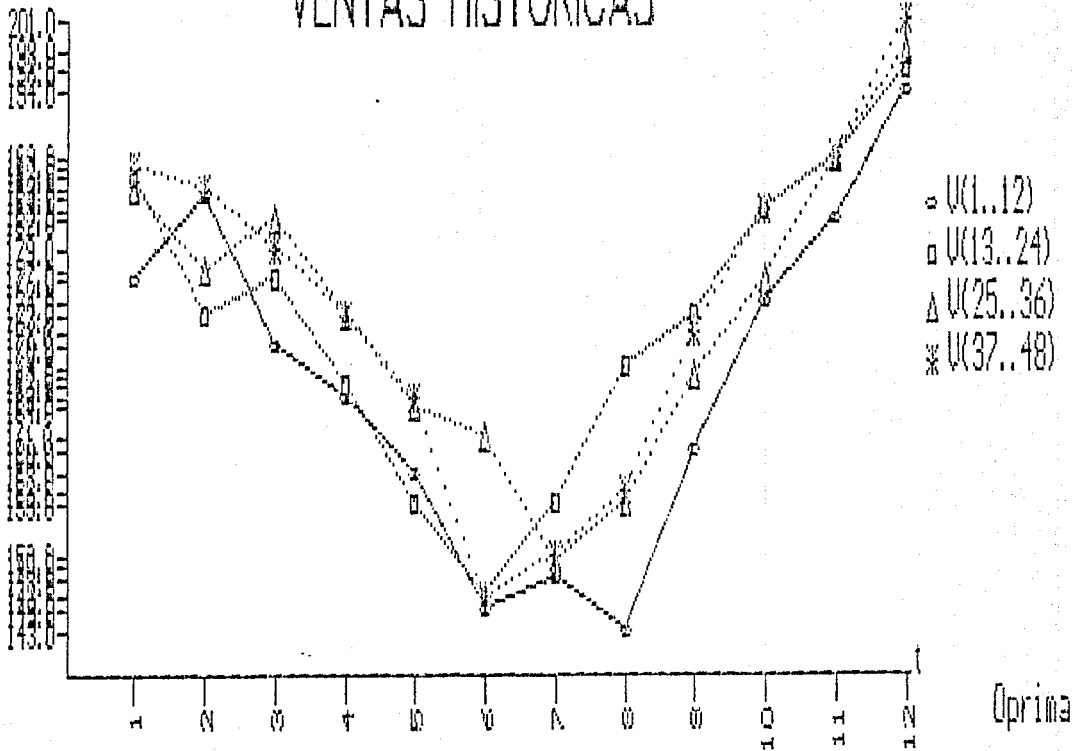
t	V(t)
1	185.000000
2	177.000000
3	182.000000
4	173.000000
5	164.000000
6	149.000000
7	159.000000
8	177.000000
9	188.000000
10	186.000000
11	155.000000
12	156.000000

t	V(t)
1	187.000000
2	185.000000
3	173.000000
4	165.000000
5	156.000000
6	171.000000
7	183.000000
8	181.000000
9	201.000000
10	181.000000
11	181.000000
12	181.000000

Oprima una Tecla

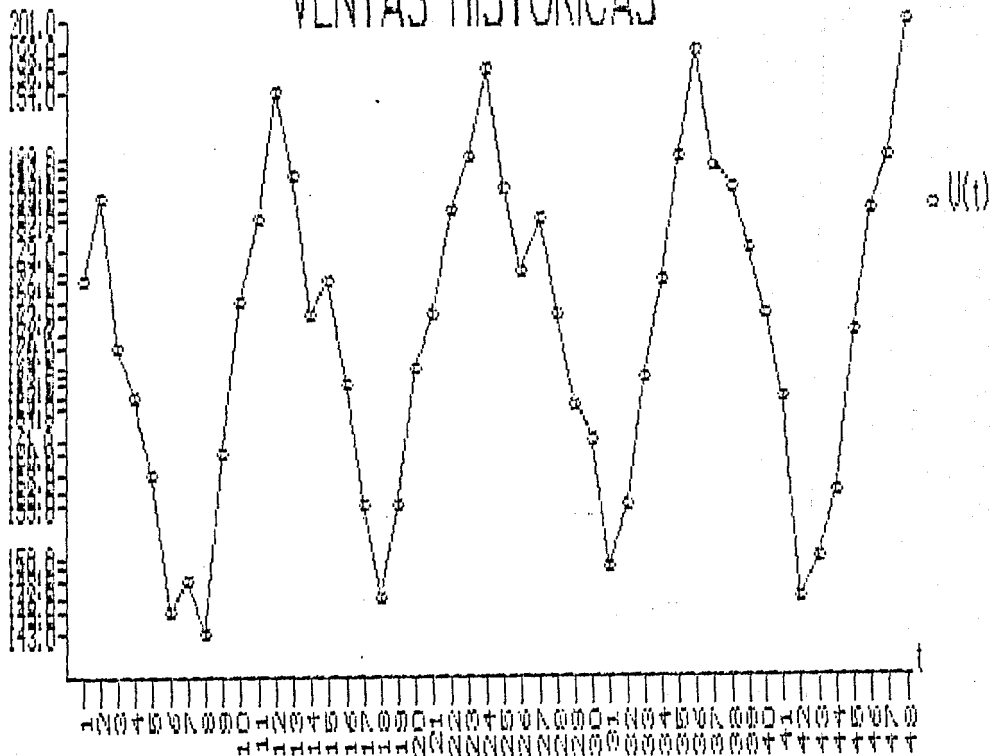
<F10> Información

VENTAS HISTORICAS



Oprima

VENTAS HISTORICAS



Uprima
una
Terla

La serie de Tiempo tiene un comportamiento Estacional ? (S/N):

MODELO DE WINTERS

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
DISEÑO LIMITES DE CONTROL
P R O N O S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL ARCHIVO
OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO

<F10> Información

INICIALIZACION DEL MODELO

Se leen Datos (S/N)

<F10> Información

INICIALIZACION DEL MODELO

ARRANCADORES DEL MODELO DE WINTERS:

Componente Constante $C(\theta)=164.06$
Componente de Tendencia $T(\theta)=0.4583$

CALCULO DE LOS J ESTACIONALES INICIALES $E_{0,1}..E_{0,12}$
DETERMINACION DE LAS 24 RAZONES ESTACIONALES CON:
 $Q[1]..Q[24]$

OPRIME UNA TECLA

<F10> Información

INICIALIZACION DEL MODELO

12 COMPONENTES ESTACIONALES INICIALES

000000000000	11	=	1.000000	49
000000000000	22	=	1.000000	50
000000000000	33	=	0.999999	51
000000000000	44	=	0.999999	52
000000000000	55	=	0.999999	53
000000000000	66	=	0.888888	54
000000000000	77	=	0.888888	55
000000000000	88	=	0.991000	56
000000000000	99	=	0.970000	57
000000000000	10	=	1.000000	58
000000000000	11	=	1.000000	59
000000000000	12	=	1.000000	60
				SUN

Oprime una Tecla

<F10> Información

INICIALIZACION DEL MODELO

Incremento del ponderador X:0.1
Incremento del ponderador Y:0.1
Incremento del ponderador Z:0.1

Espera un Momento por Favor

<F10> Información

INICIALIZACION DEL MODELO

Incremento del ponderador X:0.1
Incremento del ponderador Y:0.1
Incremento del ponderador Z:0.1

El Ponderador Xmin es:0.50
El Ponderador Ymin es:0.70
El Ponderador Zmin es:0.20

Desviacion Minima es:5.14

Componente Constante C(24)=173.5046
Componente Tendencia T(24)=-0.1222

Oprime una Tecla

<F10> Información

INICIALIZACION DEL MODELO

COMPONENTES ESTACIONALES

1	0.0836	13	E	1.0858
11	0.0836	14	E	1.0858
12	0.0836	15	E	1.0858
13	0.0836	16	E	1.0858
14	0.0836	17	E	1.0858
15	0.0836	18	E	1.0858
16	0.0836	19	E	1.0858
17	0.0836	20	E	1.0858
18	0.0836	21	E	1.0858
19	0.0836	22	E	1.0858
20	0.0836	23	E	1.0858
21	0.0836	24	E	1.0858
22	0.0836			
23	0.0836			
24	0.0836			

Oprime una Tecla

<F10> Información

INICIALIZACION DEL MODELO

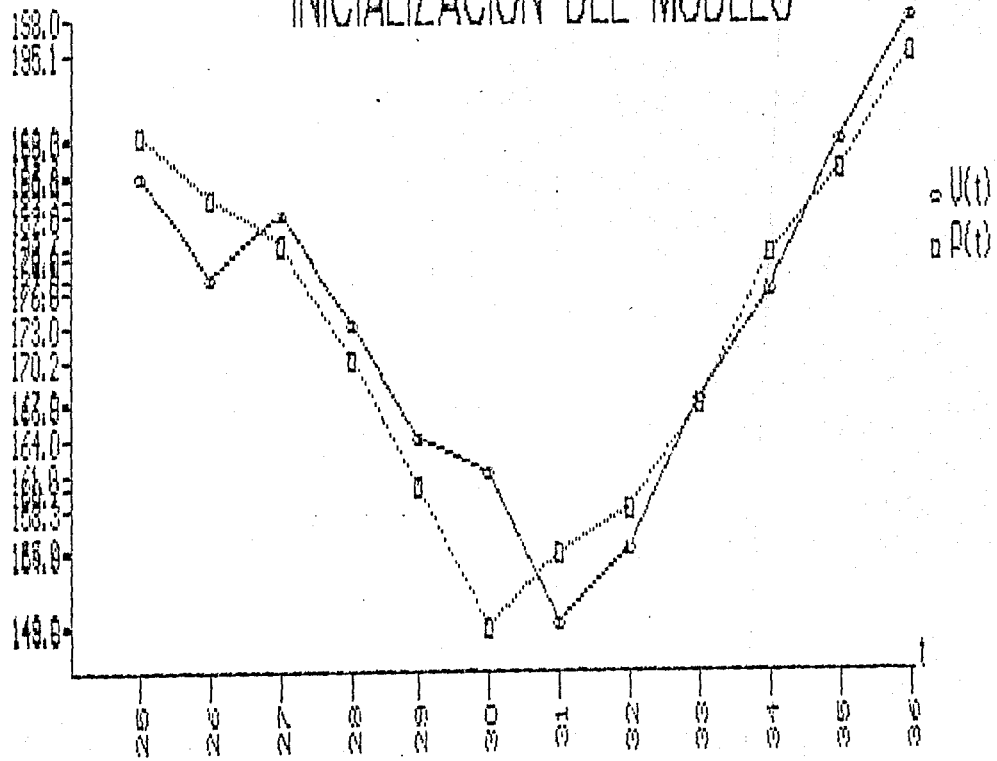
PRONOSTICO QUE GENERA LA MINIMA DESVIACION ESTANDAR

2	p	(	2	)	=	188.	26
6	r	r	2	)	=	183.	52
6	r	r	7	)	=	175.	54
6	r	r	5	)	=	166.	16
6	r	r	9	)	=	148.	03
6	r	r	1	)	=	154.	44
6	r	r	2	)	=	158.	33
6	r	r	3	)	=	166.	11
6	r	r	4	)	=	178.	00
6	r	r	5	)	=	185.	14
6	r	r	6	)	=	195.	14

Oprime una Tecla

<F10> Información

INICIALIZACION DEL MODELO



Prima
una
Tabla

MODELO DE WINTERS

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
DISEÑO LIMITES DE CONTROL
P R O G N O S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL ARCHIVO
OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO

<F10> Información

DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL

COMBINACIONES NOMINAL Y DE CONTROL

1	Xs(1)	Ys(1)	Zs(1)	0.50	0.70	0.20
2	Xs(1)	Ys(1)	Zs(2)	0.50	0.70	0.20
3	Xs(1)	Ys(2)	Zs(1)	0.50	0.70	0.20
4	Xs(1)	Ys(2)	Zs(2)	0.50	0.70	0.20
5	Xs(2)	Ys(1)	Zs(1)	0.50	0.70	0.20
6	Xs(2)	Ys(1)	Zs(2)	0.50	0.70	0.20
7	Xs(2)	Ys(2)	Zs(1)	0.50	0.70	0.20
8	Xs(2)	Ys(2)	Zs(2)	0.50	0.70	0.20

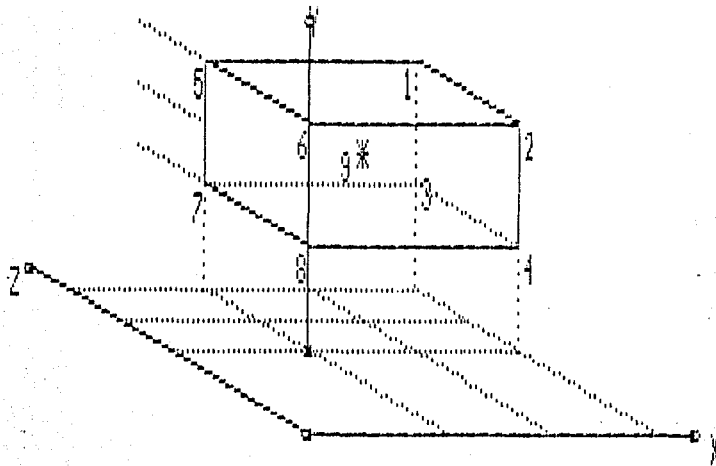
9 Xmin Ymin Zmin 0.50 0.70 0.20

Oprime una Tecla

<F10> Información

DISEÑO DE LÍMITES DE CONTROL

COMBINACIONES NOMINAL Y DE CONTROL



ma
una
Terla

DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL

COMPONENTES CONSTANTES Y DE TENDENCIA PARA
LAS COMBINACIONES NOMINAL Y DE CONTROL

00000000	= 173.42	t11]	= 0.20
00000000	= 173.42	t12]	= 0.06
00000000	= 173.42	t13]	= 0.20
00000000	= 173.42	t14]	= 0.06
00000000	= 173.42	t15]	= 0.06
00000000	= 173.42	t16]	= 0.04
00000000	= 173.42	t17]	= 0.04
00000000	= 173.42	t18]	= 0.07

Oprime una Tecla

<F10> Información

DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL

DETERMINACION DEL RANGO PARA CADA COMBINACION

Combinacion: 1

t	E	V	P	S2
37	1.008	187.00	167.44	0.16
38	1.005	185.00	162.47	0.15
39	1.004	175.00	152.00	0.14
40	0.995	173.00	142.00	0.13
41	0.993	165.00	132.00	0.12
42	0.888	146.00	153.00	0.148
43	0.886	150.00	151.00	0.122
44	0.91	156.00	158.00	0.166
45	0.97	171.00	170.00	0.137
46	1.04	183.00	181.00	0.162
47	1.09	188.00	191.00	0.182
48	1.14	201.00	200.00	0.144

Rango = 53.34

Oprime una Tecla

<F10> Información

DISEÑO DE LÍMITES DE CONTROL

DETERMINACIÓN DEL RANGO PARA CADA COMBINACION

Combinacion: 2

t	E	y	P	BZ
37	1.000	167.00	187.39	0.11
38	1.000	165.00	182.22	0.09
39	0.999	172.00	182.67	0.10
41	0.999	175.00	177.15	0.08
42	0.998	146.00	161.86	0.05
43	0.998	150.00	152.76	0.04
44	0.997	156.00	150.14	0.03
45	0.997	171.00	160.17	0.05
46	1.000	163.00	160.15	0.05
47	1.000	166.00	160.00	0.05
48	1.000	161.00	160.00	0.05

Rango = 46.56

Oprime una Tecla

<F10> Información

DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL

DETERMINACION DEL RANGO PARA CADA COMBINACION

Combinacion: 3

t	F	y	P	SZ
37	1.088	167.000	187.555	14.491
38	1.088	165.000	187.766	14.491
39	1.088	179.000	187.222	14.491
40	1.088	179.000	187.222	14.491
41	1.088	179.000	187.222	14.491
42	1.088	179.000	187.222	14.491
43	1.088	179.000	187.222	14.491
44	1.088	179.000	187.222	14.491
45	1.088	179.000	187.222	14.491
46	1.088	179.000	187.222	14.491
47	1.088	179.000	187.222	14.491
48	1.088	179.000	187.222	14.491

Rango = 47.88

Oprime una Tecla

<F10> Información

DISEÑO DE LÍMITES DE CONTROL

DETERMINACIÓN DEL RANGO PARA CADA COMBINACION

Combinacion: 4

t	P	V	F	S2
37	1.000	187.000	187.54	0.229
38	1.000	185.000	182.45	6.209
39	1.000	179.000	182.45	11.015
40	1.000	173.000	171.45	11.015
41	1.000	165.000	161.45	11.015
42	1.000	146.000	151.45	11.015
43	1.000	156.000	151.45	11.015
44	1.000	171.000	166.45	11.015
45	1.000	171.000	166.45	11.015
46	1.000	163.000	166.45	11.015
47	1.000	168.000	166.45	11.015
48	1.000	201.000	166.45	11.015

Range = 41.24

Oprime una Tecla

<F10> Información

DISEÑO DE LÍMITES DE CONTROL

DETERMINACIÓN DEL RANGO PARA CADA COMBINACION

Combinacion: 5

t	E	V	P	B
37	1.08	1167.00	1266.51	0.22
38	1.08	1170.00	1266.19	14.24
39	1.08	1175.00	1265.45	11.99
40	1.08	1175.00	1265.00	0.55
41	1.08	1175.00	1265.00	11.22
42	1.08	1175.00	1265.00	49.11
43	1.08	1175.00	1265.00	0.56
44	1.08	1175.00	1265.00	0.57
45	1.08	1175.00	1265.00	14.57
46	1.08	1175.00	1265.00	0.74
47	1.14	201.00	128.12	8.31
48	1.14	201.00	128.12	8.31

Rango = 48.95

Oprime una Tecla

<F10> Información

DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL

DETERMINACION DEL RANGO PARA CADA COMBINACION

Combinacion: 6

t	E	V	P	E2
37	1.00	187.00	186.00	0.10
38	1.00	188.00	181.00	14.00
39	1.00	179.00	172.00	11.00
40	0.50	173.00	171.00	11.00
41	0.50	165.00	161.00	11.17
42	0.50	146.00	153.00	0.22
43	0.50	150.00	149.00	0.27
44	0.50	150.00	150.00	0.00
45	0.50	171.00	167.00	0.67
46	1.00	183.00	180.00	0.00
47	1.00	181.00	180.00	0.00
48	1.14	201.00	197.00	0.00

Rango = 50.17

Oprime una Tecla

<F10> Información

DISEÑO DE LÍMITES DE CONTROL

DETERMINACIÓN DEL RANGO PARA CADA COMBINACIÓN

Combinación: 7

t	E	v	P	SZ
37	1.000	187.00	186.69	0.10
38	1.000	185.00	181.45	12.62
39	1.000	173.00	182.08	1.37
40	0.999	173.00	171.80	1.44
41	0.999	165.00	161.48	12.36
42	0.998	146.00	152.52	12.56
43	0.997	150.00	150.02	0.00
44	0.991	150.00	156.93	6.86
45	0.997	171.00	166.07	4.57
46	1.000	188.00	175.24	14.12
47	1.000	188.00	188.66	0.36
48	1.14	201.00	197.94	0.99

Rango = 42.53

Oprime una Tecla

<F10> Información

DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL

DETERMINACION DEL RANGO PARA CADA COMBINACION

Combinacion: 8

i	P	V	P	S
37	1.0000	167.00	186.00	0.02
38	1.0000	167.00	181.00	12.02
39	1.0000	167.00	181.00	12.02
40	1.0000	167.00	174.00	12.02
41	1.0000	167.00	167.00	12.02
42	1.0000	167.00	167.00	12.02
43	1.0000	167.00	156.00	12.02
44	1.0000	167.00	156.00	12.02
45	1.0000	167.00	156.00	12.02
46	1.0000	167.00	178.00	12.02
47	1.0000	167.00	188.00	12.02
48	1.0000	167.00	197.00	12.02

Rango = 43.27

Oprime una Tecla

<F10> Información

DISEÑO DE LÍMITES DE CONTROL

DETERMINACION DEL RANGO PARA CADA COMBINACION

Combinacion: 9

t	E	V	P	S2
37	1.008	187.000	187.000	9.600
38	1.005	185.000	181.899	11.600
39	1.005	187.000	182.466	11.800
40	1.005	187.000	172.000	16.800
41	1.005	187.000	181.700	16.800
42	1.005	185.000	180.700	15.000
43	1.005	185.000	180.400	15.000
44	1.005	187.000	187.600	2.600
45	1.005	187.000	187.700	4.800
46	1.005	183.000	183.800	5.700
47	1.005	183.000	183.100	1.400
48	1.14	201.000	186.400	6.400

Rango = 45.93

Oprime una Tecla

<F10> Información

DISEÑO DE LIMITES DE CONTROL

Rango Prom: 46.65
Consultando una tabla de rangos promedio en un libro de
Tablas Estadísticas, para $n=9$, se lee $d=2.97$
Desviación Estandar: 15.7078

Limites de Control:

Con que Nivel de confianza desea los Limites de Control
(99.73, 99, 98, 96, 95.45, 95, 90, 80, 68.27, 50%): 99.73

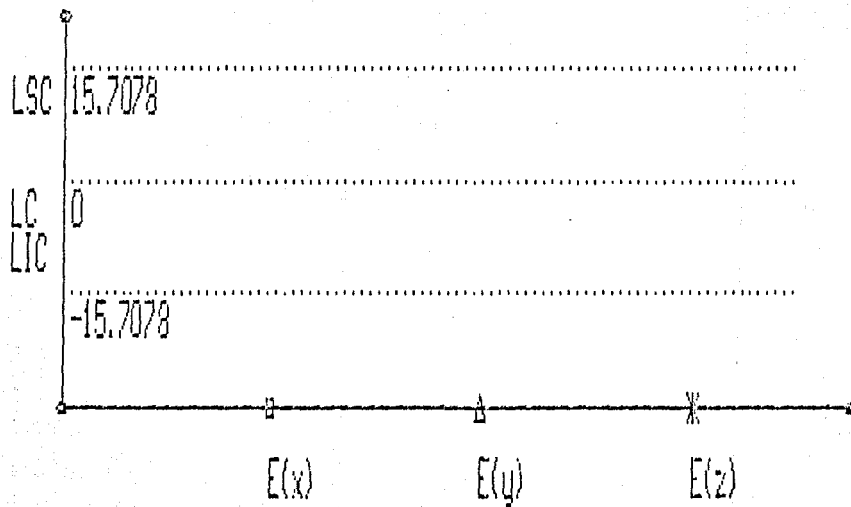
Valor de z_0 (3, 2.58, 2.33, 2.05, 2, 1.96, 1.64, 1.28, 1, 0.67)
Correspondiente: 3.000

Limite Superior de Control = 15.71
Limite Inferior de Control = -15.71

Oprime una Tecla para Graficar los Limites de Control

<F10> Información

DISEÑO DE LÍMITES DE CONTROL



MODELO DE WINTERS

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
DISEÑO LIMITES DE CONTROL
P R O N O S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL ARCHIVO
OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO

<F10> Información

P R O N O S T I C O

COMPONENTES CONSTANTES, DE TENDENCIA Y ESTACIONALES
PARA DETERMINAR EL PRONOSTICO DE PLANEACION

C(36)=173.2753
T(36)=0.0655

E(25)=1.0792
E(26)=1.0489
E(27)=1.0518
E(28)=0.9915
E(29)=0.9317
E(30)=0.8797
E(31)=0.8657
E(32)=0.9069
E(33)=0.9708
E(34)=1.0342
E(35)=1.0873
E(36)=1.1402

Combinacion Nominal: Xmin = 0.500
Ymin = 0.700
Zmin = 0.200

Oprime una Tecla

<F10> Información

PRONOSTICO

Es el primer Pronóstico (S/N) ?

<F10> Información

PRONOSTICO

Año:1991

Periodos al año:12

<F10> Información

PRONOSTICO

Año: 1991

Año:1991

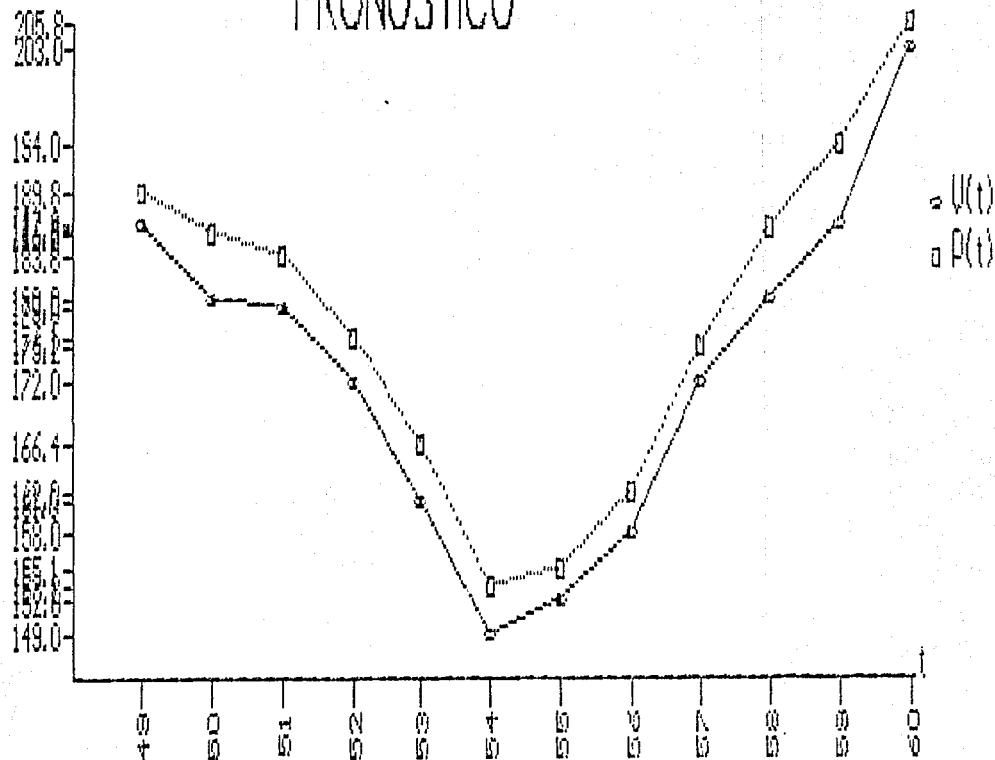
Periodos al año:12

Periodo	Pronóstico
49	189.75
50	185.96
51	183.84
52	176.14
53	166.40
54	153.21
55	155.11
56	162.02
57	175.22
58	186.40
59	194.03
60	205.83

Oprime una Tecla

<F10> Información-

PRONOSTICO



Tarja

MODELO DE WINTERS

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
DISEÑO LIMITES DE CONTROL
CONTROL

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL ARCHIVO
OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO

<F10> Información

C O N T R O L

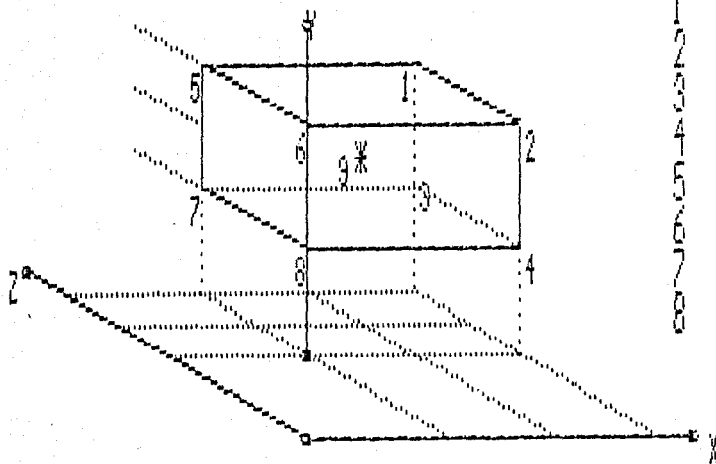
PROMEDIO DE ERRORES AL CUADRADO PARA CADA COMBINACION DE CONTROL

Combinacion	Error Promedio
1	27.243
2	19.471
3	21.321
4	21.263
5	21.946
6	16.094
7	25.256
8	17.399

Oprime una Tecla

<F10> Información

ERRORES PROMEDIO



Combinacion	Error Promedio
1	27.2433
2	19.4707
3	31.3210
4	21.2632
5	21.9460
6	16.0942
7	25.2559
8	17.3390

C O N T R O L

ERROR ESPERADO PARA CADA PONDERADOR

Para el Componente Constante	E_x	=	-4.6
Para el Componente Tendencia	E_y	=	7.6
Para el Componente Tendencia	E_z	=	6.0

Oprime una Tecla

C O N T R O L

AJUSTE DE CADA PONDERADOR DE LA COMBINACION NOMINAL

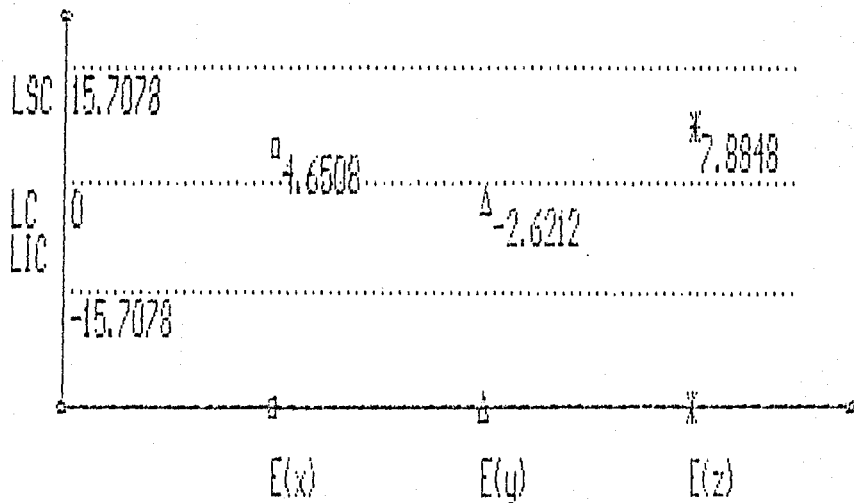
No se realiza ningun Ajuste a la Combinacion Nominal $X_{min}=0.50$,
 $Y_{min}=0.70$ y $Z_{min}=0.20$ Lo que
significa que la serie de tiempo generada por el modelo
sigue representando a la serie de tiempo real y por lo tanto
esta dentro de los limites de control

Ponderador $X_{min} = 0.50$
Ponderador $Y_{min} = 0.70$
Ponderador $Z_{min} = 0.20$

Oprieme una Tecla para Graficar los Lim. y Errores de Cont.

<F10> Información.

CONTROL DEL MODELO DE PRONOSTICO



Oprima
una
Tecla

MODELO DE WINTERS

MENU MODELO

GRAFICA DE SERIE DE TIEMPO
INICIALIZACION DEL MODELO
DISEÑO LIMITES DE CONTROL
P R O N O S T I C O
C O N T R O L

<ESC> Terminar

SE LEERAN DATOS DESDE EL ARCHIVO
OPRIMA F1 PARA LEER DESDE EL TECLADO

<F10> Información

CONCLUSIONES

De la aplicación de los modelos de suavización exponencial simple, de Holt y de Winters, mediante las metodologías y - el software diseñado para tal fin, se concluye que presenta las siguientes ventajas:

- 1.- Gráfica la serie de tiempo real y la del pronóstico, los errores esperados para cada ponderador, y los límites de control.
- 2.- Se puede utilizar cualquier número de años de demanda - histórica para inicializar el modelo, diseñar los límites de control, generar el pronóstico para planeación y revisión del modelo.
- 3.- Logra un suavizado tan liso como se desee, bastando con ello modificar el incremento del ponderador en un valor mas pequeño.
- 4.- Permite un ajuste tan exacto como se requiera, lo que se logra modificando la constante de Chow, \underline{d} de un valor de 0.05 a un valor mas pequeño.
- 5.- Permite diseñar límites de control para diferentes niveles de confianza.
- 6.- Permite un ajuste automático y adaptativo, en respuesta al nivel de la demanda real.
- 7.- Optimiza el uso de la memoria de la computadora, porque en el caso del modelo de suavización exponencial simple solo requiere de tres valores: El ponderador X_0 , el último componente constante y el dato real mas reciente.

En el caso del modelo Holt se requieren 4 valores: los 2 ponderadores nominales X_0 , Z_0 , el último componente constante $C []$ y el último componente de tendencia $T []$.

En el caso del modelo de Winters se requieren 17 valores: el último componente constante, último componente de tendencia, los doce últimos componentes estacionales, la combinación nominal X_0 , Y_0 , Z_0 .

- 8.- Permite acceder en cualquier instante la información sobre la metodología del modelo que se este utilizando.

BIBLIOGRAFIA

1. - APPLIED FORECASTING METHODS.
Nick T. Thomopoulos.
Prentice hall. 1980
2. - APUNTES DE INGENIERIA INDUSTRIAL.
I.T.E.S.M. 1971
3. - APUNTES DE SISTEMAS DE PRODUCCION.
Dr. Benito Flores.
Dr. Fernando Gonzalez y franco
I.T.E.S.M. 1972
4. - APUNTES SOBRE PRONOSTICOS DE VENTAS.
Ing. Marcos Castro Zarate.
Instituto Tecnologico de Veracruz. 1977
5. - BASES CONCEPTUALES Y METODOLÓGICAS PARA EL PRONOSTICO.
Suarez Rocha Javier.
Div. est. posgrado facultada de ingenieria UNAM.
6. - CONTROL DE PRODUCCION.
William Boris.
Hispano europea. 1958
7. - STATISTICAL FORECASTING FOR INVENTORY AND CONTROL.
Robert Brown.
Mc. Graw Hill.
8. - FORECASTING AND TIME SERIES ANALYSIS.
Douglas C. Montgomery
Lynwood A. Johnson
Mc. Graw Hill.
9. - FORECASTING METHODS AND APPLICATIONS.
Styros Makridakis
Steven C. Wheelwright
John Wiley and Sons.

10. - FORECASTING SMOOTHING AND PREDICTION.
P. R. Winters.
Prentise Hall. 1959
11. - INTERACTIVE FORECASTING UNIVARIATE AND MULTIVARIATE METHODS.
Styros Makridakis
Steven C. Wheelwright
2ª Edición
Holden Day Inc.
12. - METODOS DE PRONOSTICOS APLICADOS A LA ADMINISTRACION.
Maria Esperanza Bures.
I.T.E.S.M. Monterrey.
13. - OPERATIONS RESEARCH IN PRODUCTION PLANNING, SCHEDULING AND INVENTORY CONTROL.
Lynwood A. Johnson
Douglas C. Montgomery.
John Wiley sons
1974.
14. - PLANEACION DE PRODUCCION Y CONTROL DE INVENTARIOS.
Magge Boodman.
Ateneo. 1971
15. - PRODUCC AND INVENTORY CONTROL.
James H. Green.
Mc. Graw Hill.
16. - TIME SERIES ANALYSIS FORECASTING AND CONTROL.
Box GE y GM Jenkins.
Holden day INC. , San Francisco 1970