

Contenido

Programación Lineal.....	1
Programación lineal.....	3
Historia de la programación lineal.....	3
Un problema de maximización.....	5
Formulación del problema.....	6
Modelo matemático para el problema de RMC.....	10
Variables de Holgura.....	13
Análisis de Decisiones.....	15
1. TOMA DE DECISIONES SIN PROBABILIDAD.....	16
Enfoque optimista:.....	18
Enfoque conservador:.....	22
Enfoque de arrepentimiento Minimax:.....	24
Inventarios.....	25
Modelo de cantidad económica del pedido (EOQ).....	26
Decisión de cuanto ordenar.....	31
Solución en el programa.....	32
Decisión de cuándo ordenar.....	35
Solución en el programa.....	36
Pronósticos.....	41
Componentes de una serie de tiempo.....	43
Tendencia.....	43
Cíclico.....	43
Estacional	44
Métodos de suavización.....	45
Promedio móviles.....	45
Resolución del problema.....	47
Promedios móviles ponderados	51
Suavización exponencial	51
Resolución del problema.....	53

Proyección de la tendencia.....	56
Resolución del problema.....	57
Modelos de Asignación y Transporte.....	60
TRANSPORTE.....	61
Resolución del problema.....	66

Capítulo 1

Programación lineal

Historia de la programación lineal

Se plantea como un modelo matemático desarrollado durante la Segunda Guerra Mundial para planificar los gastos y los retornos, a fin de reducir los costos al ejército y aumentar las pérdidas del enemigo. Se mantuvo en secreto hasta 1947. En la posguerra, muchas industrias lo usaron en su planificación diaria.

Los fundadores de la técnica son George Dantzig, quien publicó el algoritmo simplex, en 1947, John Von Neumann, que desarrolló la teoría de la dualidad en el mismo año, y Leonid Kantorovich, un matemático ruso, que utiliza técnicas similares en la economía antes de Dantzig y ganó el premio Nobel en economía en 1975. En 1979, otro matemático ruso, Leonid Khachinyan, demostró que el problema de la programación lineal era resoluble en tiempo polinomial. Más tarde, Narendra Karmarkar introduce un nuevo método del punto interior para resolver problemas de programación lineal, lo que constituirá un enorme avance en los principios teóricos y prácticos en el área.

El objetivo de la programación lineal es encontrar las condiciones en que se maximiza la denominada función objetivo, una ecuación que determina, por ejemplo, el ingreso que se obtendrá produciendo determinadas mercancías; dicha función está sujeta a ciertas restricciones, constituidas por un grupo de ecuaciones lineales que indican el consumo de los diversos factores productivos que se necesitan para obtener un determinado producto. De este modo se establece que pueden producirse ciertas cantidades de los bienes a , b ,... etc., cada uno de los cuales produce un ingreso determinado. La programación lineal indica

entonces la combinación óptima de bienes a producir para obtener el máximo beneficio a partir de un conjunto finito de recursos.

Es una de las principales ramas de la Investigación Operativa. En esta categoría se consideran todos aquellos modelos de optimización donde las funciones que lo componen, es decir, función objetivo y restricciones, son funciones lineales en las variables de decisión.

Los modelos de programación lineal por su sencillez son frecuentemente usados para abordar una gran variedad de problemas de naturaleza real en ingeniería y ciencias sociales, lo que ha permitido a empresas y organizaciones importantes beneficios y ahorros asociados a su utilización.

Los modelos matemáticos se dividen básicamente en modelos deterministas (md) o modelos estocásticos (me). En el primer caso (md) se considera que los parámetros asociados al modelo son conocidos con certeza absoluta, a diferencia de los modelos estocásticos, donde la totalidad o un subconjunto de los parámetros tienen una distribución de probabilidad asociada. Los cursos introductorios a la Investigación Operativa se enfocan solo en modelos deterministas.

En resumen:

- La programación lineal es una técnica de modelado (construcción de modelos).
- La programación lineal es una técnica matemática de optimización, es decir, un método que trata de maximizar o minimizar un objetivo.
- Su interés principal es tomar decisiones óptimas.
- Se usa mucho en la industria militar y en la petrolera. Si bien esos sectores han sido quizá los principales usuarios de ella, el sector servicios y el sector público de la economía también le han aprovechado ampliamente.

- La estructura básica de un problema de programación lineal consta de una función objetivo por maximizar o minimizar, sujeta a ciertas restricciones en la forma de igualdades o desigualdades.

Un problema de maximización

RMC Inc. es una pequeña empresa que fabrica una variedad de productos basados en sustancias químicas. En un proceso de producción particular, se emplean tres materias primas para producir productos: un aditivo para combustible y una base para solvente. El aditivo se vende a las compañías petroleras y se utiliza en la producción de gasolina y combustibles relacionados. La base para solvente se vende a una variedad de compañías de productos químicos y se emplea en artículos de limpieza para el hogar y la industria.

Las tres materias primas se mezclan para formar el aditivo para combustible y la base para el solvente, tal como se indica en la siguiente tabla.

	Producto	
	Aditivo	Solvente
Material 1	0.4	0.5
Material 2		0.2
Material 3	0.6	0.3

Se muestra que una tonelada de aditivo para combustible es una mezcla de 0.4 ton de material 1 y 0.6 ton de material 3, mientras que una tonelada de base para solvente es una mezcla de 0.5 ton de material 1, 0.2 ton de material 2 y 0.3 ton de material 3.

La producción de RMC esta restringida por una disponibilidad limitada de las tres materias primas. Para el periodo de producción actual, RMC tiene disponibles las siguientes cantidades de cada materia prima:

Material	Cantidad disponible
Material 1	20 toneladas
Material 2	5 toneladas
Material 3	21 toneladas

Debido al deterioro y a la naturaleza del proceso de producción, los materiales que no se lleguen a usar en una corrida de producción no se pueden almacenar para las subsiguientes, son inútiles y deben desecharse.

El departamento de contabilidad analizo las cifras de producción, asigno todos los costos relevantes y llego a precios para ambos productos que generarían una contribución a las utilidades de \$40 por cada tonelada de aditivo para combustible y \$30 por cada tonelada producida de base para solvente.

¿Qué cantidad de toneladas de aditivo para combustible y de base para solvente debe producirse con el fin de *maximizar* la contribución total a las utilidades?

Formulación del problema

Es el proceso de traducir una descripción verbal de un problema en un enunciado matemático.

El enunciado matemático del problema se conoce como modelo matemático.

RMC quiere determinar cuánto de cada producto debe producir para *maximizar* la contribución total a las utilidades. El número de toneladas disponibles de los tres materiales que se requieren para fabricar los dos productos delimitan la cantidad de toneladas de cada producto que puede elaborarse.

- Describir el objetivo: RMC desea *maximizar* la contribución total a las utilidades.
- Describir cada restricción: Tres restricciones limitan la cantidad de toneladas de aditivo y de base para solvente que pueden producirse.
 - o Restricción 1: El número de toneladas de material 1 empleadas debe ser menor o igual que las 20 toneladas disponibles.
 - o Restricción 2: El número de toneladas de material 2 empleadas debe ser menor o igual que las 5 toneladas disponibles.
 - o Restricción 3: El número de toneladas de material 3 debe ser menor o igual que las 21 toneladas disponibles.
- Definir las variables de decisión:
 - El numero de toneladas de aditivo por producir.
 - El numero de toneladas de solvente por producir.

Se utiliza la siguiente notación para las variables de decisión:

F = cantidad de toneladas de aditivo para combustible.

S = cantidad de toneladas de base para solvente.

- Escribir la función objetivo de las variables de decisión: La contribución a las utilidades de RMC proviene de la producción de F toneladas de aditivo para combustible y S toneladas de base para solvente. Debido a que RMC gana \$40 por cada tonelada de aditivo y \$30 por cada tonelada de solvente producida, la empresa ganara $\$40F$ de la producción de aditivo y $\$30S$ de la producción para solvente.

Por tanto:

$$\text{Contribución total a las utilidades} = 40F + 30S$$

Debido a que el objetivo es una función de las variables de decisión F y S , nos referimos a $40F + 30S$ como la función objetivo. Utilizamos “MAX” como una abreviatura para maximización, podemos escribir el objetivo de RMC de la siguiente forma:

$$\text{MAX } 40F + 30S$$

Escribir las restricciones en función de las variables de decisión.

- Restricción 1: Toneladas de material 1 utilizado $\leq$ Toneladas de material 1 disponible

Cada tonelada de aditivo para combustible que produce RMC produce utiliza 0.4 toneladas de material 1, por tanto se utilizan $0.4F$ toneladas de material 1 para producir F toneladas de aditivo para combustible. Del mismo modo, cada tonelada de base para solvente que RMC produce utiliza 0.5 toneladas de material 1, así que se emplean $0.5S$ toneladas de material 1 que se usan para producir S toneladas de base para solvente. Por consiguiente, el número de toneladas de material 1 utilizado para producir F toneladas de aditivo y S toneladas de solvente es:

$$\text{Toneladas de material 1 utilizadas} = 0.4F + 0.5S$$

Debido a que se dispone de 20 toneladas de material 1 para la utilizar en la producción, la declaración matemática de la restricción 1 es:

$$0.4F + 0.5S \leq 20$$

- Restricción 2: Toneladas de material 2 empleadas $\leq$ Toneladas de material 2 disponible

El aditivo para combustible no utiliza material 2, pero cada tonelada de solvente que RMC produce utiliza 0.2 toneladas de material 2, así que utiliza $0.2S$ toneladas de material 2 para producir S toneladas de base para solvente. Por consiguiente, el

número de toneladas de material 2 empleadas para producir F toneladas de aditivo y S de solvente es:

$$\text{Toneladas de material 2 utilizadas} = 0.2S$$

Debido a que dispone de 5 toneladas de material 2 para la producción, el enunciado matemático sería:

$$0.2S \leq 5$$

- Restricción 3: Toneladas de material 3 utilizadas $\leq$ Toneladas de material 3 disponible
Cada tonelada de aditivo que RMC produce utiliza 0.6 toneladas de material 3. Por tanto, se utilizan $0.6F$ toneladas de material 1 para producir F toneladas de aditivo. Del mismo modo, cada tonelada de base para solvente que RMC produce utiliza 0.3 toneladas de materia 3, así que se emplean $0.3S$ toneladas de material 1 para producir S toneladas de solvente. Por lo tanto, el número de toneladas de material 3 empleadas para producir F toneladas de aditivo y S toneladas de solvente es:

$$\text{Toneladas de material 3 utilizadas} = 0.6F + 0.3S$$

Dado que se dispone de 21 toneladas de material 3 para la producción, el enunciado matemático sería:

$$0.6F + 0.3S \leq 21$$

- Añadir las restricciones de no negatividad: RMC no puede producir una cantidad negativa de toneladas de aditivo ni una cantidad negativa de solvente. Por tanto, se deben añadir restricciones de no negatividad para prevenir variables de decisión F y S tengan valores negativos. Estas restricciones de no negatividad son:

$$F \geq 0 \text{ y } S \geq 0$$

Las restricciones de no negatividad son una característica de los problemas de programación lineal.

Modelo matemático para el problema de RMC

Ahora está completa la formulación del problema. Ahora podemos traducir la dedición verbal del problema de RMC en el siguiente modelo matemático:

$$\text{MAX } 40F + 30S$$

Sujeto a:

$$0.4F + 0.5S \leq 20$$

$$0.2S \leq 5$$

$$0.6F + 0.3S \leq 21$$

$$F \geq 0 \text{ y } S \geq 0$$

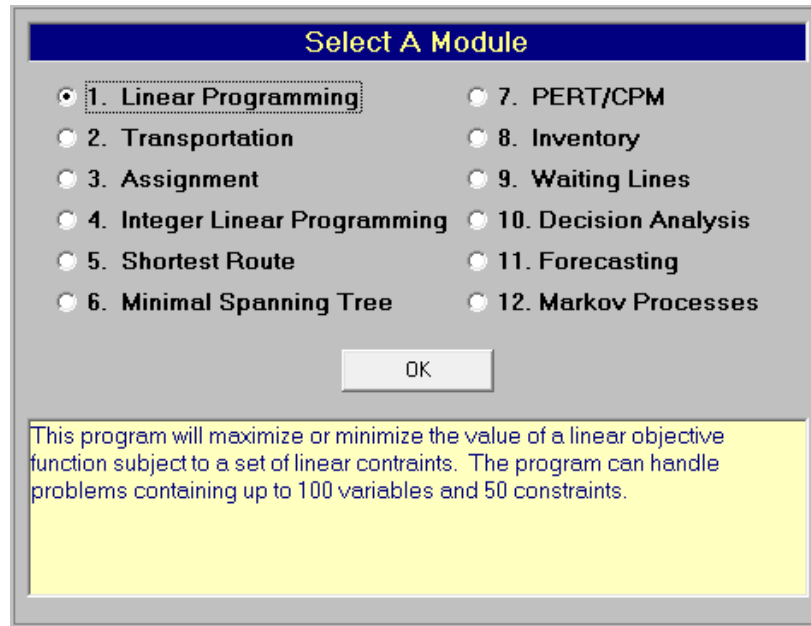
Nuestra tarea ahora es encontrar la mezcla de productos (es decir, la combinación de F y S) que satisfaga todas las restricciones y, al mismo tiempo, produzca un valor máximo para la función objetivo. En cuanto se calcula los valores de F y S , encontraremos la solución optima para el problema.



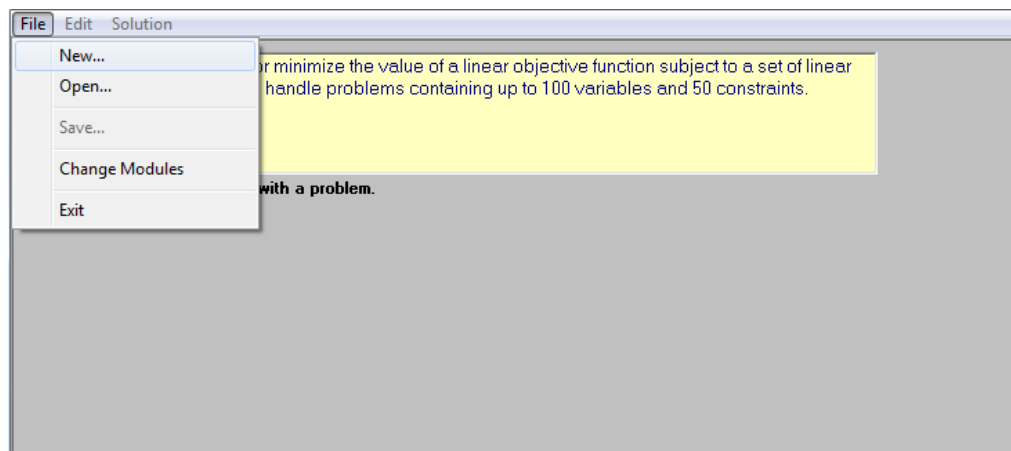
The Management Scientist

1. Para resolver este ejercicio, damos clic en el icono

para abrir el programa, después seleccionamos “programación lineal” y luego “ok”.



2. Elegimos la opción “file” y luego “new”.



3. Indicamos el número de variables y de restricciones, seleccionamos “maximizar” y luego “ok”.

Problem Features

Number of Decision Variables:

Number of Constraints:
(Not Including Nonnegativity)

Optimization Type

☒ **Maximize**

☐ **Minimize**

OK Cancel

En el primero indicamos el numero de variables en este caso son 2. En el segundo el numero de restricciones del problema que son 3. Elegimos en este caso maximizar porque es lo que buscamos en el problema.

4. Procedemos a llenar el cuadro con la información del modelo matemático que obtuvimos del problema y posteriormente damos clic en “solución” y luego en “resolver”.

File Edit **Solution**

Enter/Edit d and constr... Solve Print Solution

Optimizati...s. For each constraint, enter constraint coefficients, constraint relationship (<, =, >). Enter nonnegativity constraints.

Variable Names: (Change if Desired)	X1	X2
Objective Function Coefficients:	40	30

Coefficients				
Subject To:	X1	X2	Relation(<,=,>)	Right-Hand-Side
Constraint 1	.4	.5	<	20
Constraint 2		.2	<	5
Constraint 3	.6	.3	<	21

Ingresamos los coeficientes de la función objetivo, después llenamos el cuadro de las restricciones.

5. En la última ventana obtendremos el resultado.

Optimal Solution

Objective Function Value = 1600.000

Variable	Value	Reduced Costs
X1	25.000	0.000
X2	20.000	0.000

Constraint	Slack/Surplus	Dual Prices
1	0.000	33.333
2	1.000	0.000
3	0.000	44.444

OBJECTIVE COEFFICIENT RANGES

Variable	Lower Limit	Current Value	Upper Limit
X1	24.000	40.000	60.000
X2	20.000	30.000	50.000

Ahora interpretemos la solución por computadora para el problema. Primero, observamos que el número 1600.000, aparece a la derecha del valor de la función objetivo, indica que al solución óptima a este problema proporcionara una utilidad de \$1600. Directamente debajo del valor de la función objetivo están los valores de las variables de decisión de la solución óptima. Por tanto, tenemos que $F = 25$ toneladas de aditivo y $S = 20$ toneladas de solvente como cantidades de producción óptima.

Variables de Holgura

Además de la solución óptima y su contribución a las utilidades asociadas, los gerentes de RMC querrán información sobre los requerimientos de producción para los tres materiales.

Podemos determinar esta información al sustituir los valores de la solución óptima en las restricciones del programa lineal.

Restricción	Toneladas Requeridas	Ton Disponibles	Ton sin Utilizar
Material 1	$0.4 (25) + 0.5 (20) = 20$	20	0
Material 2	$0.2 (20) = 4$	5	1
Material 3	$0.6 (25) + 0.3 (20) = 21$	21	0

La solución óptima indica que la gerencia de la producción de 25 toneladas de aditivo y 20 toneladas de solvente requerirá todo el material 1 y material 3 disponible pero solo cuatro de cinco toneladas de material 2. La tonelada que queda sin utilizar del material 2 se conoce como holgura. En la terminología de programación lineal, cualquier capacidad sin utilizar o desocupada para una restricción de $\leq$ se conoce como una holgura asociada con la restricción. Por ende, la restricción del material 2 tiene una holgura de una tonelada.

Optimal Solution			
Objective Function Value =		1600.000	
Variable	Value	Reduced Costs	
-----	-----	-----	
X1	25.000	0.000	
X2	20.000	0.000	
Constraint	Slack/Surplus	Dual Prices	
-----	-----	-----	
1	0.000	33.333	
2	1.000	0.000	
3	0.000	44.444	
OBJECTIVE COEFFICIENT RANGES			
Variable	Lower Limit	Current Value	Upper Limit
-----	-----	-----	-----
X1	24.000	40.000	60.000
X2	20.000	30.000	50.000

La capacidad sin utilizar no contribuye en lo absoluto a las utilidades, por lo que las variables de holgura tienen coeficientes de cero en la función objetivo.

CAPITULO 2:

Análisis de Decisiones

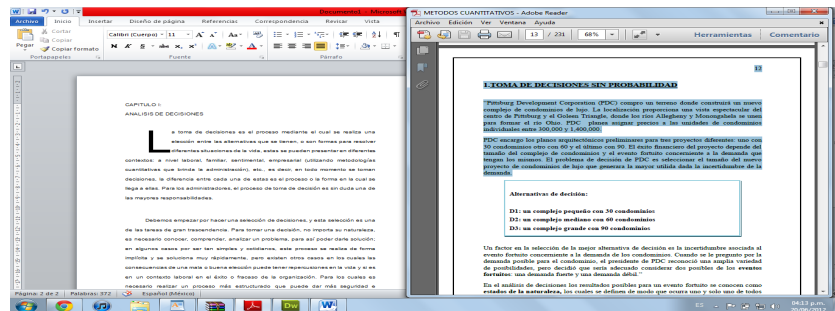
La toma de decisiones es el proceso mediante el cual se realiza una elección entre las alternativas que se tienen, o son formas para resolver diferentes situaciones de la vida, estas se pueden presentar en diferentes contextos: a nivel laboral, familiar, sentimental, empresarial (utilizando metodologías cuantitativas que brinda la administración), etc., es decir, en todo momento se toman decisiones, la diferencia entre cada una de estas es el proceso o la forma en la cual se llega a ellas. Para los administradores, el proceso de toma de decisión es sin duda una de las mayores responsabilidades.

Debemos empezar por hacer una selección de decisiones, y esta selección es una de las tareas de gran trascendencia. Para tomar una decisión, no importa su naturaleza, es necesario conocer, comprender, analizar un problema, para así poder darle solución; en algunos casos por ser tan simples y cotidianos, este proceso se realiza de forma implícita y se soluciona muy rápidamente, pero existen otros casos en los cuales las consecuencias de una mala o buena elección puede tener repercusiones en la vida y si es en un contexto laboral en el éxito o fracaso de la organización. Para los cuales es necesario realizar un proceso más estructurado que puede dar más seguridad e información para resolver el problema. Las decisiones nos atañen a todos ya que gracias a ellas podemos tener una opinión crítica.

1. TOMA DE DECISIONES SIN PROBABILIDAD

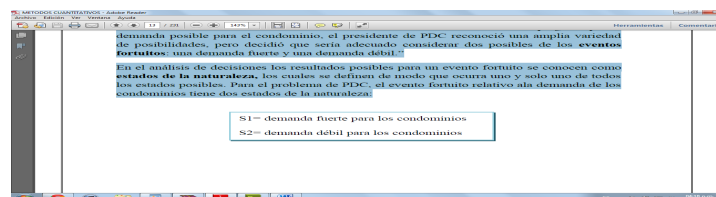
“Pittsburg Development Corporation (PDC) compra un terreno donde construirá un nuevo complejo de condominios de lujo. La localización proporciona una vista espectacular del centro de Pittsburg y el Goleen Triangle, donde los ríos Allegheny y Monongahela se unen para formar el río Ohio. PDC planea asignar precios a las unidades de condominios individuales entre 300,000 y 1,400,000.

PDC encargo los planos arquitectónicos preliminares para tres proyectos diferentes: uno con 30 condominios otro con 60 y el último con 90. El éxito financiero del proyecto depende del tamaño del complejo de condominios y el evento fortuito concerniente a la demanda que tengan los mismos. El problema de decisión de PDC es seleccionar el tamaño del nuevo proyecto de condominios de lujo que generara la mayor utilidad dada la incertidumbre de la demanda.



Un factor en la selección de la mejor alternativa de decisión es la incertidumbre asociada al evento fortuito concerniente a la demanda de los condominios. Cuando se le pregunto por la demanda posible para el condominio, el presidente de PDC reconoció una amplia variedad de posibilidades, pero decidió que sería adecuado considerar dos posibles de los eventos fortuitos: una demanda fuerte y una demanda débil.”

En el análisis de decisiones los resultados posibles para un evento fortuito se conocen como estados de la naturaleza, los cuales se definen de modo que ocurra uno y solo uno de todos los estados posibles. Para el problema de PDC, el evento fortuito relativo ala demanda de los condominios tiene dos estados de la naturaleza:



METODOS CUANTITATIVOS - Adolfo Rangel

Tabla de Resultados para el Proyecto de Condominios de PDC

Alternativa de decisión	ESTADO DE LA NATURALEZA	
	Demanda fuerte s1	Demanda débil s2
Complejo pequeño d1	8	7
Complejo mediano d2	14	5
Complejo grande d3	20	-9

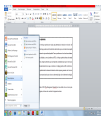
Enfoque optimista:

En el enfoque optimista se evalúa cada alternativa de decisión en función del mejor resultado que pueda ocurrir la alternativa de decisión que se recomienda es aquella que proporciona el mejor resultado posible. Para un problema en el cual se desea obtener las máximas utilidades, como el problema de PDC, el enfoque optimista llevara al tomador

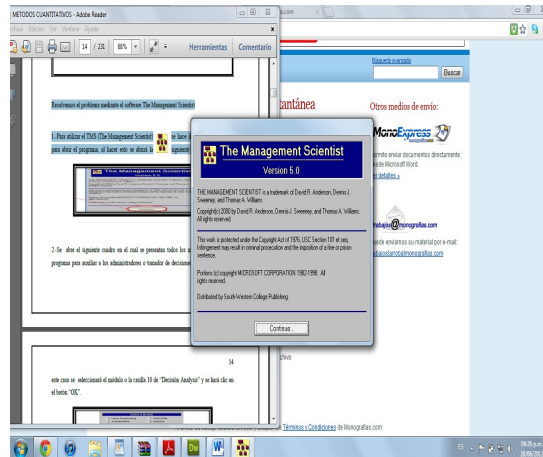
Enfoque optimista:

En el enfoque optimista se evalúa cada alternativa de decisión en función del mejor resultado que pueda ocurrir la alternativa de decisión que se recomienda es aquella que proporciona el mejor resultado posible. Para un problema en el cual se desea obtener las máximas utilidades, como el problema de PDC, el enfoque optimista llevara al tomador de decisiones a elegir la alternativa que corresponde a la utilidad mayor que en este caso corresponde ala alternativa tres que es construir un complejo grande de 90 condominios, al enfoque optimista solo le interesa la alternativa de las mayores ganancias sin tomar en cuenta las consecuencias de que exista una demanda baja sobre la alternativa elegida.

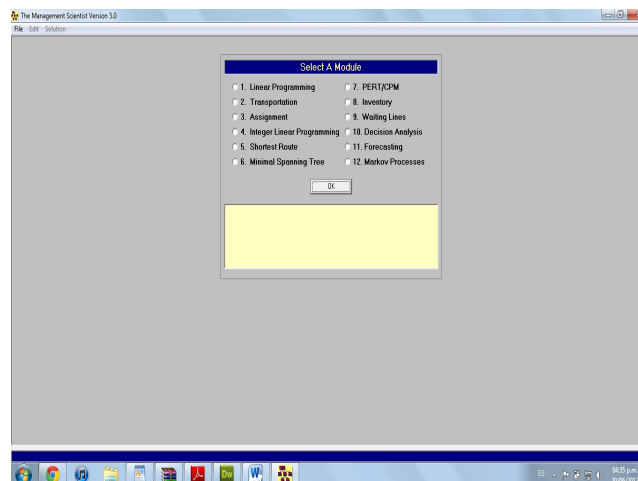
1.-Para Utilizar el TMS (The Management Scientist) se hace doble clic en el icono para abrir el



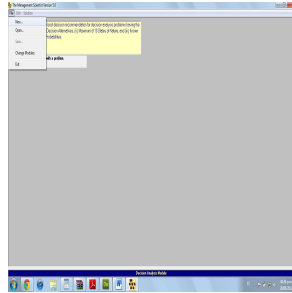
programa, al hacer esto se abrirá la siguiente ventana.



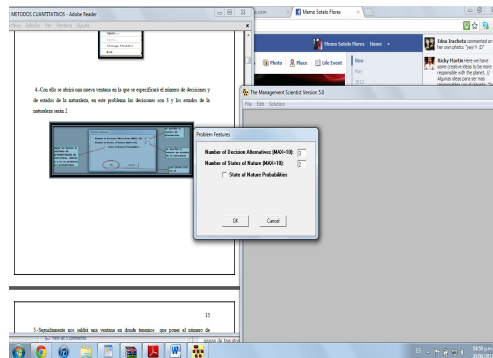
2.-Se abre el siguiente cuadro en el cual se presentan todos los módulos que ofrece el programa para auxiliar a los administradores o tomador de decisiones de las empresas. En este caso se seleccionara el modulo o la casilla 10 de “Decision Analysis” y se hará clic en el botón “OK”.



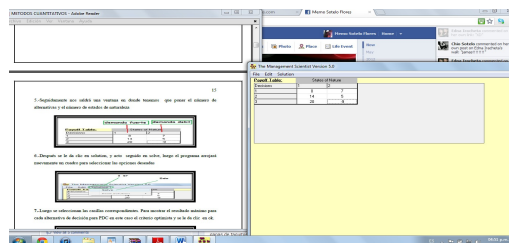
3.-Al aceptar la opción se abre la nueva ventana en la cual se hace clic en el menú “File” y se elegirá la opción “New...”



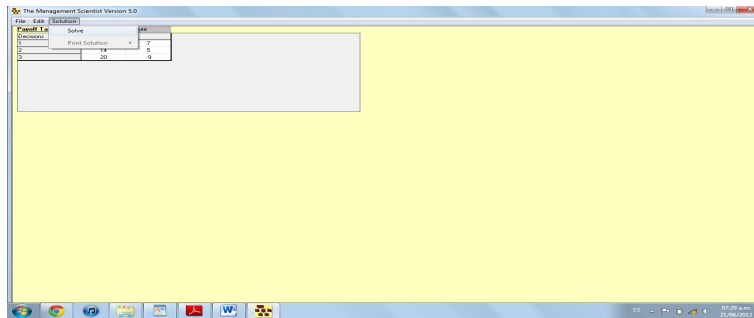
4.-Con ello se abrirá una nueva ventana en la que se especificara el numero de decisiones y de estados de la naturaleza, en este problema las decisiones son 3 y los estados de la naturaleza serán 2, y dejamos en blanco la casilla, porque será un problema sin probabilidad.



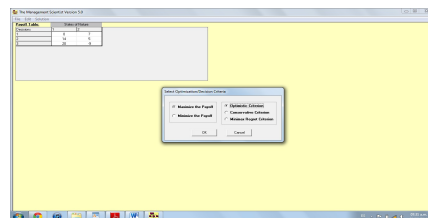
5.-Seguidamente nos saldrá una ventana en donde tenemos que poner el numero de alternativas y el numero de estados de naturaleza.



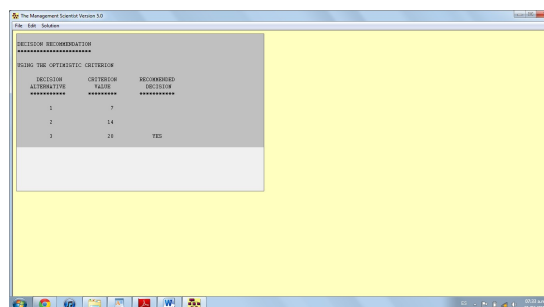
6.-Despues se le da clic en solution, y acto seguido en solve, luego el programa arrojará nuevamente un cuadro para seleccionar las opciones deseadas.



7.-Luego se seleccionan las casillas correspondientes. Para mostrar el resultado máximo para cada alternativa de decisión para PDC en este caso el criterio optimista y se le da clic en ok.



8.- A continuación el programa arrojará la mejor alternativa de decisión para un punto de vista optimista que este caso es la alternativa tres con 20 millones de dólares a ganar.



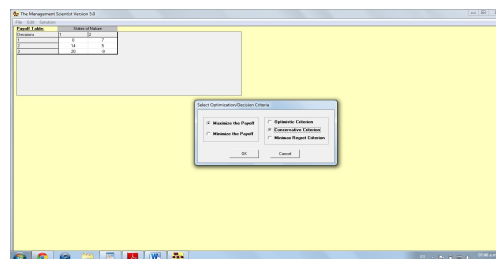
Enfoque conservador:

Evalúa cada alternativa de decisión desde el punto de vista del peor resultado que pueda ocurrir. La alternativa de solución recomendada es aquella que proporciona el mejor de los peores resultados posibles. Para un problema en el cual la medida de salida son las utilidades, como el problema de PDC, el enfoque conservador llevaría al tomador de decisiones a elegir la alternativa que maximice las utilidades mínimas posibles que se pudieran obtener. Para problemas que involucran la maximización, este enfoque identifica la alternativa que minimizara el resultado máximo.

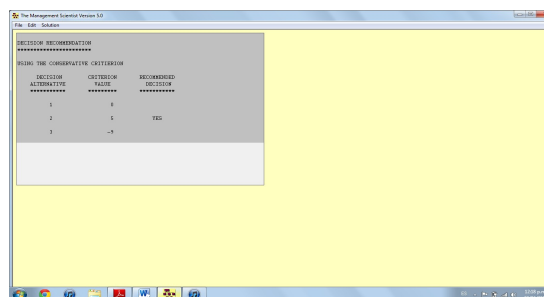
Para explicar el enfoque conservador, desarrollamos una recomendación para el problema de PDC utilizando este enfoque. Primero se identifica el resultado mínimo para cada una de las alternativas de decisión; luego se selecciona la alternativa de decisión que maximiza el resultado mínimo.

Como 7, que corresponde a la alternativa 1 (d1), produce el valor máximo de los resultados mínimos, se recomienda la alternativa de decisión de un complejo de condominios pequeño.

Este enfoque de decisión se considera conservador debido a que identifica los peores resultados posibles y luego recomienda la alternativa de decisión que evita la posibilidad de obtener resultados sumamente “malos”. En el enfoque conservador se garantiza que PDC obtenga una utilidad de al menos \$7 millones. Aunque PDC puede hacer mas, no puede ganar menos de \$7 millones.



8.-Seguidamente le damos ok y nos dará el máximo de los valores del resultado mínimo.



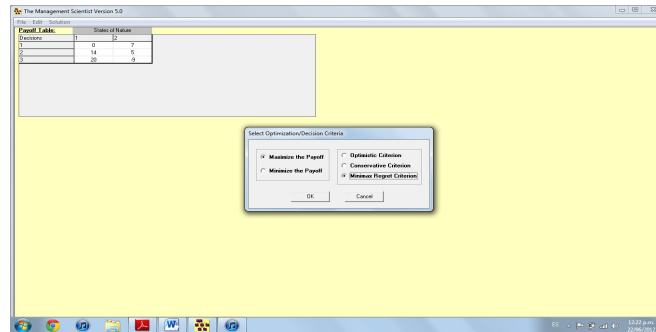
Enfoque de arrepentimiento Minimax:

El enfoque de arrepentimiento minimax para la toma de decisiones es solamente optimista o solamente conservador. Explicaremos el enfoque de arrepentimiento minimax al mostrar como se utiliza para seleccionar una alternativa de decisión para el problema de PDC.

Suponga que PDC construye un complejo de condominios pequeño decisión 1 (d1) y la demanda y la demanda resulta ser fuerte (s1). Sin embargo, dado que ha ocurrido el estado de la naturaleza de demanda fuerte (s1), nos damos cuenta de que la mejor decisión hubiera sido construir un complejo de condominios grande (d3) que produce una utilidad de \$20 millones. La diferencia entre el resultado de la mejor alternativa de decisión (\$20 millones) y el resultado de la decisión de construir un complejo de condominios pequeño (\$8 millones) es la perdida de oportunidad, o arrepentimiento, asociada con la alternativa de decisión d1 cuando ocurre el estado de la naturaleza s1; por tanto, para este caso, la perdida de oportunidad o arrepentimiento es $\$20 \text{ millones} - \$8 \text{ millones} = \$12 \text{ millones}$. Asimismo, si PDC toma la decisión de construir un complejo de condominios mediano (d2) y ocurre el estado de la naturaleza de demanda fuerte (s1), la perdida de oportunidad, o arrepentimiento, asociada con (d2) seria $\$20 \text{ millones} - \$14 \text{ millones} = \$6 \text{ millones}$.

Resolvemos el problema de maximización con el enfoque de arrepentimiento minimax.

Basándonos en el ejemplo anterior cambiamos a arrepentimiento minimax



Y al final nos da el siguiente resultado:



Capitulo 3

Inventarios

Inventario se refiere a mercancías o materiales mantenidos en reserva por una organización para usarlos en el futuro. Los artículos contenidos en el inventario incluyen materias primas, piezas adquiridas, componentes sub ensambles, trabajo en proceso, artículos terminados y suministros. Algunas razones por las que una organización mantiene el inventario se

relacionan con las dificultades para predecir con precisión los niveles de venta, los tiempos de producción, la demanda y las necesidades de uso.

Por tanto, el inventario sirve como reserva contra el uso fluctuante e incierto y mantiene una existencia de artículos disponibles en caso de que sean requeridos por la organización o sus clientes. Aun cuando el inventario desempeña un rol importante y esencial, el gasto asociado con el financiamiento y mantenimiento de los inventarios es una parte significativa del costo de realizar negocios. En organizaciones grandes, el costo asociado con el inventario puede llegar a ser millones de dólares.

En aplicaciones que implican inventario, los gerentes deben responder dos preguntas importantes:

¿Qué tanto debe ordenarse cuando se renueva el inventario?

¿Cuándo se debe renovar el inventario?

El propósito es mostrar como los modelos cuantitativos pueden ayudar a la toma de decisiones de cuánto y cuándo ordenar. Primero se consideran modelos de inventario *determinísticos* en los cuales suponemos que el grado de demanda del artículo es constante o casi constante. Después se consideran modelos de inventario *probabilísticos* en los que la demanda del artículo fluctúa y puede describirse en términos de probabilidad.

Modelo de cantidad económica del pedido (EOQ)

Es pertinente cuando la demanda de un artículo muestra una tasa, constante o casi constante, y cuando toda la cantidad solicitada llega al inventario en un momento dado. El supuesto de tasa de demanda constante significa que el mismo número de unidades se toma del inventario cada determinado tiempo, tal como cinco unidades cada día, veinticinco unidades cada semana, cien unidades cada cuatro semanas, etc.

Para ilustrar este modelo, consideremos la situación confrontada por R&B Beverage Company. Esta empresa distribuye cerveza, vino y bebidas refrescantes. Desde su almacén principalmente localizado en Columbus, Ohio, R&B le suministra bebidas a casi mil tiendas minoritarias. El inventario de cerveza, el cual constituye aproximadamente 40% del inventario total de la empresa, promedia aproximadamente 50 mil casas. Con un costo promedio por caja aproximado de \$8, R&B calcula que el valor de su inventario den cerveza es de \$400 mil. El gerente de almacén decidió realizar un estudio detallado de los costos de inventario asociados con Bub Beer, la cerveza de mayor venta de R&B. el propósito del estudio es establecer las decisiones de cuánto y cuándo ordenar la cerveza, que den como resultado el menor costo posible. Como primer paso, el gerente del almacén obtuvo los siguientes datos de demanda de las últimas 10 semanas:

Semana	Demanda (cajas)
1	2000
2	2025
3	1950
4	2000
5	2100
6	2050
7	2000
8	1975
9	1900
10	2000
Cajas totales	20000
Cajas promedio por semana	2000

(En rigor, estas cifras de demanda semanal no indican una tasa de demanda constante. Sin embargo, dada la relativamente baja variabilidad de la demanda semana (la cual va de 1900 cajas hasta 2100 cajas) la planeación del inventario con una tasa de demanda constante de 2000 cajas por semana parecería razonable)

La decisión de cuánto ordenar implica seleccionar una cantidad que constituya un compromiso entre:

Mantener inventarios pequeños y ordenar con frecuencia.

Mantener inventarios grandes y ordenar de vez en cuando.

La primera alternativa produce “costos a ordenar” indeseablemente altos, en tanto que la segunda produce “costos de retención” indeseablemente altos. Para determinar un compromiso óptimo entre estas alternativas de control, consideremos un modelo matemático que expresa el costo total como la suma del costo de retención y el costo de ordenar.

Los costos de retención son asociados con el mantenimiento de un nivel de inventario determinados; estos dependen del tamaño del inventario. El primer costo de retención es el costo de financiar la inversión del inventario. Cuando una empresa pide dinero prestado, incurre en un costo de interés por el capital empleado en el inventario. Este costo de capital en general se expresa como un porcentaje de la suma invertida. R&B estima su costo de capital a una tasa anual de 18%.

Otros costos de retención, como seguros, impuestos, rotura, robos y gastos generales del almacén también dependen del valor de inventario. R&B estima una tasa anual aproximada (de estos costos) de 7% del valor de su inventario. Por lo tanto, el costo de retención sería $18\% + 7\% = 25\%$ del valor del inventario. El costo de una caja de Bub Beer es de \$8. Con una tasa del costo de retención anual de 25%, el costo de retención de una caja de Bub Beer en inventario durante un año es de $0.25 (\$8) = \2.00 .

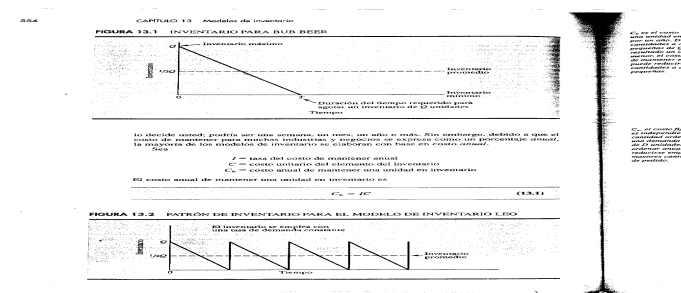
Lo siguiente en el análisis es determinar el costo de ordenar. Este, considerado fijo sin importar la cantidad solicitada, cubre la preparación de la factura, en el procesamiento del pedido incluido el pago, porte de correos, teléfono, transporte, recepción, etc. Para R&B

Beverage, la mayor parte del costo de ordenar involucra los salarios de los compradores. Un análisis del proceso de compra mostro que un comprador pasa 45 minutos preparando y procesando un pedido de Bub Beer. Con un costo salario y prestaciones de los compradores de \$20 por hora, la porción de mano de obra del costo de ordenar es de \$15. Al considerar un margen por los costos de papelería, porte de correos, transporte, teléfono y recibo de \$17 por pedido, el gerente estima que el costo de ordenar es de \$32 por pedido. Es decir, R&B paga \$32 por pedido haciendo caso omiso de la cantidad solicitada en el pedido.

El costo de retención, el costo de ordenar y la información sobre la demanda son los tres datos que deben conocerse antes de utilizar el modelo EOQ. Después de recabar todos los datos podemos observar como se utilizan para desarrollar un modelo de costo total. Comenzamos por definir Q como la cantidad a ordenar. Por tanto la decisión de cuanto ordenar implica encontrar el valor de Q que minimizara la suma de los costos de retención y ordenar.

El inventario para Bub Beer tendrá un valor máximo de Q unidades cuando reciba un pedido de tamaño Q del proveedor. R&B tendrá entonces la demanda del cliente del inventario hasta que este se agote, momento en el cual se recibirá otro embarque de Q unidades.

Patrón del inventario correspondiente al modelo de Inventario EOQ



El costo de retención se calcula con la ayuda del inventario promedio. Es decir, calculamos el costo al multiplicar el inventario promedio por el costo de guardar una unidad en el inventario durante el periodo establecido. El periodo seleccionado para el modelo podría ser una semana, un mes, un año, o más. Sin embargo, como el costo de retención para muchas industrias y negocios se expresa como un porcentaje anual, la mayoría de los modelos de inventario se desarrollan con base en un costo anual.

Sean:

I = Tasa de costo de retención anual

C = Costo unitario del artículo de inventario

Ch = Costo anual de mantener una cantidad en el inventario.

El costo anual de mantener la unidad una unidad de inventario es:

$$Ch = I C$$

Para completar el modelo de costo total, ahora debemos incluir el costo anual de ordenar. El objetivo es expresar el costo de ordenar anual en función de la cantidad solicitada Q . La primera pregunta es ¿Cuántos pedidos se colocara durante el año? Sea D la demanda anual del producto. Para R&B Beverage, $D = (52 \text{ semanas}) (2000 \text{ cajas por semana}) = 104,000$ cajas por año. Sabemos que solicitando Q unidades cada vez que hacemos un pedido, tendremos que hacer D/Q pedidos por año. Si Co es el costo de colocar un pedido, la ecuación general para el costo de ordenar anual es:

$$\begin{aligned} \text{Costo anual de ordenar} &= (\text{Numero de pedidos por año}) (\text{Costo por pedido}) \\ &= (D/Q) Co \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo anual total} &= \text{Costo de retención anual} + \text{Costo por pedido} \\ &= \frac{1}{2} Q Ch + D/Q Co \end{aligned}$$

Utilizando los datos de Bub Beer:

$$Ch = IC = (0.25) (\$8) = \$2$$

$$Co = \$32$$

$$D = 104,000$$

El modelo de costo anual seria:

$$TC = \frac{1}{2} Q (\$2) + 104,000/Q (\$32)$$

$$Q + 3,328,000/Q$$

El desarrollo del modelo de costo total se adentra en la solución del problema de inventario. Ahora se podrá expresar el costo anual total como una función de cuánto deberá ordenarse. El desarrollo de un modelo de costo total realista es quizá la parte mas importante de la aplicación de métodos cuantitativos relacionada con inventarios. La ecuación del costo anual total es la ecuación del costo total general para situaciones de inventario en las que validas las suposiciones del modelo de cantidad económica a ordenar.

Decisión de cuanto ordenar

El siguiente paso es determinar la cantidad de pedido Q que reduzca al mínimo el costo anual total para Bub Beer. Al utilizar el procedimiento de prueba y error, podemos calcular el costo anual total de varias cantidades de pedido posibles. Como punto de partida, considere $Q = 8000$. El costo anual total para Bub Beer es:

$$\begin{aligned} TC &= Q + 3,328,000/Q \\ &= 8000 + 3,328,000/8000 = \$8416 \end{aligned}$$

La cantidad de pedido probada de 5000 da:

$$\begin{aligned} TC &= Q + 3,328,000/Q \\ &= 5000 + 3,328,000/5000 = \$5666 \end{aligned}$$

La ventaja del método de prueba y error es que es un tanto fácil para realizar y proporciona el costo anual total correspondiente para varias decisiones de cantidad a ordenar posibles.

La desventaja de este método es que no proporciona la cantidad a ordenar de costo total mínimo exacta.

Ecuación para el costo anual total del modelo EOQ:

$$TC = \frac{1}{2} QCh + \frac{D}{Q} Co$$

Podemos determinar la cantidad a ordenar Q que minimice el costo anual total igualando la derivada dTC/dQ a cero y resolviendo para Q^* :

$$Q^* = \sqrt{2DCo/Ch}$$

Esta formula se conoce como al formula de la cantidad económica a ordenar (EOQ).

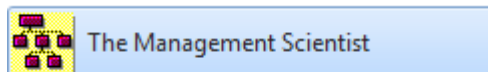
Al utilizarla, la cantidad a ordenar de costo anual total mínimo para Bub Beer es: 1824 cajas.

$$Q^* = \sqrt{2 (104,000) 32/2} = 1824$$

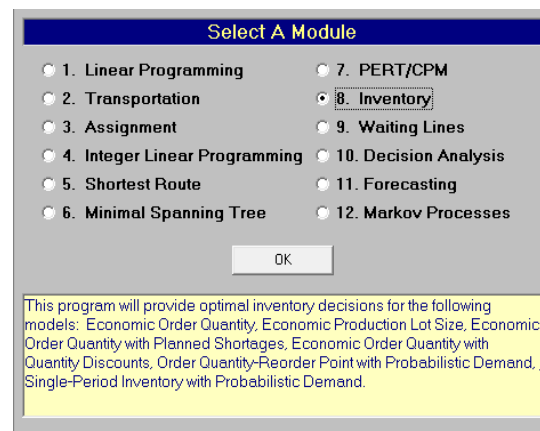
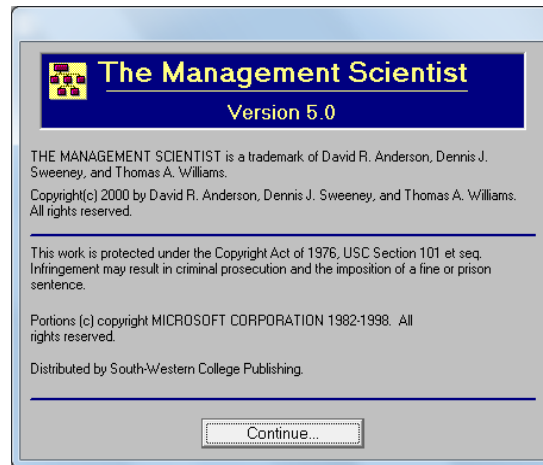
En realidad, el Q^* de la ecuación es 1824.28, pero como no podemos ordenar fracciones de cajas de cerveza, lo indicado es manejarlo a enteros.

El uso de una cantidad a ordenar de 1824 muestra que la política de inventario de costo mínimo para Bub Beer tiene un costo anual de \$3648.56.

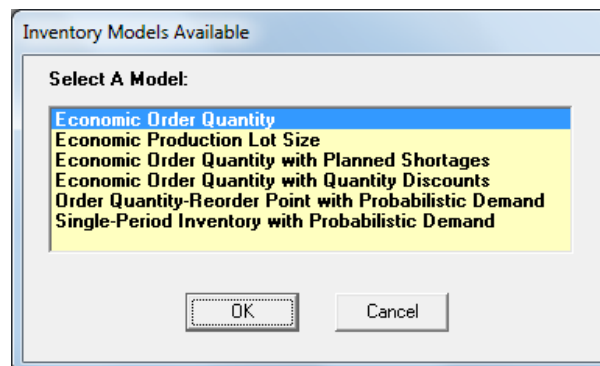
Solución en el programa



1. Damos clic sobre el icono para abrir el programa y después seleccionamos "inventario", luego presionamos "ok".



2. Seleccionamos el menú “archivo” y damos clic en “nuevo”. En la siguiente ventana seleccionamos el modelo que utilizaremos, y damos clic en “ok” en este caso es el “EOQ” (Modelo Económico de Cantidad a Ordenar).



3. Procedemos a llenar el cuadro utilizando los datos de Bub Beer y posteriormente damos clic en “solve”.

Economic Order Quantity

Annual Demand Rate (Units/Year): 104000

Ordering Cost (\$/Order): 32

Holding Cost Method: Percent

Percent of Unit Cost (0-100): 25%

Unit Cost: 8

Number of Working Days per Year: 250
(250 days/year is common)

☐ Compute Reorder Point?

Solve Save Cancel

4. En la siguiente ventana obtenemos el resultado.

Cantidad optima a ordenar (cantidad de pedido de costo anual total mínimo para Bub Beer)

Costo anual de retención de inventario

Costo anual de ordenar

Costo anual total

INVENTORY POLICY	

OPTIMAL ORDER QUANTITY	1,824.28
ANNUAL INVENTORY HOLDING COST	\$1,824.28
ANNUAL ORDERING COST	\$1,824.28
TOTAL ANNUAL COST	\$3,648.56
MAXIMUM INVENTORY LEVEL	1,824.28
AVERAGE INVENTORY LEVEL	912.14
NUMBER OF ORDERS PER YEAR	57.01
CYCLE TIME (DAYS)	4.39

Decisión de cuándo ordenar.

Ahora que sabemos cuánto ordenar, deseamos abordar la pregunta de cuándo ordenar. Para responder esta cuestión, tenemos que introducir el concepto de posición de inventario, que se define como la cantidad del inventario disponible más la cantidad del inventario ordenada o perdida. La decisión de cuándo ordenar se expresa en función de un punto de reorden, la posición del inventario en la cual se debe colocar un nuevo pedido.

El fabricante de Bub Beer garantiza una entrega de dos días de cualquier pedido colocado por R&B Beverage. Por consiguiente, suponiendo que R&B opera 250 días por año, la demanda anual de 104,000 cajas implica una demanda diaria de $104,000/250 = 416$ cajas. Por tanto, esperamos que se vendan (2 días) (416 cajas por día) = 832 cajas de Bub Beer durante dos días que un nuevo pedido tarda en llegar al almacén de R&B. En terminología de inventario, el periodo de entrega de dos días se conoce como tiempo de espera de un nuevo pedido y la demanda de 832 cajas anticipada durante este periodo se conoce como demanda de tiempo de espera. Por tanto R&B debe solicitar un nuevo envío de Bub Beer al fabricante cuando el inventario alcance 832 cajas. Para los sistemas de inventarios basados en el supuesto de tasa de demanda constante y un tiempo de espera fijo, el punto de reorden es el mismo que la demanda de tiempo de espera. Para estos sistemas, la expresión general para el punto de reorden es como sigue:

$$r = dm$$

Donde:

r = punto de reorden

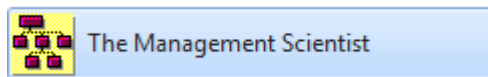
d = demanda por día

m = tiempo de espera de un pedido nuevo en días

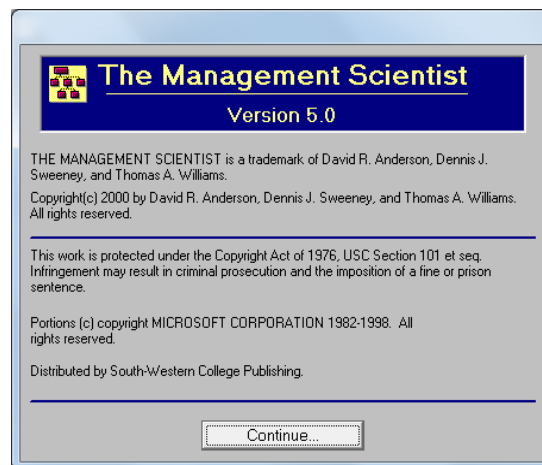
Ahora se puede responder la pregunta de qué tan frecuentemente se colocará el pedido. El periodo entre pedidos se conoce como tiempo en ciclo.

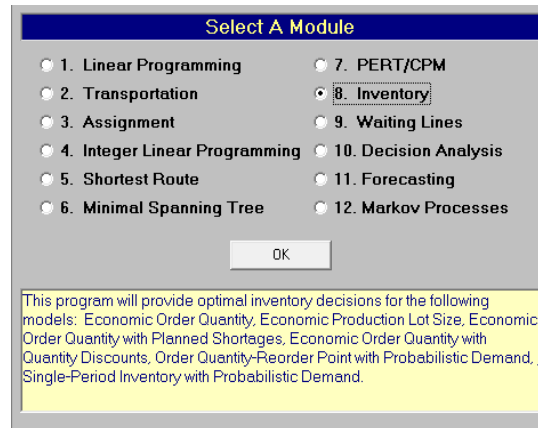
Anteriormente la ecuación del costo anual de ordenar definimos como D/Q como el número de pedidos que se colocara por año. Por tanto $D/Q^* = 104,000/1824 = 57$ es el numero de pedidos de Bub Beer que R&B Beverage colocara cada año. Si R&B coloca 57 pedidos a lo largo de 250 días hábiles, ordenada aproximadamente cada $250/57 = 4.39$ días hábiles. Por lo tanto, el tiempo del ciclo es 4.39 días hábiles.

Solución en el programa

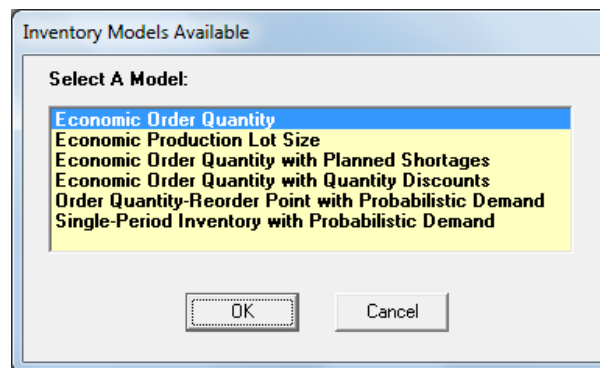


1. Damos clic sobre el icono para abrir el programa y después seleccionamos “inventario”, luego presionamos “ok”.





2. Seleccionamos el menú “archivo” y damos clic en “nuevo”. En la siguiente ventana seleccionamos el modelo que utilizaremos, y damos clic en “ok” en este caso es el “EOQ” (Modelo Económico de Cantidad a Ordenar).



3. Procedemos a llenar el cuadro utilizando los datos de Bub Beer. En este caso seleccionamos la casilla de “calcular el punto de reorden”, luego en “indicar el tiempo de espera en días” indicamos que es de 2, posteriormente damos clic en “solve”.

Economic Order Quantity

Annual Demand Rate (Units/Year):

Ordering Cost (\$/Order):

Holding Cost Method:

Percent of Unit Cost (0-100):

Unit Cost:

Number of Working Days per Year:
(250 days/year is common)

☒ Compute Reorder Point?

Enter Lead Time in days:

4. En la siguiente ventana obtenemos el resultado.

Tenemos un punto de reorden de 832.00

Numero de ordenes por año son 57

Tiempo de ciclo (días) 4.39

INVENTORY POLICY	

OPTIMAL ORDER QUANTITY	1,824.28
ANNUAL INVENTORY HOLDING COST	\$1,824.28
ANNUAL ORDERING COST	\$1,824.28
TOTAL ANNUAL COST	\$3,648.56
MAXIMUM INVENTORY LEVEL	1,824.28
AVERAGE INVENTORY LEVEL	912.14
REORDER POINT	832.00
NUMBER OF ORDERS PER YEAR	57.01
CYCLE TIME (DAYS)	4.39

Modelo de tamaño del lote de producción

Es similar al modelo EOQ en el que determinamos cuánto y cuándo se deberá ordenar. Supongamos una tasa de demanda constante. Sin embargo, en lugar de suponer que el pedido llega en un envío de tamaño Q , como en el modelo EOQ, suponemos que las unidades se suministran al inventario a una tasa constante a lo largo de varios días o varias semanas. La suposición de una tasa de suministro constante implica que el mismo número de unidades se suministran al inventario en cada periodo de tiempo. Este modelo está diseñado para situaciones de producción en las que, una vez que se hace un pedido, la producción y un número constante de unidades se agrega al inventario cada día hasta que la fase de producción se ha completado.

Si el sistema de producción produce 50 unidades por día y decidimos programar 10 días de producción, tenemos un tamaño de lote de producción de $50(10) = 500$ unidades. En general, si Q indica el tamaño del lote de producción, la forma de tomar decisiones de inventario es similar al modelo EOQ; es decir, elaboramos un modelo de costo de retención y ordenar que exprese el costo total en función del tamaño del lote de producción. Por tanto intentamos determinar el tamaño del lote de producción que reduzca al mínimo el costo total. Otra condición que debemos mencionar en este momento es que el modelo sólo aplica en situaciones donde la tasa de producción es mayor que la tasa de demanda; el sistema de producción debe ser capaz de satisfacer la demanda. Por ejemplo, si la tasa de demanda constante es de 400 unidades por día, la tasa de producción debe ser por lo menos de 400 unidades por día para satisfacerla. Durante la fase de producción, la demanda reduce el inventario, mientras que la producción lo incrementa. Como suponemos que la tasa de producción excede la tasa de demanda, cada día durante una fase de producción producimos más unidades que las demandadas. Por tanto, el exceso de producción incrementa de forma gradual el inventario durante el periodo

[illegible]

Como en el modelo EOQ, ahora estamos tratando con dos costos, el costo de retención y el costo de ordenar. En este caso, el costo de retención es idéntico al definido en el modelo EOQ, pero la interpretación del costo de ordenar es ligeramente diferente. De hecho, en una situación de producción el costo de ordenar se denomina de manera más correcta como

Costo de preparación de la producción. Este costo, el cual incluye los costos de mano de obra, de material y de la producción perdida, incurridos mientras se prepara el sistema de producción para su operación, es un costo fijo que ocurre durante cada fase de producción sin importar el tamaño del lote de producción.

Capítulo 4

Pronósticos

Un aspecto esencial de la administración de cualquier organización es la planeación del futuro. En efecto el éxito a largo plazo de una organización depende de cuán bien la gerencia anticipa el futuro y elabora las estrategias apropiadas. El buen juicio la intención y tener conciencia del estado de la economía pueden dar a un gerente una idea aproximada o “intuición” de lo que es probable que suceda en el futuro. Sin embargo, con frecuencia es difícil convertir esta intuición en un número que pueda usarse, como el volumen como el volumen de ventas del siguiente trimestre o el costo de la materia prima por unidad para el año próximo. Este capítulo presenta varios métodos de elaboración de pronósticos para este propósito.

Suponga que le hemos pedido que proporcione pronósticos trimestrales del volumen de ventas para un producto en particular durante el próximo año. Dichos pronósticos afectarían los programas de producción, los planes de compras de materias primas, las políticas de inventario y las cuotas de venta. En consecuencia los malos pronósticos deben dar como resultado un incremento en los costos de la empresa. ¿Cómo debemos proceder para proporcionar los pronósticos trimestrales del volumen de ventas?

Desde luego, deberíamos revisar los datos de las ventas reales del producto en periodos anteriores. Con estos datos históricos podemos identificar el nivel gerencial de ventas y cualquier tendencia, como un incremento o disminución del volumen de ventas con respecto

al tiempo. Una revisión más a fondo de los datos podría revelar un patrón estacional, como las ventas máximas que ocurren en el tercer trimestre de cada año y el volumen de ventas que alcanza su nivel más bajo durante este primer trimestre. Al revisar los datos históricos, con frecuencia podemos comprender mejor el patrón de las ventas pasadas, lo que conduce a mejores predicciones de las ventas futuras del producto.

Los datos históricos de ventas forman una serie de tiempo. Una serie de tiempo es un conjunto de observaciones de una variable medida en puntos sucesivos en el tiempo o a lo largo de periodos sucesivos. El objetivo de estos análisis es proporcionar buenos pronósticos o predicciones de los valores futuros de la serie de tiempo.

Los métodos de elaboración de pronósticos se clasifican como cuantitativos o cualitativos. Los métodos cuantitativos se utilizan cuando:

- a. Se dispone de información pasada sobre la variable que se pronosticará,
- b. La información puede cuantificarse, y
- c. Es razonable suponer que el patrón del pasado seguirá ocurriendo en el futuro.

En estos casos puede elaborarse un pronóstico con un método de series de tiempo o un método casual.

Si los datos históricos se restringen a valores pasados de la variable que tratamos de pronosticar el procedimiento de elaboración de pronósticos se llama método de serie de tiempo. El objetivo de los métodos de serie de tiempo es descubrir un patrón en los datos

históricos y luego extrapolarlo hacia el futuro; el pronóstico se basa solo en valores pasados de la variable que tratamos de pronosticar o en errores pasados.

Componentes de una serie de tiempo

El patrón o comportamiento de los datos de una serie de tiempo tiene varios componentes. El supuesto usual es que cuatro componentes separados: tendencia, cíclico, estacional e irregular, se combinan para proporcionar valores específicos de la serie de tiempo.

Tendencia

En el análisis de las series de tiempo, las mediciones pueden tomarse cada hora, día, semana, mes o año, o en cualquier otro intervalo regular. Aunque los datos de series de tiempo por lo general exhiben fluctuaciones aleatorias, las series de tiempo pueden seguir mostrando cambios o movimientos graduales hacia valores relativamente mayores o menores en un periodo prolongado. El cambio gradual de la serie de tiempo se conoce como tendencia en la serie de tiempo. Este cambio o tendencia por lo general es el resultado de factores a largo, como cambios en la población, características demográficas de la población, tecnología y preferencias de consumo.

Cíclico

Aunque la serie de tiempo puede mostrar una tendencia durante periodos prolongados, todos los valores futuros de las series de tiempo no caen exactamente en la línea de tendencia. De hecho, las series de tiempo con frecuencia muestran secuencias de puntos que se alteran por encima y por debajo de la línea de tendencia. Cualquier secuencia de puntos recurrente por encima y por debajo de la línea de tendencia que dura más de un año puede atribuirse al componente cíclico de las series de tiempo.

Estacional

Mientras los componentes cíclicos y de tendencia de una serie de tiempo, se identifican mediante el análisis de los movimientos de los años múltiples en datos históricos, muchas series de tiempo muestran un patrón regular durante periodos de un año. Por ejemplo un fabricante de albercas espera una actividad de ventas bajas durante los meses de otoño e invierno, y ventas altas durante los meses de primavera y verano. Por el contrario, los fabricantes de equipo para retirar nieve y ropa gruesa esperan justo el patrón anual opuesto. Como es lógico, el componente de las series de tiempo que representa la variabilidad en los datos debido a influencias estacionales se llama componente estacional. Aunque por lo general consideramos que el componente estacional en una serie de tiempo ocurre en un año. Por ejemplo, los datos del volumen de transito diario muestran el comportamiento Estacional dentro del día, con niveles máximos durante las horas pico, un flujo moderado durante el resto del día y uno ligero a partir de la media noche y hasta las primeras horas de la mañana.

Irregular

El componente irregular de las series de tiempo es el factor residual o Comodino que incluye las desviaciones de los valores de serie de tiempo reales de aquellos esperados según los efectos del componente cíclico, de tendencia y estacional. Este componente representa la variabilidad aleatoria en las series de tiempo y es resultado de factores a corto plazo, imprevistos y no recurrentes que afectan a la serie de tiempo, es impredecible; no podemos intentar predecir su impacto en las series de tiempo.

Métodos de suavización

En esta sección estudiamos tres métodos de elaboración de pronósticos: promedios móviles, promedios móviles ponderados y suavización exponencial. El objetivo de cada uno de estos métodos es suavizar las fluctuaciones aleatorias causadas por el componente irregular de las series de tiempo, por lo que se conocen como métodos de suavización. Este tipo de métodos es apropiado para una serie de tiempo estable, es decir, una que no exhibe efectos significativos de tendencia, cíclicos o estacionales, debido a que se adaptan bien a los cambios en el nivel de las series de tiempo. Sin embargo, sin modificación, no funcionan tan bien cuando existe una tendencia significativa o variación estacional.

Los métodos de suavización son fáciles de usar y por lo general proporcionan un alto nivel de precisión para pronósticos de corto alcance como un pronóstico para el siguiente periodo. Uno de los métodos, la suavización exponencial, tiene requisitos de datos mínimos y por tanto es un buen método para usar cuando se requieren pronósticos para cantidades grandes de artículos.

Promedio móviles

El método de promedios móviles utiliza el promedio de los n valores de datos más recientes en la serie de tiempo como el pronóstico para el siguiente periodo. En términos matemáticos, el término móvil indica que, mientras se dispone de una nueva observación para la serie de tiempo, reemplaza a la observación más antigua de la ecuación y se calcula un promedio nuevo. Como resultado el promedio cambiara, o se moverá, conforme surjan nuevas observaciones.

Para ilustrar el método de promedios móviles, consideraremos las 12 semanas de datos presentados en la siguiente tabla. Estos datos muestran el número de galones de gasolina

vendidos por una estación de servicio en Bennington, Vermont, durante las 12 semanas anteriores.

Ventas en miles de galones

1	17
2	21
3	19
4	23
5	18
6	16
7	20
8	18
9	22
10	20
11	15
12	22

Grafica de la serie de tiempo en la venta de gasolina

Para utilizar promedios móviles con el fin de pronosticar las ventas de gasolina, primero se debe seleccionar el numero de valores de datos que se incluirán en el promedio móvil, por ejemplo, calculemos los pronósticos con un promedio móvil para las primeras tres semanas de la serie de tiempo de ventas de gasolina.

$$\text{Promedio móvil (semana 1 a 3)} = \frac{17 + 21 + 19}{3} = 19$$

3

Luego utilizamos este valor de promedio móvil como el pronóstico para la semana 4. el valor real observado en la semana 4 es 23, así que el error de pronostico en la semana 4 es $23 - 19 = 4$. En general, el error asociado con un pronóstico es la diferencia entre el valor observado

de la serie de tiempo y el pronóstico. El cálculo para el segundo promedio móvil de tres semanas es:

$$\text{Promedio móvil (semanas 2 a 4)} = \frac{21 + 19 + 23}{3} = 21$$

Por consiguiente, el pronóstico para la semana 5 es 21 y el error asociado con este pronóstico es $18 - 21 = -3$. De ahí que el error de pronóstico pueda ser positivo o negativo, dependiendo de si el pronóstico es demasiado bajo o demasiado alto.

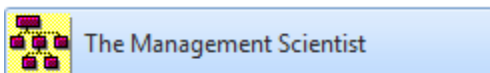
Para pronosticar las ventas de gasolina para la semana 13 con un promedio móvil de tres semanas, se necesita calcular el promedio de ventas para las semanas 10, 11 y 12. el cálculo de este promedio móvil es

$$\text{Promedio móvil (semanas 10 a 12)} = \frac{20 + 15 + 22}{3} = 19$$

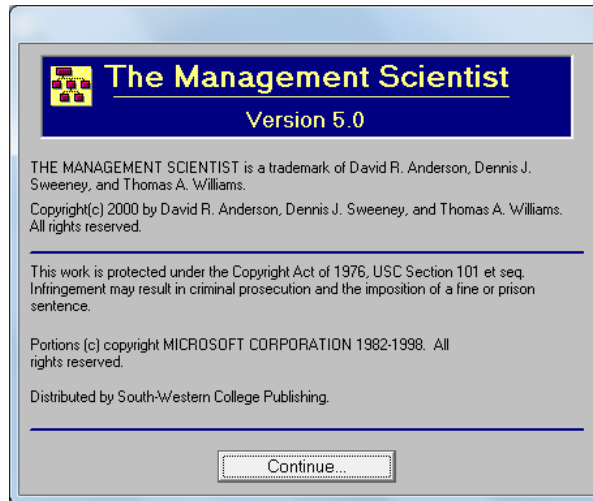
Por tanto, el pronóstico para la semana 13 es 19, o 19,000 galones de gasolina. La figura 6.6 muestra una grafica de la serie de tiempo original y los pronósticos del promedio móvil de tres semanas.

Resolución del problema

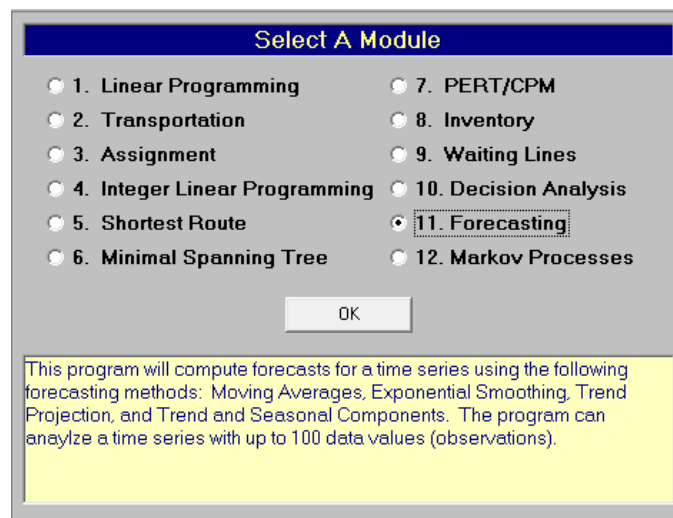
1. Para utilizar el TMS (The Management Scientist) se hace doble clic en el ícono



2. para abrir el programa, al hacer esto se abrirá la siguiente ventana.



3. Se abre el siguiente cuadro en el cual se presentan todos los módulos que ofrece el programa para auxiliar a los administradores o tomador de decisiones de las empresas. En este caso se seleccionará el módulo o la casilla 11 de “forecasting” y se hará clic en el botón “OK”.



Time Periods

Enter Number of Time Periods (MAX=100):

5. Procedemos a llenar la tabla con los valores de cada periodo de la serie de tiempo. Al finalizar damos clic solución y después “solve”

The Management Scientist Version 5.0

File Edit Solution

Enter Time Series Value for Each Period.

Period	Time Series Value
1	17
2	21
3	19
4	23
5	18
6	16
7	20
8	18
9	22
10	20
11	15
12	22

6. Nos lleva al siguiente cuadro nos pide seleccionar el método utilizar y el numero de periodos que se usaran.

Forecasting Methods

Select Method:

☒ **Moving Averages**

☐ Exponential Smoothing

☐ Trend Projection

☐ Trend and Seasonal

Number of Periods in Moving Average:

7. Obtenemos el resultado de pronóstico con el método de promedio móvil.

FORECASTING WITH MOVING AVERAGES

TIME PERIOD =====	TIME SERIES VALUE =====	FORECAST =====	FORECAST ERROR =====
1	17		
2	21		
3	19		
4	23	19.00	4.00
5	18	21.00	-3.00
6	16	20.00	-4.00
7	20	19.00	1.00
8	18	18.00	0.00
9	22	18.00	4.00
10	20	20.00	0.00
11	15	20.00	-5.00
12	22	19.00	3.00
THE MEAN SQUARE ERROR		10.22	
THE FORECAST FOR PERIOD 13		19.00	

Promedios móviles ponderados

En el método de promedios móviles, cada observación en el cálculo recibe el mismo peso. Una variación, conocida como promedios móviles ponderados, consiste en seleccionar diferentes pesos para cada valor de datos y luego calcular un promedio ponderado de los n valores de datos más recientes como el pronóstico. En la mayoría de los casos, la observación más reciente recibe el mayor peso, y el peso disminuye para los valores de datos más antiguos. Por ejemplo, podemos utilizar la serie de tiempo de las ventas de gasolina para ilustrar el cálculo de un promedio móvil ponderado de tres semanas, donde la observación mas reciente recibe un peso del triple del peso dado a la observación más antigua y la siguiente observación más antigua recibe un peso del doble que la observación más antigua.

Para la semana 4 el cálculo es:

$$\text{Pronóstico de PMP para la semana 4} = 3/6 (19) + 2/6 (21) + 1/6 (17) = 19.33$$

Observe que para el promedio móvil ponderado, la suma de los pesos es igual a 1. En realidad esta condición también fue verdadera para el promedio móvil simple: cada peso era de $1/3$. Sin embargo, recuerde que el promedio móvil simple o ponderado proporciono un pronóstico de 19.

Suavización exponencial

La suavización exponencial utiliza un promedio ponderado de valores de serie de tiempo pasadas como pronóstico; es un caso especial el método de promedios móviles ponderados en el cual seleccionamos solo un peso, el peso para la observación mas reciente. Los pesos

para los demás valores se calculan de forma automática y se vuelven cada vez mas pequeños a medida que las observaciones se alejan en el pasado. El modelo de suavización básico es:

$$F_{t+1} = aY_t + (1-a)F_t$$

Donde:

F_{t+1} = Pronostico de serie de tiempo para el periodo $t + 1$

Y_t = Valor real de la serie de tiempo en el periodo t

F_t = Pronostico de la serie de tiempo para el periodo t

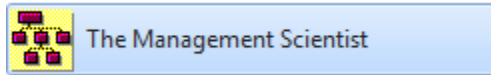
a = Constante de suavización (0 menor a menor 1)

Para ilustrar el enfoque de suavización exponencial para el pronóstico, considere la serie de tiempo de venta de gasolina que se presento antes, como se indico, el pronóstico de suavización exponencial para el periodo 2 es igual al valor real de la serie de tiempo en el periodo 1. Por tanto con $Y_1 = 17$ establecemos que $F_2 = 17$ para iniciar los cálculos de suavización exponencial. A partir de los datos de la serie de tiempo, encontramos que el valor real de la serie de tiempo en el periodo 2 de $Y_2 = 21$. Por tanto, el periodo 2 tiene un error de pronóstico de $21 - 17 = 4$.

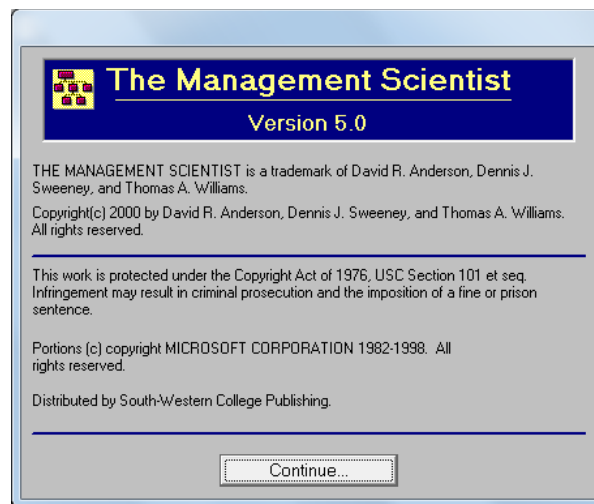
Al continuar con los cálculos de la suavización exponencial, el uso de una constante de suavización de $a = .02$ proporciona el pronóstico para el periodo 3: $F_3 = 0.2Y_2 + 0.8F_2 = 0.2(21) + 0.8(17) = 17.8$

Resolución del problema

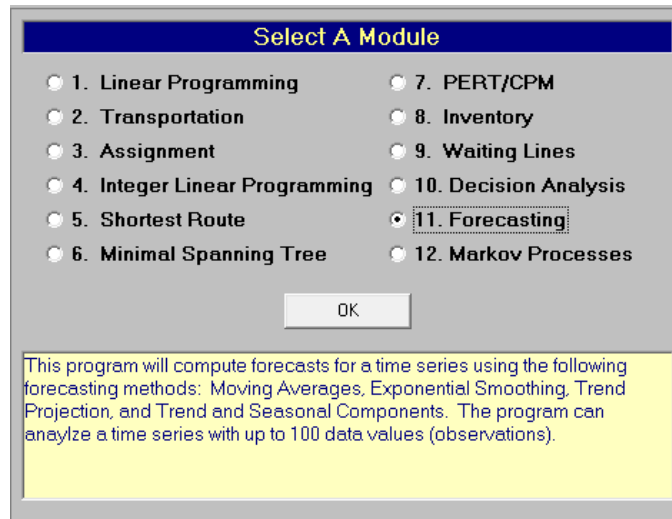
1. Para utilizar el TMS (The Management Scientist) se hace doble clic en el icono



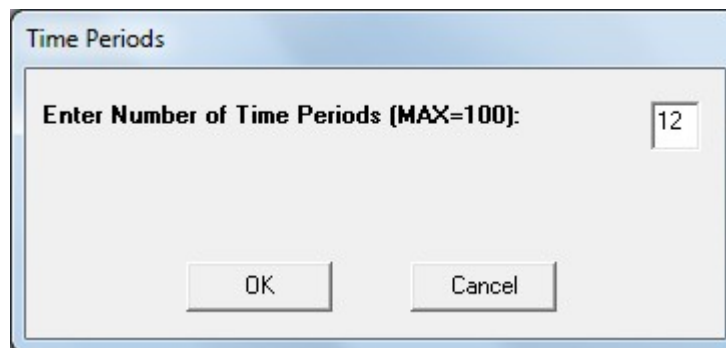
para abrir el programa, al hacer esto se abrirá la siguiente ventana.



2. Se abre el siguiente cuadro en el cual se presentan todos los módulos que ofrece el programa para auxiliar a los administradores o tomador de decisiones de las empresas. En este caso se seleccionará el módulo o la casilla 11 de "forecasting" y se hará clic en el botón "OK".



3. Al aceptar la opción se abre la nueva ventana en la cual se hace clic en el menú “File” y se elegir la opción “new”. Con ello nos aparece la pantalla siguiente que nos pide que especifiquemos el número de periodos en la serie de tiempo estableciendo 100 como máximo. Escribimos el número 12 que corresponde a nuestro problema.



4. Procedemos a llenar la tabla con los valores de cada periodo de la serie de tiempo. Damos clic en solución y después “solve”.

The Management Scientist Version 5.0

File Edit Solution

Enter Time Series Value for Each Period.

Period	Time Series Value
1	17
2	21
3	19
4	23
5	18
6	16
7	20
8	18
9	22
10	20
11	15
12	22

5. Nos lleva al siguiente cuadro nos pide seleccionar el método utilizar y la constante de suavización que se va a asignar (por lo general la constante siempre es de .2).

Forecasting Methods

Select Method:

☐ Moving Averages
☒ Exponential Smoothing
☐ Trend Projection
☐ Trend and Seasonal

Smoothing Constant (0-1):

Solve Cancel

6. Obtenemos el resultado de pronóstico con el método de suavización exponencial.

FORECASTING WITH EXPONENTIAL SMOOTHING			

TIME PERIOD	TIME SERIES VALUE	FORECAST	FORECAST ERROR
=====	=====	=====	=====
1	17		
2	21	17.00	4.00
3	19	17.80	1.20
4	23	18.04	4.96
5	18	19.03	-1.03
6	16	18.83	-2.83
7	20	18.26	1.74
8	18	18.61	-0.61
9	22	18.49	3.51
10	20	19.19	0.81
11	15	19.35	-4.35
12	22	18.48	3.52
THE MEAN SQUARE ERROR		8.98	
THE FORECAST FOR PERIOD 13		19.18	

Grafica de las series de tiempo real y pronosticado de las ventas de gasolina a 12 semanas
con una constante de suavización de 0.2

Proyección de la tendencia

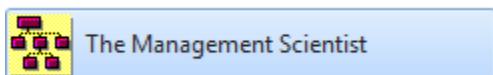
En esta sección mostramos como pronosticarlos valores de una serie de tiempo que exhibe una tendencia lineal a largo plazo. el tipo de series de tiempo para las cuales el método de proyección de tendencias es aplicable, muestra un incremento o disminución constante en el tiempo debido a que este tipo de serie de tiempo no es estable, los métodos de suavización descritos en la sección anterior no son aplicables.

Considere la serie de tiempo para la venta de bicicletas de un fabricante en particular durante los 10 años anteriores, como se muestran en la siguiente tabla y la grafica. Advierta que se vendieron 21,600 bicicletas en el año 1; 22,900 en el año 2, etc.

Como visiblemente tenemos una tendencia ascendente en la venta de bicicletas podemos aplicar el método de recta de tendencia o recta de regresión.

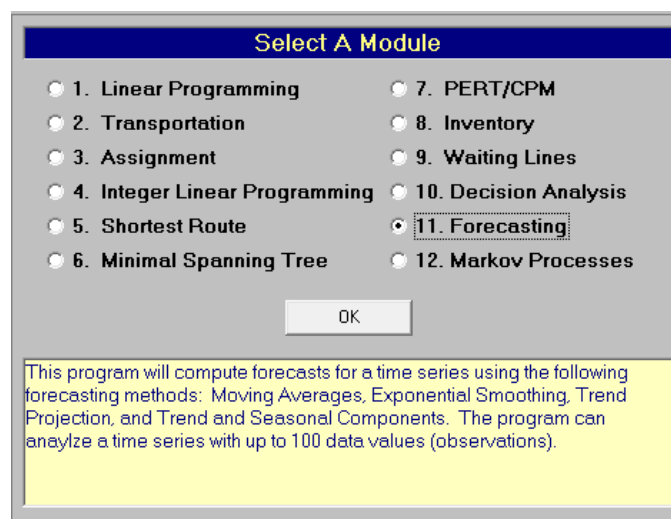
Resolución del problema

Para utilizar el TMS (The Management Scientist) se hace doble clic en el icono



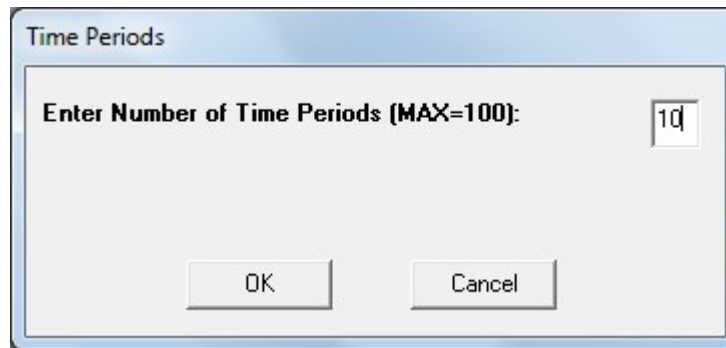
para abrir el programa, al hacer esto se abrirá la siguiente ventana.

1. Se abre el siguiente cuadro en el cual se presentan todos los módulos que ofrece el programa para auxiliar a los administradores o tomador de decisiones de las empresas. En este caso se seleccionará el módulo o la casilla 11 de “forecasting” y se hará clic en el botón “OK”.



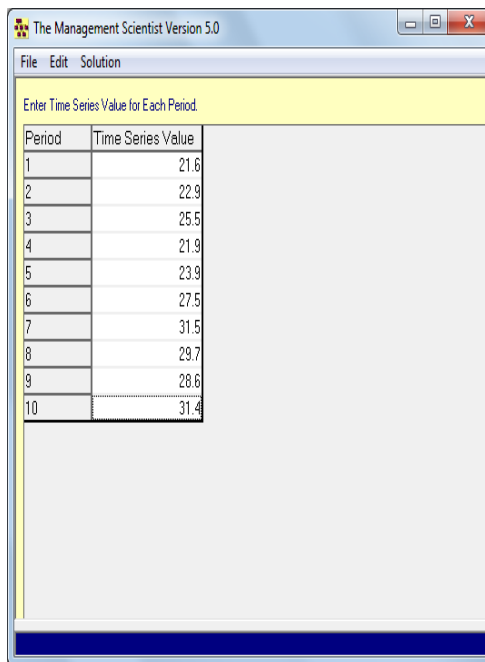
2. Al aceptar la opción se abre la nueva ventana en la cual se hace clic en el menú “File” y se elegirá la opción “New”. Con ello nos aparece la pantalla siguiente que nos pide que

especifiquemos el número de periodos en la serie de tiempo estableciendo 100 como máximo. Escribimos el número 10 que corresponde a nuestro problema.



A dialog box titled "Time Periods" with a light blue border. Inside, the text "Enter Number of Time Periods (MAX=100):" is displayed. To the right of this text is a text input field containing the number "10". At the bottom of the dialog are two buttons: "OK" and "Cancel".

3. Procedemos a llenar la tabla con los valores de cada periodo de la serie de tiempo. Damos clic en solución y después "solve".



The Management Scientist Version 5.0 window. The title bar says "The Management Scientist Version 5.0". The menu bar has "File", "Edit", and "Solution". Below the menu bar is a yellow header area with the text "Enter Time Series Value for Each Period:". Below this is a table with two columns: "Period" and "Time Series Value". The table contains 10 rows of data.

Period	Time Series Value
1	21.6
2	22.9
3	25.5
4	21.9
5	23.9
6	27.5
7	31.5
8	29.7
9	28.6
10	31.4

4. Nos pide seleccionar el método utilizar y el numero de periodos a pronosticar.
5. Obtenemos el resultado de pronóstico con el método de recta de regresión.

Forecasting Methods

Select Method:

☐ Moving Averages
☐ Exponential Smoothing
☒ Trend Projection
☐ Trend and Seasonal

Number of Periods to Forecast (MAX=12):

6. Obtenemos el resultado de pronóstico con el método de recta de regresión.

THE LINEAR TREND EQUATION:

$$T = 20.4 + 1.1t$$

where T = trend value of the time series in period t

TIME PERIOD -----	TIME SERIES VALUE -----	FORECAST -----	FORECAST ERROR -----
1	21.6	21.50	0.10
2	22.9	22.60	0.30
3	25.5	23.70	1.80
4	21.9	24.80	-2.90
5	23.9	25.90	-2.00
6	27.5	27.00	0.50
7	31.5	28.10	3.40
8	29.7	29.20	0.50
9	28.6	30.30	-1.70
10	31.4	31.40	0.00
THE MEAN SQUARE ERROR		3.07	

La grafica con la recta de tendencia se verá de esta manera.

Capítulo 5

Modelos de Asignación y Transporte

Se encarga del estudio de la distribución de un producto homogéneo desde un conjunto de fabricas a un conjunto de almacenes o puntos de venta de modo que se satisfagan las demandas de los almacenes y no se superen las disponibilidades de las fabricas, con coste mínimo.

El problema del transporte tiene que ver con la selección de rutas entre plantas de fabricación y bodegas de distribución o entre bodegas de distribución regional y puntos de distribución local. Al aplicar este método la gerencia esta buscando una ruta de distribución que optimizara algún objetivo; este puede ser la minimización del costo total del transporte o la minimización del tiempo total involucrado.

El método de transporte fue formulado por primera vez como un procedimiento especial para encontrar el programa de costo mínimo para distribuir unidades homogéneas de un producto desde varios puntos de abastecimiento a varios puntos de consumo.

Entre los datos del modelo se cuenta:

Nivel de oferta de cada fuente y la cantidad de la demanda en cada destino.

El costo de transporte unitario de la mercancía de cada fuente a cada destino.

TRANSPORTE

EL PROBLEMA DE TRANSPORTE: EL MODELO DE RED Y UNA FORMULACION DE PROGRAMACION LINEAL

El problema de transporte surge con frecuencia en la planeación de la distribución de productos y servicios desde varios sitios de suministro hacia varios sitios de demanda. La cantidad de productos disponibles en cada locación de suministro (origen), por lo general, es limitada, y la cantidad de productos necesarios en cada una de varios sitios de demanda (destinos) es un dato conocido. El objetivo usual en un problema de transporte es minimizar el costo de enviar mercancía desde el origen a sus destinos.

Lo ilustraremos considerando un problema de transporte enfrentado por Foster Generators. Este problema implica la movilización de un producto de tres plantas a cuatro centros de distribución. Foster Generators opera plantas en Cleveland, Ohio; Bedford, Indiana y York, Pennsylvania. Las capacidades de producción a lo largo del siguiente periodo de planeación de tres meses para un tipo de generador son las siguientes:

La firma distribuye sus generadores a través de cuatro centros regionales localizados en Boston, Chicago, San Luis y Lexington; el pronóstico de la

demanda en los tres meses para los centros de distribución es la siguiente:

La distribución. Foster Generators opera plantas en Cleveland, Ohio; Bedford, Indiana y York, Pennsylvania. Las capacidades de producción a lo largo del siguiente periodo de planeación de tres meses para un tipo de generador son las siguientes:

ORIGEN	PLANTA	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN TRES MESES (UNIDADES)
1	Cleveland	3000
2	Bedford	4000
3	York	2500
Total =		13000

cuatro centros regionales localizados en Boston, Chicago, San Luis y Lexington; el pronóstico de la demanda en los tres meses para los centros de distribución es la siguiente:

DESTINO	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	PRONÓSTICO DE LA DEMANDA PARA TRES MESES (UNIDADES)
1	Boston	6000
2	Chicago	4000
3	San Luis	2000
4	Lexington	1000
Total =		13000

generadores a través de cuatro centros regionales localizados en Boston, Chicago, San Luis y Lexington; el pronóstico de la demanda en los tres meses para los centros de distribución es la siguiente:

DESTINO	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	PRONÓSTICO DE LA DEMANDA PARA TRES MESES (UNIDADES)
1	Boston	6000
2	Chicago	4000
3	San Luis	2000
4	Lexington	1000
Total =		13000

A la administración le gustaría determinar cuánta de su producción debería embarcarse desde cada planta a cada centro de distribución. La siguiente grafica muestra las 12 rutas de distribución que puede usar Foster. Esta grafica se llama red; los círculos se conocen como

A la administración le gustaría determinar cuánta de su producción debería embarcarse desde cada planta a cada centro de distribución. La siguiente grafica muestra las 12 rutas de distribución que puede usar Foster. Esta grafica se llama red; los círculos se conocen como nodos y las líneas que los conectan como arcos; cada origen y destino se presenta con un nodo y cada ruta de embarque posible se representa con un arco.

La cantidad de suministro se escribe junto a cada nodo de origen y la cantidad de la demanda se escribe junto a cada nodo de destino. Los bienes embarcados de los orígenes a los destinos representan el flujo en la red. Observe que la dirección del flujo (del origen al destino) está indicada por las flechas.

El objetivo del problema de transporte de Foster es determinar las rutas a usar y la cantidad que se embarcara por cada ruta para lograr que el costo de transporte total sea mínimo.

El costo para cada unidad embarcada en cada ruta se da en la tabla siguiente:

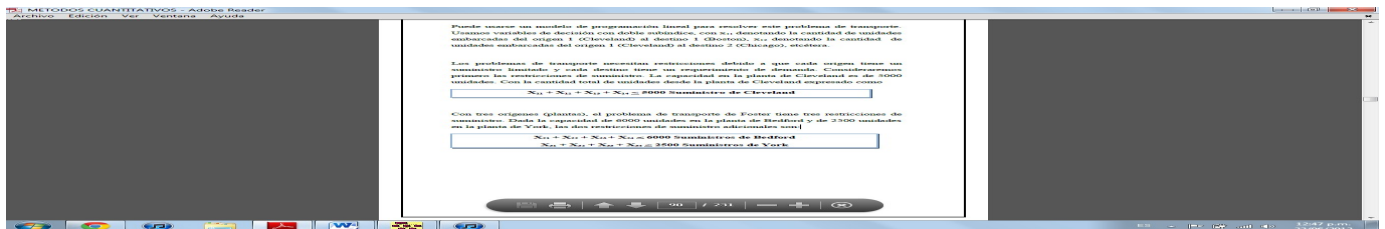
Origen	Destino	Costo	Oferta	Demanda
Cleveland	Boston	4	5000	3000
Cleveland	Chicago	3	5000	4000
Cleveland	New York	5	5000	2000

Puede usarse un modelo de programación lineal para resolver este problema de transporte. Usamos variables de decisión con doble subíndice, con x_{11} denotando la cantidad de unidades embarcadas del origen 1 (Cleveland) al destino 1 (Boston), x_{12} denotando la cantidad de unidades embarcadas del origen 1 (Cleveland) al destino 2 (Chicago), etcétera.

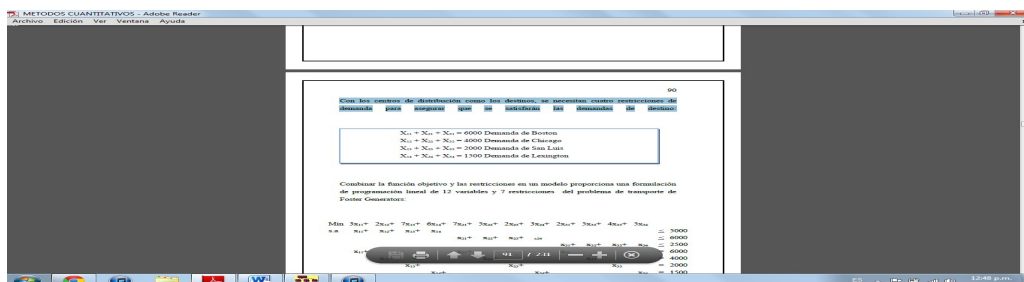
Los problemas de transporte necesitan restricciones debido a que cada origen tiene un suministro limitado y cada destino tiene un requerimiento de demanda. Consideraremos primero las restricciones de suministro. La capacidad en la planta de Cleveland es de 5000 unidades. Con la cantidad total de unidades desde la planta de Cleveland expresado como



Con tres orígenes (plantas), el problema de transporte de Foster tiene tres restricciones de suministro. Dada la capacidad de 6000 unidades en la planta de Bedford y de 2500 unidades en la planta de York, las dos restricciones de suministro adicionales son:



Con los centros de distribución como los destinos, se necesitan cuatro restricciones de demanda para asegurar que se satisfarán las demandas de destino:



Combinar la función objetivo y las restricciones en un modelo proporciona una formulación de programación lineal de 12 variables y 7 restricciones del problema de transporte de Foster Generators:

METODOS CUANTITATIVOS - Adobe Reader

Archivo Edición Ver Ventana Ayuda

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} = 6000 \text{ Demanda de Boston}$$

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} = 4000 \text{ Demanda de Chicago}$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} = 2000 \text{ Demanda de San Luis}$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} = 1500 \text{ Demanda de Lexington}$$

Combinar la función objetivo y las restricciones en un modelo proporciona una formulación de programación lineal de 12 variables y 7 restricciones del problema de transporte de Foster Generators

Min $3x_{11} + 2x_{12} + 7x_{13} + 6x_{14} + 7x_{21} + 5x_{22} + 2x_{23} + 3x_{24} + 2x_{31} + 5x_{32} + 4x_{33} + 5x_{34}$

s.a. $x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 6000$

$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 4000$

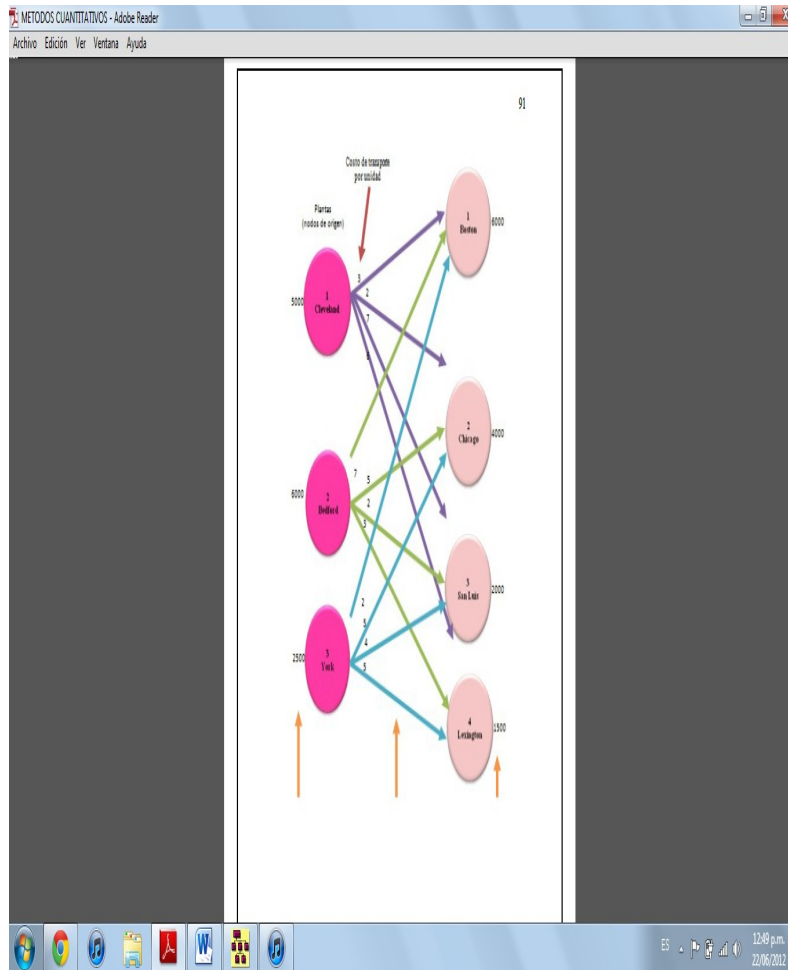
$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 2000$

$x_{14} + x_{24} + x_{34} = 1500$

$x_{ij} \geq 0 \text{ para } i = 1, 2, 3 \text{ y } j = 1, 2, 3, 4$

91 / 231

ES 12:48 p.m. 22/06/2012



Resolución del problema



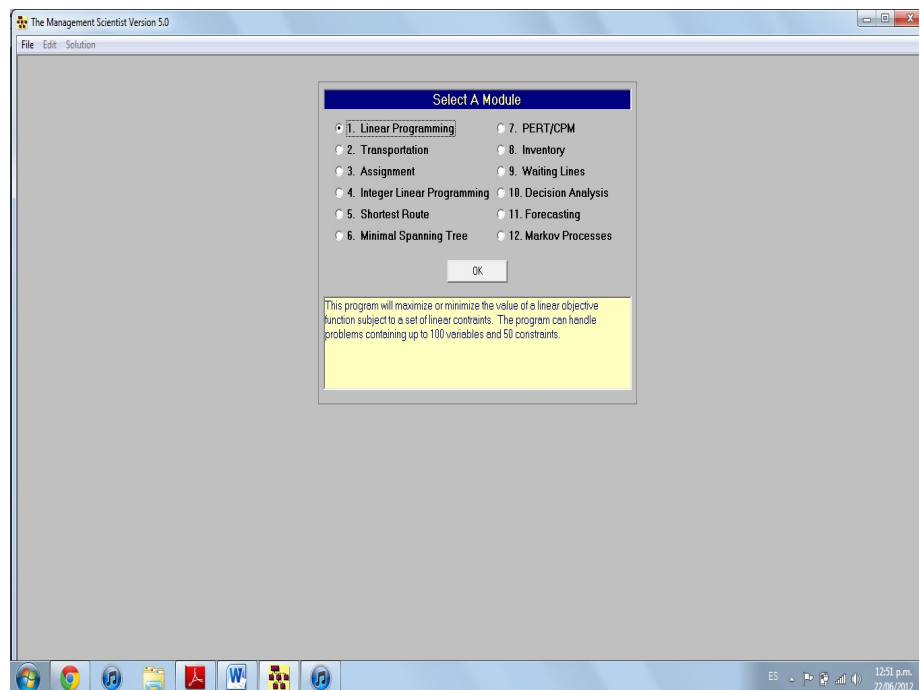
The Management Scientist

Usando el programa the Manangement Scientist lo podremos resolver de dos maneras:

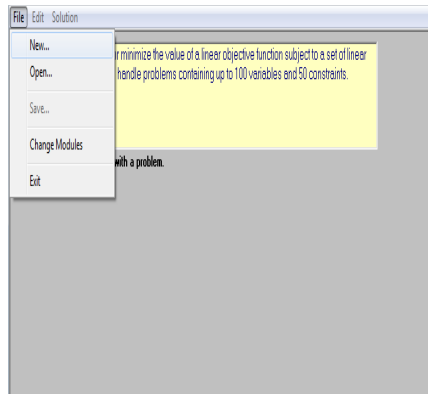
I.- como se había formulado antes en un problema de programación lineal con 12 variables y 7 restricciones.

Comenzamos con entrar al programa por medio de la ruta genérica que ya conocemos y en la siguiente pantalla selecciona

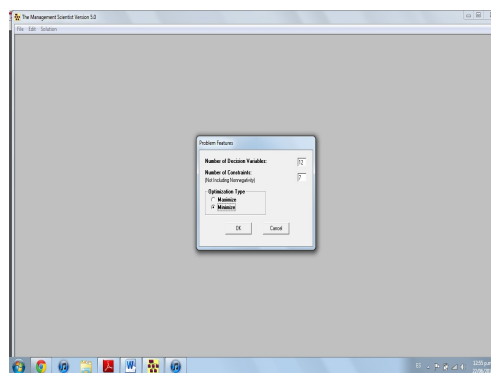
1.- Seleccionamos programación lineal y luego “OK”



2.- Tomamos la opción “File” y luego “new”



3.- Ponemos el número de variables y de restricciones. Y ponemos MINIMIZAR



4.- Procedemos a llenar el cuadro y posteriormente le damos solución y luego "solve"

4.- Procedemos a llenar el cuadro y posteriormente le damos solución y luego "solve"

Optimization Type: **Minimize**

Variable Names: (Change if Desired)

	X24	X31	X32	X33	X34
Objective Function Coefficients:	3	2	5	4	5

Subject To:

	X21	X12	X13	X14	X21
Constraint 1	1	1	1	1	
Constraint 2					1
Constraint 3					
Constraint 4	1				1
Constraint 5		1			
Constraint 6			1		
Constraint 7				1	

5.- Obtenemos el resultado óptimo que es 39500

Optimal Solution

Objective Function Value = 39500.000

5.- Obtenemos el resultado óptimo que es 39500

MÉTODOS CUANTITATIVOS - Adobe Reader

Archivo Edición Ver Ventana Ayuda

5.- Obtenemos el resultado óptimo que es 39500

Optimal Solution
Objective Function Value = 39500.000

Variable	Value	Reduced Costs
X11	3500.000	0.000
X12	1500.000	0.000
X13	0.000	8.000
X14	0.000	6.000
X21	0.000	1.000
X22	2500.000	0.000
X23	2000.000	0.000
X24	1500.000	0.000
X31	2500.000	0.000
X32	0.000	4.000
X33	0.000	6.000
X34	0.000	6.000

Constraint	Slack/Surplus	Dual Prices
------------	---------------	-------------

ES 12:58 p.m. 22/06/2012