

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



TOMA DE DECISIONES EN ADMINISTRACION

T E S I S

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
DE LA ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN
INVESTIGACION DE OPERACIONES

QUE PRESENTA

LIC. MARIA DE LA LUZ FABELA RODRIGUEZ

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

FEBRERO DE 1995

TM

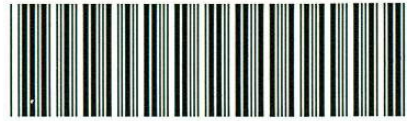
Z5853

.M2

FILME

1995

F32



1020070696

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



TOMA DE DECISIONES EN ADMINISTRACION

T E S I S

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
DE LA ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN
INVESTIGACION DE OPERACIONES

QUE PRESENTA

LIC. MARIA DE LA LUZ FABELA RODRIGUEZ



FONDO TESIS

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

FEBRERO DE 1995

TH
7-

8-



FONDO TESIS

166801

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

TOMA DE DECISIONES EN ADMINISTRACION
TESIS
EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN INVESTIGACION
DE OPERACIONES

QUE PRESENTA

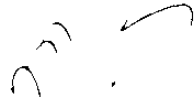
LIC. MARIA DE LA LUZ FABELA RODRIGUEZ

SAN NICOLAS DE LOS GARZA N.L.
FEBRERO DE 1995


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

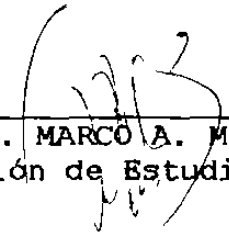
Los miembros del Comité de tesis recomendamos que la presente tesis realizada por la LIC. MA. DE LA LUZ FABELA RODRIGUEZ, Mat. 080550 sea aceptada como opción para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Administración con especialidad en Investigación de Operaciones.

El Comité de Tesis


M.C. MARCO A. MENDEZ CAVAZOS
Asesor


M.C. EDUARDO SANTOS MARTINEZ
Coasesor


M.C. VICENTE GARCIA DIAZ
Coasesor


M.C. MARCO A. MENDEZ CAVAZOS
División de Estudios de Postgrado

San Nicolás de los Garza, N.L., a Octubre de 1994

DEDICATORIA.

** A Dios, por acompañarme durante mi vida, en especial por haberme brindado la oportunidad de vivir este momento.

** A mis padres José Heriberto Fabela López y María de la Luz Rdz. de Fabela por su apoyo incondicional y por haberme brindado desde siempre lo más grande que he tenido en mi vida: Su amor y cariño.

** A mi esposo SERGIO y mi hija LUZ YAZMIN por todo su amor y comprensión " LOS AMO ".

** A mis familiares por su apoyo.

AGRADECIMIENTO.

- Deseo expresar mi gratitud al Ing. M.C. Marco A. Mendez Cavazos, por el invaluable tiempo y apoyo que nos brindó durante la realización de la tesis.

- Al M.C. Eduardo Santos Martínez y al M.C. Vicente Garcia Díaz por fungir como Coasesores.

- Al Ing. Juan Manuel Silva por su confianza y motivación para realizar la Maestría.

- A la Lic. M. C. Lilia R. Mercado Longoria por siempre encontrar la forma de alegrar el camino.

PROLOGO

En la actualidad existe mucha bibliografía sobre Investigación de Operaciones, Ingeniería Económica, Métodos Estadísticos, etc. que van encaminados a resolver un problema de Toma de Decisiones. Mi objetivo al realizar esta Tesis sobre "Toma de Decisiones en Administración" es dar un panorama general sobre el tema y haciendo énfasis muy particularmente en sus aplicaciones.

El escrito inicia con los conceptos generales sobre algunas técnicas utilizadas en la Toma de Decisiones como son: Herramientas Económicas, Teoría de Juegos, Arboles de Decisión, Modelos de Simulación, Métodos Heurísticos, Análisis de Sensibilidad, Programación Matemática. Posteriormente se presentan algunos casos Prácticos con su correspondiente solución.

El orden que se siguió, primero un Marco Teórico y luego aplicación en la solución de casos prácticos, es con el fin de que el estudiante comprenda que cuando se tiene un problema real "él" tiene que buscar las herramientas necesarias para resolverlo de entre muchas técnicas disponibles.

Espero que ésta obra sirva al estudiante de Licenciatura y Postgrado para incentivarlo a profundizar en cada una de las técnicas aquí tratadas e investigar otras más para ampliar sus perspectivas en la Toma de Decisiones en Administración.

San Nicolas de los Garza N.L.
Enero 1995

Ma. de la Luz Fabela Rdz.

INDICE

	Página
SINTESIS	i
INTRODUCCION	ii
 MARCO TEORICO	
CAPITULO I. TOMA DE DECISIONES	
1.1 Método Científico	1
1.2 En la Práctica	2
 CAPITULO II. TEORIA DE LAS DECISIONES	
2.1 Tipos de Decisiones	4
2.2 Técnicas de Decisión	6
2.3 Modelos (Usos y Características)	8
2.4 Los Errores	9
 CAPITULO III HERRAMIENTAS ECONOMICAS PARA LA TOMA DE DECISIONES	
3.1 Herramientas Económicas para la Toma de Decisiones	10
3.2 Concepto de Oferta y Demanda	13
3.3 Ley de Rendimiento Decreciente	14
3.4 Estimación de Elementos Económicos	14
 CAPITULO IV TEORIA DE JUEGOS Y ESTRATEGIAS COMPETITIVAS	
4.1 Juegos y Estrategias	18
4.2 Juegos de Suma Cero	19
4.3 Estrategias Puras y Puntos de Silla de Montar	19
4.4 Dominio	19
4.5 Estrategias Mixtas y Valores de Juego (2x2).....	20
4.6 Estrategias Mixtas y Valores de Juego (3x3).....	25

CAPITULO V	ARBOLES DE DECISION	
5.1	Arboles de Decisión	26
CAPITULO VI	MODELOS DE SIMULACION CON BASE EN LA TOMA DE DECISIONES	
6.1	Definición de Simulación	28
6.2	Etapas para realizar un Estudio de Simulación.....	28
CAPITULO VII	METODOS HEURISTICOS	
7.1	Introducción	31
7.2	Estrategias Heurísticas de Simulación	32
7.3	Modelo Heurístico General	35
CAPITULO VIII	ANALISIS DE SENSIBILIDAD EN PROGRAMACION LINEAL	
8.1	Análisis de Sensibilidad en Programación Lineal	36
8.2	Programación Paramétrica	37
CAPITULO IX	ANALISIS DE SENSIBILIDAD EN ESTUDIOS ECONOMICOS	
9.1	Análisis de Sensibilidad en Estudios Económicos	38
CAPITULO X	PROGRAMACION MATEMATICA PARA LA TOMA DE DECISIONES	
10.1	Programación Matemática para la Toma de Decisiones	43

CASOS PRACTICOS.

CASO 1	COMPAÑIA MANUFACTURERA S.A. (Herramientas Económicas para la toma de Decisiones)	47
CASO 2	EMPRESA PETRO (Arboles de Decisión) ...	54
CASO 3	UN PROBLEMA BANCARIO (Lineas de Espera-Simulación)	65
CASO 4	COMPAÑIA EXCEL (Simulación de Sistemas de Inventarios)	78

CASO 5 CRIMESA - DIVISION DE VIDRIO (Programación Lineal Entera y Análisis de Sensibilidad)	90
BIBLIOGRAFIA	106
APENDICE	108

SINTESIS

El propósito de esta tesis en principio es presentar el panorama general sobre la Toma de Decisiones en Administración. Se inicia con un Marco Teórico (relativo a conceptos y técnicas) utilizado en la Toma de Decisiones, como son: Herramientas Económicas, Teoría de Juegos, Arboles de Decisión, Modelos de Simulación, Método Heurístico, Análisis de Sensibilidad en Programación Lineal y en Estudios Económicos, Programación no-Linear, etc..

Aquí se explica brevemente cada uno de los temas antes mencionados, como se aplican y bajo que condiciones, así como sus limitaciones.

Hago la aclaración que no se profundiza en el aspecto matemático de los mismos partiendo de la base de que el estudiante ya cursó las materias curriculares de las cuales se habla. Posteriormente se resuelven una serie de Casos Prácticos, en los cuales se define claramente el problema real de algunas empresas y los pasos que se siguieron en su solución, así como la técnica que se utilizó para la misma empleando en algunos casos paquetes computacionales ya existentes o desarrollando algún programa para resolver el problema de Toma de Decisiones.

INTRODUCCION

Considerando que los estudios de Postgrado en ésta Universidad y por ende en nuestra Facultad tienen un enfoque a la investigación y/o a la docencia. Esta tesis tiene como objetivo apoyar un curso curricular de la Maestría en Ciencias de la Administración denominado TOMA DE DECISIONES, ofreciendo al maestro y alumno de esta clase un apoyo y un camino a seguir, dejando a consideración de los mismos agregar o eliminar algunos temas.

Este escrito no profundiza en el análisis Matemático de cada tema, parte de la base, de que el estudiante lo encuentra familiarizado en otras materias curriculares; nuestro objetivo es conocer las distintas técnicas, su aplicación en la toma de decisiones y sus limitaciones.

La Metodología Usada Consiste En:

- 1.- Ofrecer un panorama general sobre técnicas aplicadas en la Toma de Decisiones como son algunas de Investigación de Operaciones, otras de Ingeniería Económica o de Análisis de Decisión (Probabilidad).

2.- Como casos Prácticos se eligieron empresas que tenían algunos problemas de Toma de Decisiones y se planteó detalladamente cual era el problema, los datos con los que se contaba, los posibles caminos para su solución y se eligió el más adecuado.

Con respecto a la forma en que se trata este estudio es conveniente aclarar que es diferente en su presentación relacionado con otros hechos anteriores; la mayoría trata cada tema con su correspondiente teoría (algunos profundizan y otros no) y luego dan un ejemplo donde se aplique la teoría.

MARCO

TEORICO

CAPITULO I

TOMA DE DECISIONES

El término TOMA DE DECISIONES se referirá a la selección de una alternativa de entre un conjunto de ellas.

1.1 El Método Científico

La intención original fue tener una guía para la investigación en las ciencias físicas, pero el método se adapta a cualquier tipo de problemas. Los pasos a seguir son:

*Definición del Problema. Establece las fronteras para todo lo que sigue.

*Recolección de Datos. Deberá reunirse información pasada y soluciones previas a problemas semejantes.

*Definición de Alternativas de Solución. En este paso se buscan las soluciones posibles y se enumeran.

*Evaluación de Alternativas de Solución. Una vez enumeradas todas las alternativas de solución, deberán evaluarse. Esto puede lograrse comparando una por una con un conjunto de criterios de solución u objetivos que se deben cumplir.

*Selección de la Mejor Alternativa. Aquí se toma la decisión de cuál de las alternativas cumple mejor con los criterios de solución.

*Puesta en Práctica. La toma de decisiones en administración debe llevar a actuar. La alternativa seleccionada deberá ponerse en práctica. Existe retroalimentación y reciclado entre las pasos y con esto se pueden encontrar otras alternativas de solución.

1.2 En la Práctica

Los problemas se resuelven de la siguiente forma:

De la experiencia personal se sabe que muchas decisiones se toman sin hacer referencia al método científico o a los métodos cuantitativos. La costumbre, el hábito, la tradición, la fe, la intuición, juegan un papel importante en la manera en que se resuelven los problemas. Para una aplicación del método científico se considerará lo siguiente:

*Estar bien informado. Deben conocerse todos los hechos y relaciones pertinentes.

*Conocer todas las alternativas. El método científico supone que pueden identificarse todas las alternativas posibles de solución a un problema.

*Ser objetivo. En los negocios esto significa: ser un optimizador económico. Maximizar los beneficios económicos

Los métodos cuantitativos juegan un papel importante en la administración. Se emplean de tres maneras:

1. Como guía en la toma de decisiones.
2. Como ayuda en la toma de decisiones.
3. Para automatizar la toma de decisiones.

En la primera aplicación el conocimiento de los métodos cuantitativos ayudará a guiar el pensamiento aun cuando nunca se haya escrito una ecuación.

En la segunda aplicación muchas veces no existirá un modelo para dar una solución, pero puede haber información útil que se puede obtener cuantitativamente.

En la tercera aplicación si se puede modelar con exactitud un problema específico, entonces se puede desarrollar una fórmula para su solución. Si el problema no cambia, las fórmulas permanecen válidas y pueden programarse en una computadora. La computadora entonces "toma la decisión".

CAPITULO II

TEORIA DE LAS DECISIONES

Tiene que ver con el proceso de tomar decisiones especialmente en condiciones de incertidumbre. Analiza tipos de decisiones, establece reglas fundamentales para tomar decisiones y desarrolla métodos o procedimientos.

2.1 Tipos de Decisiones

*Propósito.

-Estratégicas. A largo plazo, que tratan grandes problemas que afectan a gran parte de la organización.

-Tácticas. A corto plazo, que tratan problemas que hacen más impacto en áreas específicas de la organización.

*Estructura.

Las decisiones pueden ser bien estructuradas por cuanto están bien definidas, las opciones son claras y específicas y existen criterios de evaluación; o no estructuradas cuando carecen de lo anterior.

*Complejidad.

Las decisiones tienen diferentes grados de complejidad dependiendo del número de factores que lo afecten.

*Grado de dependencia e influencia.

Pueden existir decisiones dependientes de otras, o que afecten a otras.

*Incertidumbre.

Las decisiones se pueden tomar en condiciones de certeza donde se conocen todos los hechos pertinentes o por el contrario se pueden tomar decisiones en condiciones de incertidumbre.

*Circunstancias.

Las decisiones pueden ser:

-Decisiones de oportunidad. Tomadas para aprovechar la posibilidad de desarrollar un nuevo producto o entrar a un mercado nuevo.

-Decisiones sobre problemas. Para afectar un problema inmediato pero no crítico.

-Decisiones sobre crisis. Problemas importantes que llegan a la organización casi siempre de fuera de la misma.

*Reglas de decisión.

-Optimista. Escoger la opción que produzca el mejor resultado posible (regla maximax).

-Pesimista. Escoger la opción con el más alto valor del peor resultado posible (regla maximin).

-Costo de oportunidad. ¿Qué oportunidad se ha perdido cuando se elige una opción y no otra ?

-Valor esperado. Escoger una opción de acuerdo con una estimación de la probabilidad de ocurrir una situación determinada.

2.2 Técnicas de Decisión

*Análisis de medios y fines.

El concepto se basa en el hecho de que lo que es un objetivo para alguien que toma una decisión, será un medio de lograr un mejor objetivo para el que toma una decisión a un nivel más alto.

*Matriz de decisiones

Es un método de modelar decisiones relativamente claras bajo incertidumbre, en forma tal que hagan explícitas las opciones para el que toma la decisión.

*Arboles de decisiones

Se usan en condiciones en que hay varios cursos opcionales de acción y cuando los resultados de estas acciones son inciertos. Además acciones anteriores pueden afectar acciones subsiguientes.

*Algoritmos

Contiene una secuencia lógica de deducciones para resolver problemas. Se utilizan para reducir la tarea de solución de problemas a una serie de operaciones comparativamente simples.

*Probabilidades subjetivas

Con frecuencia se toman decisiones que requieren un juicio sobre la probabilidad de un resultado sin la ayuda de medidas objetivas. Es una expresión del grado de creencia de que va a suceder algo.

*Análisis bayesiano

Es un análisis estadístico que se propone transcribir los pronósticos subjetivos a curvas matemáticas de probabilidades en situaciones en las que no hay ninguna probabilidad estadística normal porque las alternativas no se conocen o no se han ensayado antes.

2.3 Modelos

Un modelo es una representación de una situación real.

*Usos

1. Manejar la comprensión que tenga el que toma la decisión acerca de la situación en la cual tiene que tomarse la decisión.
2. Estimular nuevas ideas sobre problemas.
3. Evaluar procedimientos opcionales.

*Características

1. Concretas o abstractas. El grado de correspondencia con la realidad que posee un modelo.
2. Estáticos o dinámicos. Un modelo estático representa un momento determinado, un modelo dinámico utiliza el tiempo como un elemento principal y examina los fenómenos en relación con los acontecimientos anteriores y posteriores.
3. Deterministas o estocásticos. Los modelos deterministas utilizan estimaciones únicas para representar el valor de cada variable, los estocásticos tienen escalas de valores para variables en forma de distribución de probabilidades.
4. Normativos o descriptivos. Los modelos normativos evalúan soluciones alternas e indican que debe hacerse. Los descriptivos solamente los describen.

2.4 Los Errores

También hay que recordar que no se puede predecir el futuro con base en todos los datos estudiados y a la información obtenida, es decir a la experiencia adquirida, se hace una suposición inteligente sobre lo que pueda pasar. Sin embargo, todavía no se sabe realmente lo que va a suceder. A pesar de la buena preparación que se tenga para las decisiones, algunas de ellas seguramente resultarán equivocadas. Puede suceder que se haya recogido más información de la necesaria o que los datos que se tenían fueran inexactos o incompletos. Otras veces, las circunstancias cambian y la decisión que era apropiada hace un mes ya no es válida. Hay que recordar que el hecho de que la decisión haya sido equivocada no quiere decir que la persona sea estúpida sino que sencillamente, ha cometido un error.

Además, se puede aprovechar una decisión equivocada para aprender de los errores. Se pueden examinar los supuestos originales, ver donde esté el error y qué se pasó por alto.

CAPITULO III

HERRAMIENTAS ECONOMICAS PARA LA TOMA DE DECISIONES

3.1 Herramientadas Económicas para la Toma de Decisiones

Puede lograrse el análisis de la decisión económica al considerar las cuatro etapas esenciales que son:

- La etapa creativa
- La etapa de definición
- La etapa de transformación
- La etapa de decisión

1. La etapa creativa

La etapa creativa en el análisis de decisión económica consiste en encontrar una apertura a través de una barrera de limitaciones físicas y económicas.

2. La etapa de definición

En esta etapa se definen las alternativas, que se han originado en la etapa de creación y en base a sus principales actividades considerando factores cuantitativos y cualitativos con frecuencia se proponen para el análisis alternativas aunque tengan pocas posibilidades de que resultaran factibles. Esto se justifica con la idea de que es mejor considerar muchas alternativas no rentables que desechar una rentable. Se deben evaluar todas las alternativas sin incurrir en costos y sin dejar correr el tiempo para tomar una decisión.

3. La etapa de transformación

Las alternativas pueden compararse directamente si se convierten a una unidad de medida común, que es el valor expresado en términos monetarios.

La primera etapa de la transformación es convertir los productos e insumos futuros en ingresos y desembolsos en fechas determinadas para saber los flujos de dinero que ocurrirán en fechas futuras especificadas.

La segunda etapa de la fase de la transformación consiste en poner el flujo de dinero futuro estimado para todas las alternativas en una base comparable considerando el valor del dinero a través del tiempo.

La fase final de la etapa de transformación es comunicar los aspectos esenciales del estudio junto con una enumeración de

consideraciones cualitativas, para que puedan ser consideradas por los responsables de la toma de decisiones.

4. La etapa de decisión

Al completarse la etapa de transformación, la cantidad y la calidad de los productos y los insumos de cada alternativa forman la base para la comparación y la decisión, y establecer las ganancias estimadas.

Las decisiones sobre alternativas deben tomarse con base en sus diferencias. Todos los factores idénticos pueden cancelarse por tener en realidad el mismo significado y poca trascendencia.

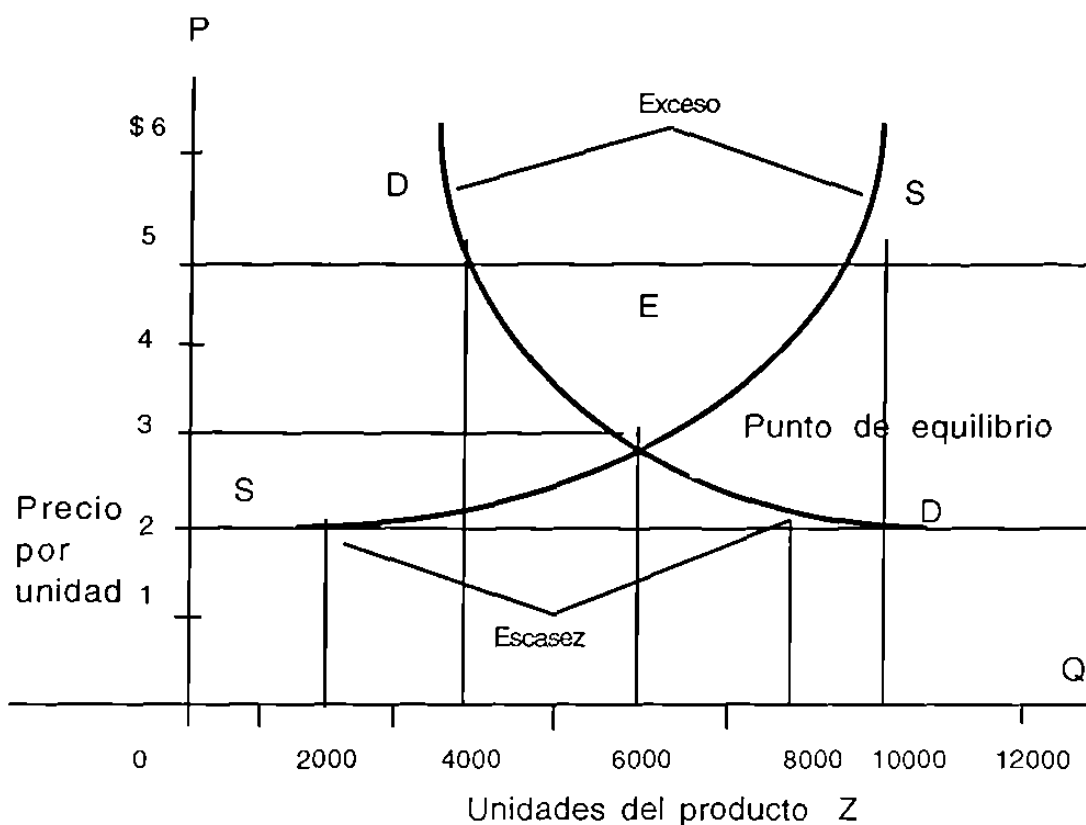
Cuando una búsqueda diligente descubre insuficiente información para razonar el resultado de un curso de acciones, el problema es lograr una decisión tan exacta como la falta de hechos lo permita.

También cuando las alternativas no pueden delinearse en su totalidad en términos cuantitativos exactos. La asignación debe hacerse con base al juicio de una o más personas.

Después de que una situación se ha analizado y se han evaluado los resultados posibles, debe tomarse una decisión, y esta decisión puede incluir la alternativa de no tomar una determinación sobre las alternativas presentadas, al haber áreas de incertidumbre. En estos casos de (incertidumbre) una medida sabia es mantener las inversiones de equipo, de capital en un mínimo, hasta que la situación se aclare, aunque tal decisión resulte en costo inmediato más alto en forma temporal, en tanto se reúnen más elementos de juicio para tomar una decisión.

3.2 Concepto de Oferta y Demanda

En un sistema de empresa libre, el precio de los bienes y servicios está en el último término, determinado por la oferta y la demanda.



GRAFICA A.1 Punto de equilibrio entre la oferta y la demanda.

En la Gráfica A.1 se ilustran las curvas típicas de oferta y demanda. La curva de demanda muestra la relación entre la cantidad de un producto que la gente desea comprar y su precio. La curva de oferta muestra la relación entre la cantidad de un producto que los vendedores ofrecerán y el precio del producto. La intersección de estas curvas determina el precio al cual tendrá lugar el intercambio (y la cantidad ofrecida será igual a la demanda, el punto de equilibrio).

La ley de la oferta y la demanda es muy importante en el análisis de la decisión económica puesto que las opciones que se propongan incluyen con frecuencia acciones que aumentaran la oferta de un producto o influirán sobre su demanda.

3.3 Ley de Rendimiento Decreciente

La ley de rendimiento decreciente es la cantidad de un producto que puede obtenerse en un proceso productivo varía con la forma en que se combinen los agentes de producción. Si solo se varía un agente, el producto por unidad de este agente puede aumentar hasta una cantidad máxima después de lo cual el producto por unidad puede esperarse que disminuya, aunque no necesariamente en forma proporcional.

3.4 Estimación de Elementos Económicos

1. Los elementos que van a estimarse

El éxito económico de un proyecto se determina considerando la relación entre el insumo y el producto a lo largo del tiempo.

Productos.- Se deberá estimar la producción futura

Insumos.- Mano de obra directa, mano de obra indirecta, materiales directos, materiales indirectos, equipo, tierra, edificios, el capital y los impuestos.

2. Estimación del ingreso y el gasto

Al haber una demanda por bienes y servicios puede derivarse un ingreso al satisfacerla. Si el costo de proveer el servicio es menor que el ingreso recibido se obtendrá una ganancia. El primer paso a la ganancia es un ingreso por lo que deberá estimarse en primer lugar.

Para la determinación del gasto se deberán considerar los insumos ya mencionados.

3. La ganancia como una medida de éxito

$$\text{GANANCIA} = \text{INGRESO} - \text{GASTO}$$

¿ COMO AUMENTAR LAS GANANCIAS ?

1° Aumentando el precio del producto pero esto te reducirá el número de unidades vendidas.

2° Mantener el precio de venta, vendiendo más unidades mediante un "aumento en el valor del producto"(mejorando su calidad, presentación o manto más sencillo).

3° Mantener el precio de venta disminuyendo el costo(labor de Ing. Industrial, Administradores y analistas de costos). El éxito de cada actividad depende de su ingreso potencial menos el costo de buscarlo.

4° Clasificación convencional de costos.

Existen varias clasificaciones de costos, estas son:

- a) Costo inicial. Es aquel en el cual se incurre para hacer que se inicie una actividad e incluye aquellos que solo se presentan una sola vez.
- b) Costo fijo. Se define como el grupo de costos involucrados en una actividad en marcha, cuyo total permanecerá relativamente constante a lo largo de las operaciones.
- c) Costo variable. Es el grupo de costos que varían en relación con el nivel de la actividad operacional (al aumentar o disminuir la producción).
- d) Costo incremental o marginal. Costo incremental es un cambio en el costo en relación con otros factores.
Costo marginal se refiere al aumento del producto cuyo costo es apenas cubierto por el rendimiento que se deriva.
- e) Costo oculto. Es un costo pasado que no puede alterarse con acciones futuras y son irrelevantes para decidir cursos futuros de acción.

5. Métodos de estimación de costos

Existen tres métodos para estimar los costos de las organizaciones comerciales y gubernamentales:

Método Contable.- Consiste en clasificar cada costo en una de las tres categorías para su exámen, que son fijos, variables y semivARIABLES. Este más sencillo y menos costoso.

Método de Ingeniería.- Consiste en conjeturas acerca de cual será el comportamiento de los costos en el futuro con base a lo que se conoce acerca de la capacidad del equipo, capacidad de trabajo de la gente, eficiencias anticipadas y la situación prevaleciente.

Método Estadístico.- El objetivo es encontrar una relación funcional entre cambios en los costos y los factores de los cuales dependen como tasas de producción, ventas, tamaño del lote, etc.

CAPITULO IV

TEORIA DE JUEGOS Y ESTRATEGIAS COMPETITIVAS

4.1 Juegos y Estrategias

El término "juegos" se refiere a condiciones de conflicto de negocios en el transcurso del tiempo. Los participantes son competidores que emplean las técnicas matemáticas y el pensamiento lógico a fin de descubrir la mejor estrategia posible para vencer a sus competidores. Todo juego tiene una meta o estado final (ganancias), que los competidores tratan de alcanzar escogiendo cursos de acción apropiados. Aunque el juego pueda favorecer a alguno de ellos sobre los demás, cada uno hará cuanto pueda para aumentar el máximo sus ganancias, o para reducir al mínimo sus pérdidas. Trataremos solo juegos de dos personas (Suma cero).

4.2 Juegos de Suma Cero

En juegos de este tipo los intereses de los dos competidores son opuestos, porque la suma de las ganancias de uno es exactamente igual a la suma de las pérdidas del otro. O sea que la suma del juego es cero.

4.3 Estrategias Puras y Puntos de Silla de Montar

Se reconoce un punto de silla de montar, si existe, porque es el valor más bajo del renglón y el más alto de la columna, ya que el competidor X quisiera tener un pago que fuera el valor más alto de cualquier columna, mientras que el competidor Y quisiera tener como pago el valor más bajo de cualquier renglón. En muchos casos las ganancias no tienen puntos de silla de montar.

En el caso de matrices de juego grandes, un método rápido para determinar si hay un punto de silla de montar, consiste en encerrar en un círculo el valor más bajo de renglón y en un cuadro el valor más alto de columna y si coinciden las figuras en un valor, ese será el punto de silla de montar.

4.4 Dominio

El primer paso para resolver estrategias y valores del juego consiste en buscar una estrategia pura donde haya un punto de silla de montar, si esto no es aplicable, el siguiente paso consiste

en la eliminación de ciertas estrategias (columnas o renglones) por dominio.

La regla de dominio para renglones es: cada valor del renglón dominador debe ser mayor o igual al valor correspondiente del renglón dominado, el renglón dominado se elimina de la matriz.

La regla de dominio para las columnas es: todos los valores de las columnas dominadoras deben ser menores o iguales al valor correspondiente de la columna dominada, esta columna dominada se elimina de la matriz.

Si la matriz resultante tuviera lo que aparentemente es un punto de silla de montar, después de reducir el juego por dominio. Este no es necesariamente un punto de silla de montar, porque puede no ser el valor más bajo de su renglón o el más alto de su columna en la matriz original.

4.5 Estrategias Mixtas y Valores del Juego

(JUEGOS DE 2X2) En los casos en que no hay un punto de silla de montar y se ha empleado el dominio para reducir el juego a una matriz pequeña, la competencia empleará una estrategia mixta. Para optimizar las ganancias, el jugador X debe determinar la proporción del tiempo en que debe jugar cada renglón, y el jugador Y cada columna.

Hay algunos métodos para encontrar estrategias óptimas (en matriz de 2×2).

1. El método aritmético
2. El método algebraico
3. El método de probabilidad conjunta
4. El método de subjuegos
5. El método de soluciones gráficas.

1. Método Aritmético para encontrar Estrategias Optimas.

El primer paso consiste en restar el pago menor del mayor en cada renglón y en cada columna.

El siguiente paso consiste en intercambiar cada uno de los pares de valores restados.

A fin de determinar las estrategias se encuentra la razón de el valor individual entre la suma de los valores para encontrar la razón de tiempo de juego de las estrategias.

2. Método algebraico para encontrar Estrategias Optimas Y Valores del Juego.

Este método consiste en considerar el tiempo de juego como 1 y como Q el tiempo que el jugador X emplea el primer renglón y por lo mismo $(1-Q)$ el tiempo que emplea jugando el segundo renglón. Se aplica el mismo concepto al jugador Y pero llamando P el tiempo que juega la primera columna y $(1-P)$ el tiempo que

emplea jugando la segunda columna. Esto se representa de la siguiente forma:

Con este método el jugador X puede dividir sus jugadas entre los dos renglones, con el propósito de equilibrar las ganancias esperadas (ganancias de el primer renglón iguales a las ganancias del segundo), sin importar lo que haga el jugador Y. Con el fin de lograr esto hay que igualar las ganancias esperadas del jugador X cuando el jugador Y juega la columna 2, con las utilidades esperadas del jugador X cuando el jugador Y juega la columna 3, y resolvemos:

Este calculo indica que el jugador X jugará cierta cantidad de tiempo el primer renglón y el segundo renglón otra cantidad de tiempo.

Este mismo enfoque se aplica al jugador Y ya que el quiere, sin que importe lo que haga el jugador X, disminuir al mínimo sus pérdidas y dividir su tiempo entre las columnas para igualarlas,

Las estrategias que se han calculado para el jugador X y para el jugador Y se deben de jugar sin emplear un patrón fijo, ya que si el jugador contrario nota que hay un patrón en las jugadas, ajustará sus estrategias para aprovechar ese descubrimiento.

Atenderemos ahora el cálculo de el valor del juego, sabiendo el tiempo que juega cada jugador se multiplica este por cada renglón con el tiempo respectivo del otro jugador así obtiene el valor del juego.

3. Método de Probabilidad Conjunta para obtener el Valor del Juego.

Otro método para encontrar el valor del juego es el uso de probabilidad conjunta, la probabilidad de que el jugador X juegue el renglón 1, es de Q y que juegue el renglón 2, es de $1-Q$, y de que el jugador Y juegue la columna 1 tiene una probabilidad de P , y de que juegue la columna 2 es de $1-P$. Como el jugador X y el jugador Y juegan independientes uno de la otra, las probabilidades son independientes, según la teoría de probabilidad, que se juegue una posición en un renglón y en una columna al mismo tiempo, satisfacen una probabilidad conjunta en condiciones de independencia estadística. Esto es

VALOR DE PAGO(a)	ESTRATEGIAS	VALOR DE PROB. DEL PAGO(b)	VALOR DEL JUEGO (a) (b)
a11	Reng.1, Col.2	$Q P$	$(Q)(P)a_{11}$
a12	Reng.1, Col.3	$Q (1-P)$	$Q(1-P)a_{12}$
a21	Reng.2, Col.2	$(1-Q) P$	$(1-Q)P a_{21}$
a22	Reng.2, Col.3	$(1-Q)(1-P)$	$(1-Q)(1-P) a_{22}$

Sumando está columna obtenemos el valor del juego

4. Método de Subjuegos para encontrar el Valor del Juego.

Juegos más grandes pueden reducirse mediante el dominio a un juego de 2×2 , (aunque no todos se pueden reducir), por ejemplo uno de 2×3 .

El juego 2×3 se puede considerar como tres juegos (subjuegos) de 2×2 .

Usando cualquiera de los métodos anteriores para estrategias y valores del juego encontramos para cada juego su estrategia y valor de juego.

Se escoge el valor positivo más bajo del subjuego, en el cual el jugador Y no tiene que jugar las tres columnas sino solamente dos y el jugador X debe jugar cualquier renglón, posteriormente se checa si las estrategias obtenidas son óptimas para cada jugador.

Es necesario hacer las comprobaciones en todos los casos para estar seguros que se ha escogido el subjuego que es óptimo.

5. Método Gráfico para determinar el Valor del Juego.

Las ventajas del método gráfico son que es relativamente rápido y permite saber cuál de los subgrupos de 2×2 es el óptimo para el jugador que requiere escoger. Las desventajas son que solo sirven para juegos suma-cero de dos oponentes con una matriz de consecuencias de orden $2 \times m$ ($m \geq 2$).

Se trazan líneas rectas uniendo X_1, X_2 , etc. con sus respectivos valores. Se observa si algún renglón, está dominado por otro y por lo tanto se desecha. Otra observación puede ser que aparentemente un renglón ofrece mejor probabilidad de ganar a

X , en alguna columna . Sin embargo hay que recordar que Y puede cambiar a otra columna, lo que inmediatamente reduciría la ganancia de X

La proporción de tiempo que cada jugador emplea en sus propias estrategias, puede determinarse con cualquier método visto anteriormente.

4.6 Estrategias Mixtas y Valores de Juego (Juego 3X3 y Mayores)

En el caso de tener problemas de 3X3 o más, en los que no se encontró punto de silla de montar, el dominio no dé resultado o solo dé resultados parciales y el juego sigue siendo de 3X3 o mayor, entonces el mejor método, para llegar a una solución, será la programación lineal. Apoyandose en la computadora.

CAPITULO V

ARBOLES DE DECISION

5.1 Arboles de Decisión

Los árboles de decisión están relacionados con la teoría de la probabilidad, más específicamente con el proceso Bayesiano de decisión. Podríamos decir que es un método gráfico (utilizando probabilidad) para tomar una decisión.

Un árbol de decisión se llama así porque se asemeja a un árbol, aunque para mayor conveniencia es horizontal. La base del árbol es el punto inicial de la decisión. Las acciones disponibles al decisor se expresan en orden cronológico y pueden ser de dos tipos:

- a) Punto de Decisión (si o no).- Se representa por un cuadro en el árbol.

- b) Punto de Decisión con Incertidumbre .- La decisión lleva asignada una probabilidad de éxito. Se representa por un círculo en el árbol.

Las cifras en que se basan los valores del árbol se obtienen mediante cuidadosas investigaciones, y esto causa probabilidades para ciertos eventos casuales y pronósticos de cálculo de pagos o flujos de efectivo para cada resultado posible, de acuerdo con la influencia causada por diversos eventos casuales.

Los árboles de decisión contemplan dos etapas:

- a) Diseño
- b) Solución

El Diseño se hace cronológicamente de izquierda a derecha; la Solución, en sentido contrario.

Conclusión

Como se había mencionado antes para tomar una decisión utilizando un árbol, se toma el término de la derecha que tenga el mayor valor esperado y se regresa hacia la izquierda al punto de decisión inicial.

En algunos árboles de decisión se tiene un gran número de ramas, en ciertos casos podemos podar algunas ramas, empleando el sentido común o haciendo un análisis cuidadoso dejando solo las más prometedoras.

CAPITULO VI

MODELOS DE SIMULACION CON BASE EN LA TOMA DE DECISIONES

6.1 Definición de Simulación

Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos de tiempo.

6.2 Etapas para Realizar un Estudio de Simulación

Los pasos necesarios para llevar a cabo un experimento de simulación son los siguientes:

1. Definición del Sistema: Para tener una definición exacta del sistema que se desea simular es necesario hacer primeramente un análisis preliminar del mismo, con el fin de determinar la interacción del sistema con otros sistemas, las restricciones del sistema, las variables que interactúan dentro del sistema y sus

interrelaciones, las medidas de efectividad que se van a utilizar para definir y estudiar el sistema y los resultados que se esperan obtener del estudio.

2. Formulación del Modelo: Una vez que están definidos con exactitud los resultados que se esperan obtener del estudio, el siguiente paso es definir y construir el modelo con el cual se obtendrán los resultados deseados. En la formulación del modelo es necesario definir todas las variables que forman parte de él, sus relaciones lógicas y los diagramas de flujo que describan en forma completa al modelo.

3. Colección de Datos: Es posible que la facilidad de obtención de algunos datos o la dificultad de conseguir otros, pueda influenciar el desarrollo y formulación del modelo. Por consiguiente, es muy importante que se definan con claridad y exactitud los datos que el modelo va a requerir para producir los resultados deseados. Normalmente la información requerida por un modelo se puede obtener de registros contables, de órdenes de trabajo, de órdenes de compra, de opiniones de expertos y si no hay otro remedio de experimentación.

4. Implementación del Modelo en la Computadora: Con el modelo definido, el siguiente paso es decidir si se utiliza algún lenguaje como Fortran, Basic, Algol, etc. o se utiliza algún paquete como GPSS, Simula, Simscript, QSB, etc. para procesarlo en la computadora y obtener los resultados deseados.

5. Validación: Una de las principales etapas de un estudio de simulación es la validación. A través de esta etapa es posible detallar deficiencias en la formulación del modelo o en los datos alimentados al modelo. Las formas más comunes de validar un modelo son:

- a) La opinión de expertos sobre los resultados de simulación.
- b) La exactitud con que se predicen datos históricos.
- c) La exactitud en la predicción del futuro.
- d) La comprobación de falla del modelo de simulación al utilizar datos que hacen fallar el sistema real.
- e) La aceptación y confianza en el modelo de la persona que hará uso de los resultados que arroje el experimento de simulación.

6. Experimentación: La experimentación con el modelo se realiza después de que este ha sido validado. La experimentación consiste en generar los datos deseados y en realizar análisis de sensibilidad de los índices requeridos.

7. Interpretación: En esta etapa del estudio se interpretan los resultados que arroja la simulación y en base a esto se toma una decisión. Es claro que los resultados que se obtienen de un estudio de simulación ayuda a soportar decisiones del tipo semi-estructurado, es decir, la computadora en si no toma decisión, sino que la información que proporciona ayuda a tomar mejores decisiones y por consiguiente a sistemáticamente obtener mejores resultados.

CAPITULO VII

METODOS HEURISTICOS

7.1 Introducción

Cuando un problema está "bien estructurado" (se tiene un modelo matemático para el problema completo) se puede aplicar alguna técnica conocida en Investigación de Operaciones para resolverlo. Sin embargo cuando el problema está "mal estructurado" (no se tiene un modelo matemático o no puede obtenerse este modelo del problema) no se puede aplicar los procedimientos de I.O. Es aquí donde se puede aplicar un Método Heurístico de solución.

Este Método aplica la inteligencia humana para programar "Heurísticamente" en una computadora reglas empíricas para explorar las rutas más probables y hacer suposiciones fundadas para llegar a una conclusión, en vez de recorrer todas las alternativas posibles para encontrar la mejor.

Con éstas reglas empíricas se pretende llegar a una o más soluciones satisfactorias de un cierto problema sin garantizar que de estas soluciones sea la óptima.

La palabra Heurística proviene de la palabra griega "Heuriskein" que significa Descubrir.

Un método Heurístico se consigue por intuición o por experiencia para tratar de obtener una solución aceptable y si durante su aplicación se encuentra otra regla mejor, la anterior se descarta hasta tener un método más exacto para llegar a la solución.

La programación Heurística tiene sus raíces en las investigaciones sobre inteligencia artificial, hechas por Herbert Simon y Allen Newell al mismo tiempo que J.C. Shaw. El objetivo es programar una computadora para que se comporte en forma "inteligente", con suficientes observaciones, experimentos, análisis y modelos. Este enfoque nos permite analizar problemas que puede resolver la inteligencia humana y escribir programas de computadoras que puedan resolverlos.

7.2 Estrategias Heurísticas de Solución

Se puede considerar que la mayoría de los métodos heurísticos aplican una o más de las cuatro estrategias que a continuación se mencionan.

1) Construcción de una solución.

En este enfoque se intenta construir una solución completa, de acuerdo con un conjunto de reglas definida.

2) Descomposición del problema.

En este caso se descompone un problema complejo en un cierto número de subproblemas más pequeños. Cada subproblema se resuelve en forma individual o en alguna secuencia jerárquica, esto es, la salida de un subproblema de orden inferior se utiliza como entrada en el siguiente problema de orden superior. La solución del problema completa se arma integrando las soluciones a los subproblemas en una solución general consistente.

3) Modificación de la solución.

Cuando ya se tiene una solución inicial obtenida por construcción de una solución o por descomposición del problema o por algún método de aproximación; podría suceder que la solución obtenida sea no factible, entonces podemos aplicar alguna secuencia especificada de estrategias heurísticas que buscan mejorar (o hacer factible) la aceptabilidad de la solución.

4) Búsqueda-Aprendizaje.

Esta estrategia implica una búsqueda dirigida en el espacio solución, es decir, conforme se descubre nueva información durante la búsqueda, ésta, se utiliza para eliminar algunas partes del espacio solución y emprender la búsqueda en nuevas direcciones.

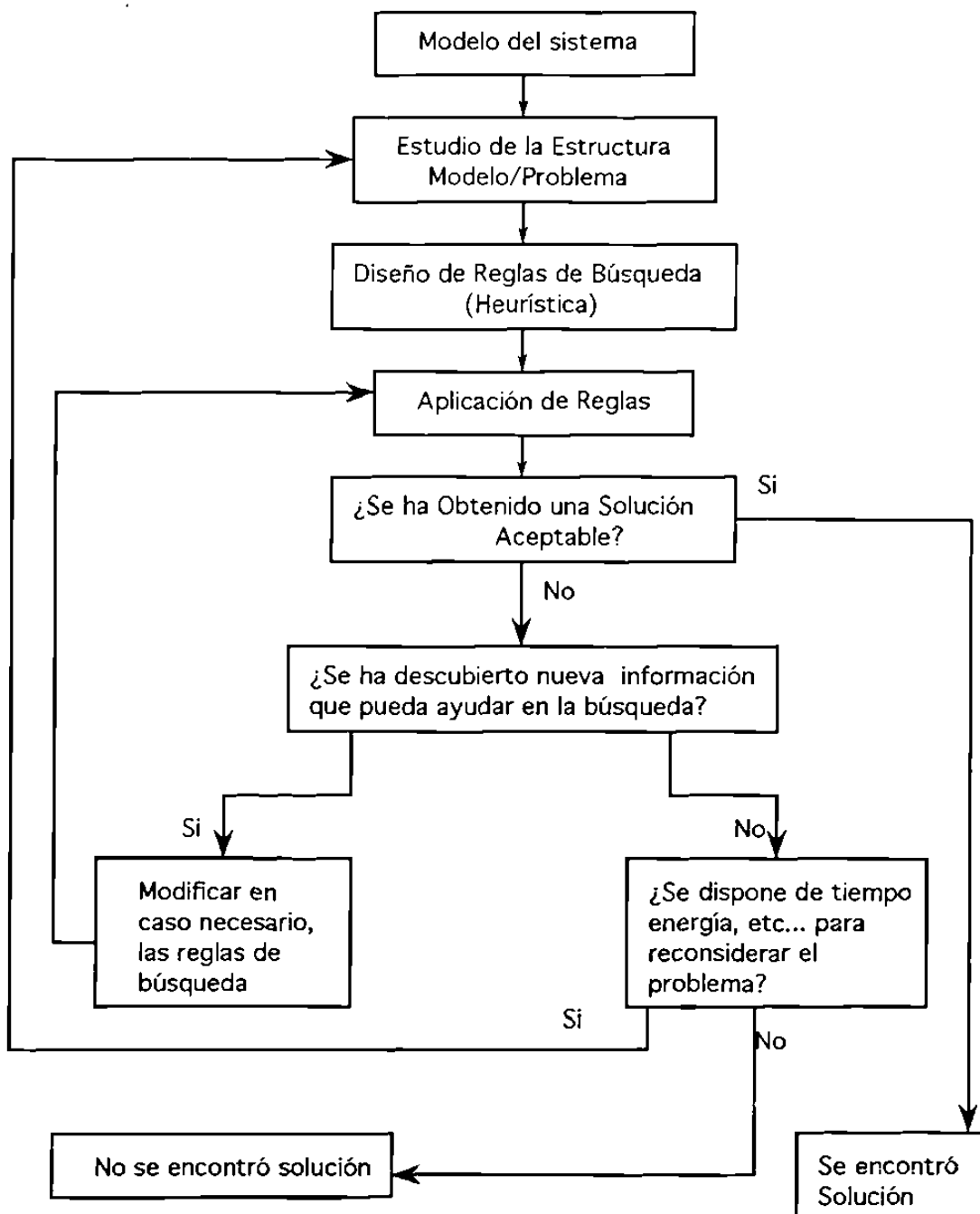
Dado un problema se pueden combinar dos o más estrategias por ejemplo 1 y 3 o 2 y 3, etc.

Al utilizar las estrategias 3 y 4 se deberán especificar todas las condiciones bajo las cuales el procedimiento deberá concluirse como exitoso o abandonarse como un fracaso, esto es, especificar que si después de k intentos o cierto número de tiempo en computadora no se ha llegado a una solución mejor (o factible) entonces abandonar el procedimiento.

En muchos métodos de solución se combinan métodos de optimización con métodos heurísticos. Por ejemplo un subproblema creado por "descomposición" puede resolverse con una técnica de optimización, tal como programación lineal.

7.3 Modelo Heurístico General

Un enfoque Heurístico implica un proceso tal como el que se muestra en el siguiente diagrama.



CAPITULO VIII

ANALISIS DE SENSIBILIDAD EN PROGRAMACION LINEAL

8.1 Análisis de Sensibilidad en Programación Lineal

El método Simplex nos permite optimizar una función objetivo lineal sujeta a un grupo de restricciones lineales.

El análisis de sensibilidad consiste en investigar el efecto que ocasiona sobre la solución óptima, el hecho de que ocurra algún cambio en el problema inicial de programación lineal, como puede ser:

- a) Cambio en los coeficientes de la función objetivo (C_j).
- b) Cambio en los coeficientes de las restricciones (a_{ij}).
- c) Cambio en los Términos independientes de las restricciones (b_i).
- d) Adición de nuevas restricciones.
- e) Adición de nuevas variables.
- f) Cambio en el sentido de las desigualdades.

Esto se debe a que los datos obtenidos para hacer estas estimaciones pueden ser imperfectos, o modificarse a través del

tiempo. Por ejemplo el valor de las b_i se puede establecer por políticas gerenciales, los C_j pueden variar de acuerdo a la inflación y estos valores deben revisarse periódicamente de acuerdo a resultados obtenidos.

Cuando se requiere hacer algunos de los cambios (a_{ij}, b_i, C_j) siempre partimos de la tabla Simplex final (la que dio la solución óptima), y aplicamos análisis de sensibilidad, el cual tiene la ventaja de ahorrarnos tiempo y trabajo, aunque cabe hacer la aclaración de que siempre podemos iniciar el problema desde el principio con el nuevo cambio.

En los siguientes casos se recomienda no usar análisis de sensibilidad y resolver el problema desde el principio:

- i) Si al ocurrir algún cambio en los b_i , y se inicia el análisis de sensibilidad se tiene que uno o más de los valores de la solución óptima son negativos.
- ii) Si al agregar una nueva restricción los valores de la solución óptima no la satisfacen.

8.2 Programación Paramétrica

A diferencia de la sección anterior en que se hace el cambio de un valor constante a otro, el análisis de sensibilidad se puede efectuar de otra forma, esta es, obtener un rango de insensibilidad de los coeficientes a_{ij}, b_i, C_j ; esto significa encontrar un intervalo de variación para cada uno de los coeficientes en el cual sabemos que la solución sigue siendo óptima.

CAPITULO IX

ANALISIS DE SENSIBILIDAD EN ESTUDIOS ECONOMICOS

9.1 Análisis de Sensibilidad en Estudios Económicos

Cuando se hace un estudio económico sobre un determinado proyecto es conveniente hacer el análisis de sensibilidad de uno a más de los criterios económicos Tasa Interna de Rendimiento (TIR), Valor Presente Neto (VPN), etc. con respecto a las variaciones de los parámetros estimados.

Cuando se va a tomar una decisión siempre hay incertidumbre sobre las estimaciones hechas a futuro, es decir requiere de toda la información posible para tomar tal decisión.

El análisis de sensibilidad se aplica a la TIR o al VPN tomando en cuenta los parámetros más inciertos por ejem. el precio unitario de venta de un producto o servicio o el costo directo variable. En el primer caso se calcula el precio unitario de venta a partir del cual la propuesta es económicamente atractiva. En el segundo caso se calcula el porcentaje de aumento en los

costos directos variables que puede soportar el proyecto sin afectar la Tasa de Rendimiento Mínimo Admitido (TREMA).

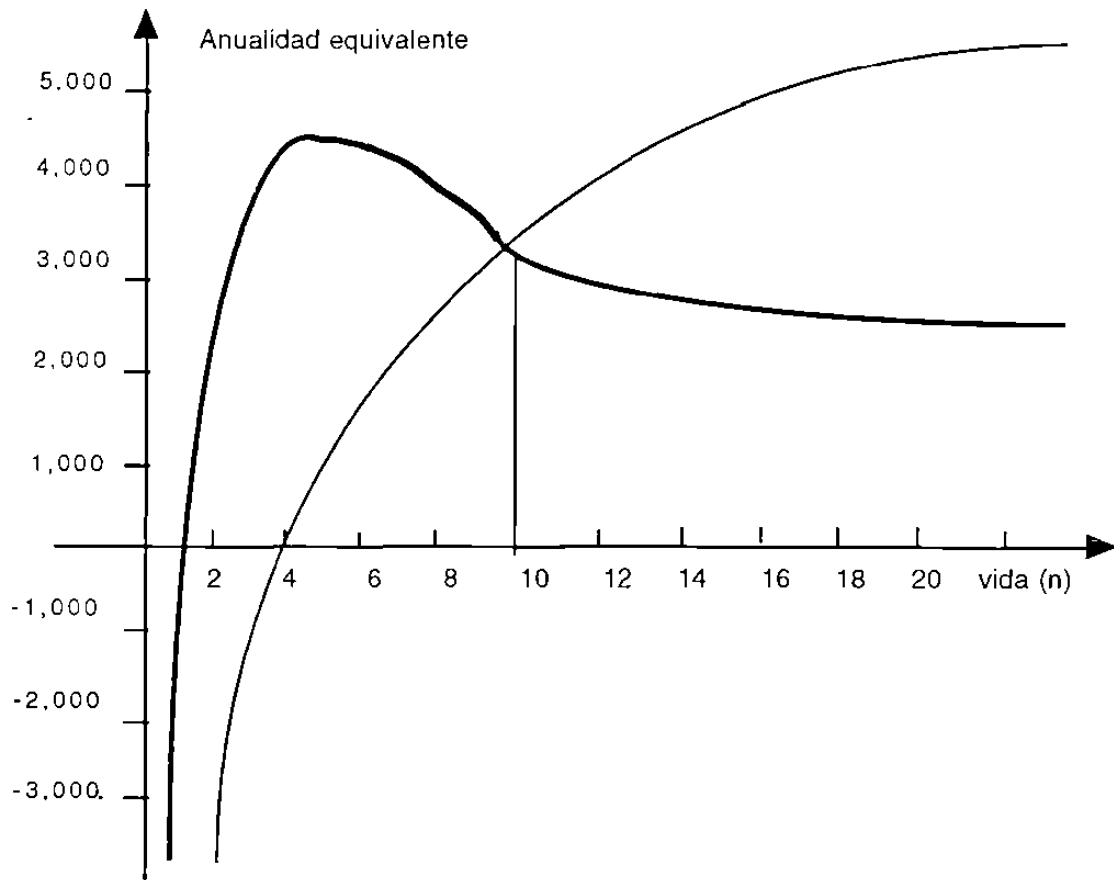
También puede medir la sensibilidad de otros criterios económicos tomado como referencia la vida de una propuesta o el cambio en el nivel de demanda. Por ejemplo; si se tienen dos alternativas de inversión y una tiene mayor costo anual a corto plazo y la otra a largo plazo, entonces se elige de acuerdo a la vida que se espera de la propuesta.

En general el análisis de sensibilidad se utiliza por su fácil entendimiento y su facilidad de aplicación. Y no se recomienda aplicarlo cuando todo o casi todo los parámetros del proyecto de inversión son inciertos (Probabilísticos) en este caso se puede aplicar alguna otra técnica como árboles de decisión, análisis de riesgo, simulación, etc..

Las desventajas del estudio de la sensibilidad son:

- 1) Solo se analiza un parámetro a la vez.
- 2) No proporciona la distribución de probabilidad de la TIR o el VPN para variaciones en los parámetros estimados del proyecto.

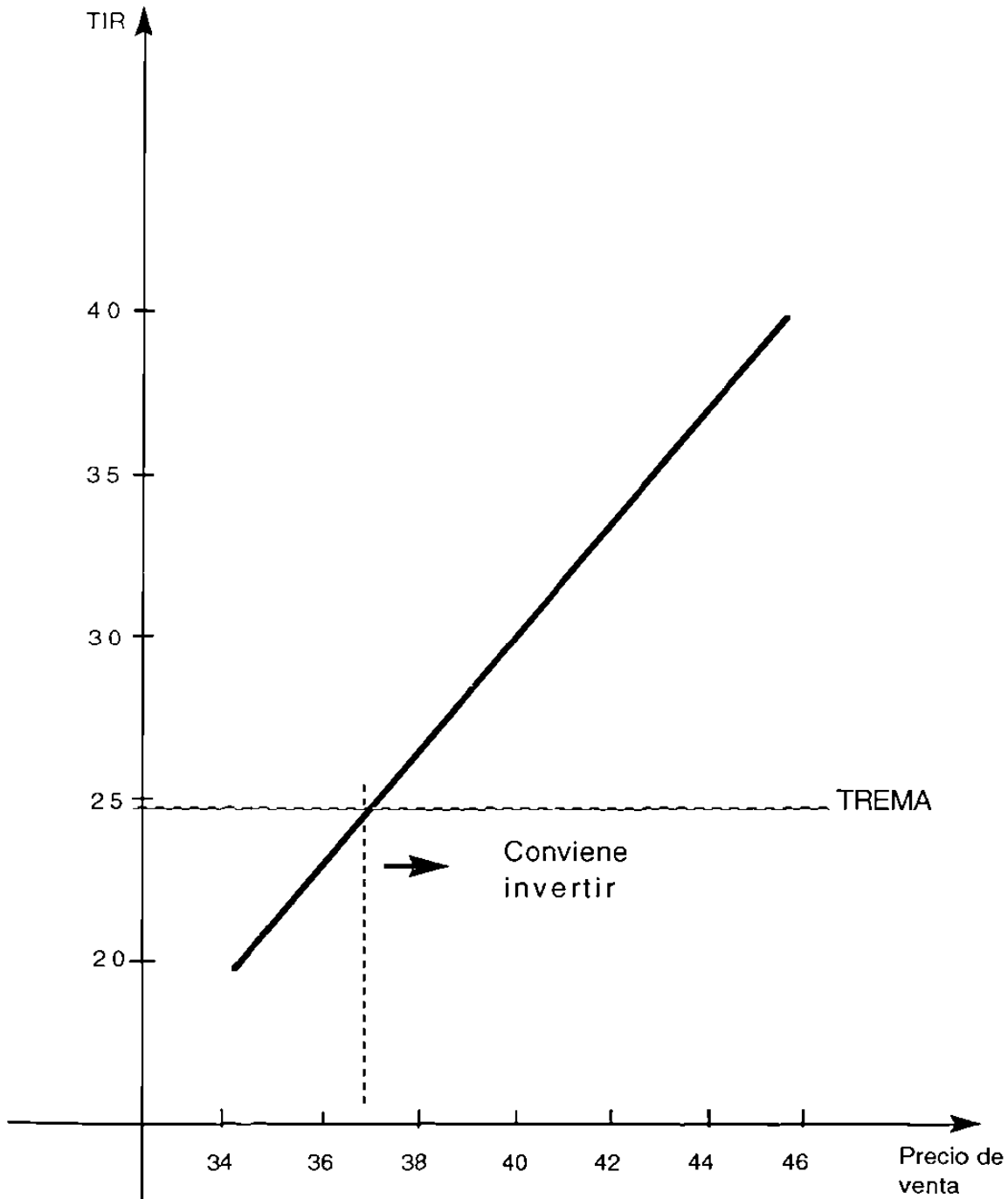
Ver figura A.2, A.3, A.4



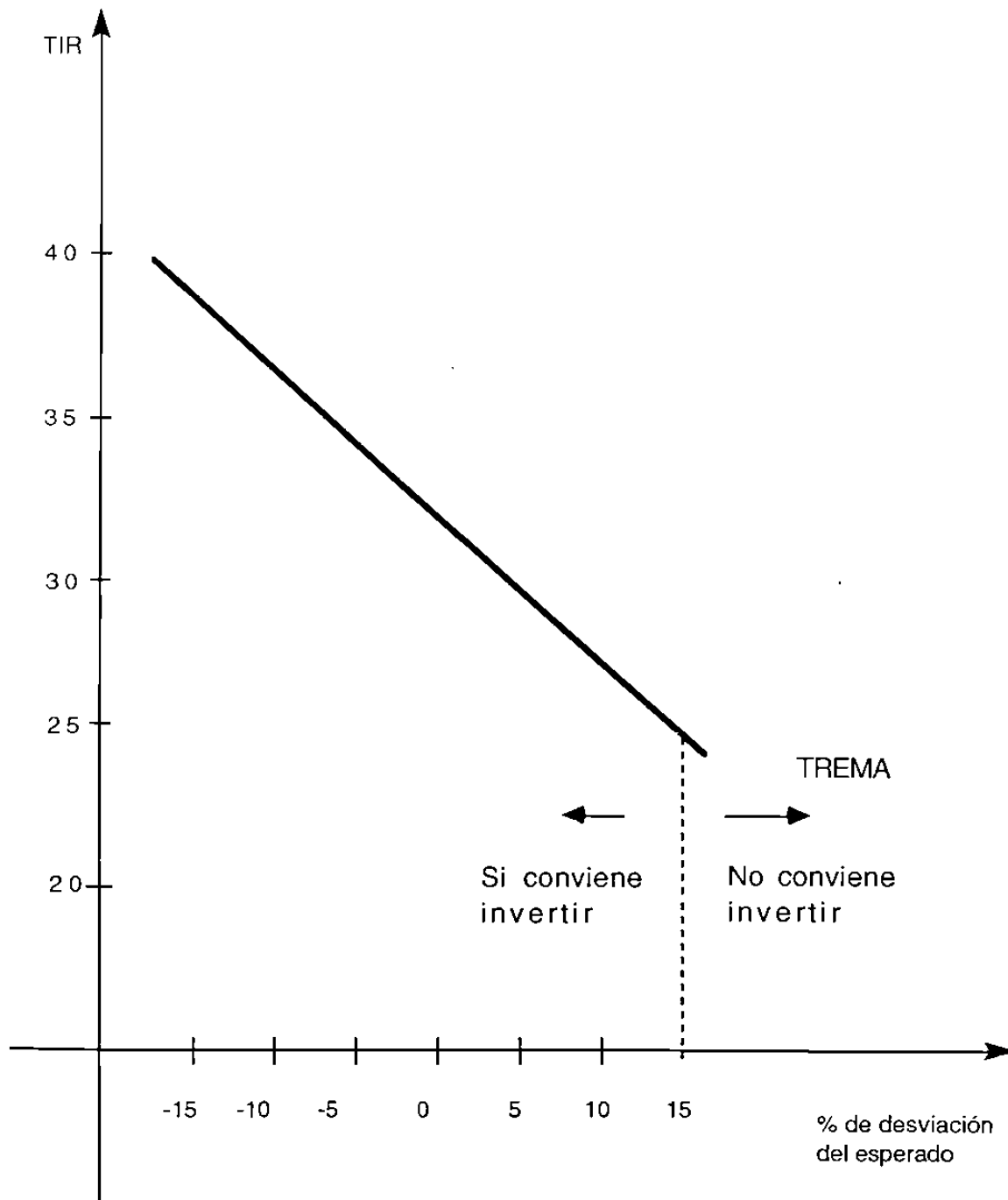
GRAFICA A.2 Sensibilidad de la anualidad a cambios en la vida del servicio

Vida del servicio < 10 conviene alternativa A

Vida del servicio > 10 conviene alternativa B



GRAFICA A.4 Sensibilidad de la TIR a cambios en el precio de venta.



GRAFICA A.3 Sensibilidad de la TIR a variaciones en las estimaciones de los costos directos.

CAPITULO X

PROGRAMACION MATEMATICA PARA LA TOMA DE DECISIONES

10.1 Programación Matemática para la Toma de Decisiones

Un problema de Programación Matemática (también llamada Programación no Lineal) es de la siguiente forma

Optimizar $f(X)$

Sujeto a $h_j(X) = 0 \quad j = 1, 2, 3, \dots, m$

$g_j(X) \geq 0 \quad j = m+1, m+2, \dots, p$

Donde $f(X)$, $h_j(X)$, $g_j(X)$ son funciones continuas y
 $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$, $X_i \in \mathbb{R}$

Estos problemas pueden ser de la siguiente forma:

- 1) Restringidos: Cuando se tienen restricciones (lineales o no lineales)
- 2) No Restringidos: No se tienen restricciones y solo se optimiza la función objetivo (no lineal)
- 3) Continuos: Cuando todas las variables y funciones son continuas.
- 4) Discretos: Cuando alguna de las variables y/o funciones es discreta.
- 5) Diferenciables: Cuando todas las funciones del problema son doblemente diferenciables.
- 6) Con restricciones de igualdad y/o desigualdad.
- 7) Convexas, Cuadráticos, Separables.
- 8) Con una sola variable independiente o con varias variables independientes.

Algunas dificultades con que nos encontramos en la Programación Matemática son:

- La solución óptima no se encuentra siempre en un punto extremo de la región de factibilidad.
- Pueden existir dentro de la región de factibilidad varios óptimos llamados óptimos locales o relativos y se desea obtener el "óptimo global".
- Existen regiones de factibilidad que no son convexas.

Algunas aplicaciones que se le encuentran a estos modelos son, en la asignación de recursos humanos, al diseño de construcción, cotización de proyectos, procesos químicos, ajuste de curvas, etc..

A continuación se mencionan algunas técnicas o métodos para resolver un problema de programación matemática.

I.- Para funciones de una sola variable (problema no restringido)

- Fibonacci -----Función Unimodal
- Sección de Oro -----Función Unimodal
- Interpolación Cúbica ----- Función Multimodal y Diferenciable
- Interpolación Cuadrática - Función Multimodal y Discreta
- Newton-Raphson ----- Función Multimodal y Diferenciable

II.- Para funciones de varias variables (problema no restringido).

- Método de Gradiente- Función Diferenciable
- Método de Powell- ---Función no Diferenciable.

III.- Problema con restricciones.

- Aproximación lineal
- Métodos penales.

IV.- Programación Geométrica. Este método se aplica a problemas restringidos y no restringidos que tienen un alto grado de no linealidad, pero que están representados de cierta forma.

V.- Dentro de la programación no-lineal están incluidas la programación cuadrática, programación estocástica, programación separable, programación convexa, etc..

CASOS

PRACTICOS

CASO 1

COMPAÑIA MANUFACTURA S.A.

(Herramientas Económicas para la
Toma de Decisiones)

La Compañía Manufactura S.A., fabrica una pieza para carro, su objetivo es saber si es mejor comprarla o producirla para esto hay que encontrar la cantidad de pedido que lleva a un costo mínimo anual, además es necesario determinar las cantidades de producción tomando en cuenta que un pedido se recibe en un solo bloque, mientras que un lote de producción se acumula a medida que se fabrica. Supondremos que la demanda del artículo es constante a lo largo del año, el tiempo de preparación de la compra es cero, y que no se permite faltante.

El problema actual es comparar la alternativa de producir con la alternativa de comprar, calculando la cantidad de pedido de costo mínimo y usarla para encontrar los correspondientes valores de Costo Total. El costo mínimo identificará la mejor alternativa.

Los datos con que cuenta el Depto. de Inv. de Operaciones de la Compañía son.:

- 1) Demanda anual es 1,000 unidades.
- 2) Costo por unidad entregada es de \$6.

- 3) Costo de comprar por pedido es \$10.
- 4) Costo de mantener una unidad en inventario durante un año se estima en \$1.32.
- 5) Costo de producción es \$5.90 por unidad (la mano de obra directa, materiales directos, y los gastos generales de fábrica).
- 6) Costo de preparación por lote \$50.
- 7) Producción a una tasa de 6,000 unidades anuales.

Para tomar una decisión se requiere operar económicamente, la experiencia, la intuición y buen juicio se deben complementar y mejorar con técnicas de análisis en las que se utilicen modelos matemáticos.

1° Analizaremos la cantidad económica de compra ocupando la siguiente escritura:

TC = Costo anual Total de adquisición del artículo.

D = Demanda anual de artículo.

N = Número de pedidos en el año.

t = Tiempo entre pedido.

Ci = Costo del artículo por unidad (precio de compra).

Cp = Costo de compra por pedido.

Ch = Costo anual de mantención del artículo (intereses, seguros, impuestos, bodegaje y manejo).

El costo total anual será la sumatoria del costo anual del artículo (IC), del costo de compra (PC) y del costo de mantención en el año (HC). Esto se escribe en la siguiente expresión

$$TC = IC + PC + HC$$

donde $IC = C_i(D)$ $PC = C_p(D)/Q$ $HC = Ch(Q)/2$

Tomando t que empieza con Q unidades y termina totalmente vacío, el intervalo promedio durante el ciclo será $Q/2$.

Por lo tanto $TC = C_i(D) + C_p(D)/Q + Ch(Q)/2$

Encontrando la cantidad de pedido que lleva a un costo mínimo anual diferenciando esta ecuación con respecto a Q e igualando a cero y despejando Q tenemos

$$Q = \sqrt{2C_p(D)/Ch}$$

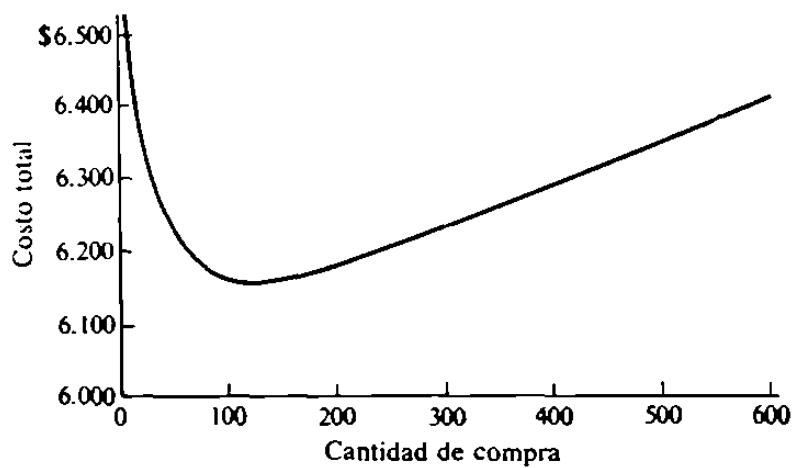
Sustituyendo los datos dados anteriormente tenemos que $Q = 123$ unidades.

Expresando el costo total como función de Q , sustituyendo los costos y diferentes valores de Q en la ecuación de costo total presentando en la tabla 1.1 tal sustitución, de donde el valor tabulado del costo total para $Q = 123$ es el costo mínimo en las condiciones dadas, y en la gráfica 1.1 se representa la curva de costo total como función de Q , (curva de compra)

TABLA 1.1

Cantidad de Compra	Costo Total
50	\$6,233
100	\$6,166
123	\$6,162
150	\$6,165
200	\$6,182
300	\$6,231
400	\$6,289
600	\$6,413

GRAFICA 1.1 Costo total como función de la cantidad de compra



2° Analizaremos la cantidad económica de pedido, ocupando la siguiente escritura:

TC = Costo total anual de suministrar el artículo.

D = Demanda anual del artículo.

N = Número de veces que se produce en el año.

t = Tiempo entre períodos de producción.

Q = Cantidad producida.

Ci = Costo unitario del artículo.(costo de producción)

Cs = Costo de preparación para cada período de producción.

Ch = Costo unitario de mantención (interés, seguros, impuestos, bodegaje, y manejo).

R = Volúmen de producción.

El Costo Total anual será la sumatoria del costo del artículo en el año (IC), del costo de preparación (SC), y del costo de mantención (HC). Dandonos la siguiente expresión

$$TC = IC + SC + HC$$

$$\text{de donde } IC = Ci(D) \quad SC = Cs(D)/Q \quad HC = Ch(R-D)Q/2R$$

$$\text{Por lo tanto } TC = Ci(D) + Cs(D)/Q + Ch(R-D)Q/2R$$

Se puede encontrar la cantidad de producción que lleva a un mínimo costo anual diferenciando con respecto a Q, igualando el resultado a cero y despejando Q, de donde

$$Q = \sqrt{2Cs(D)/[Ch(1-D/R)]}$$

156801

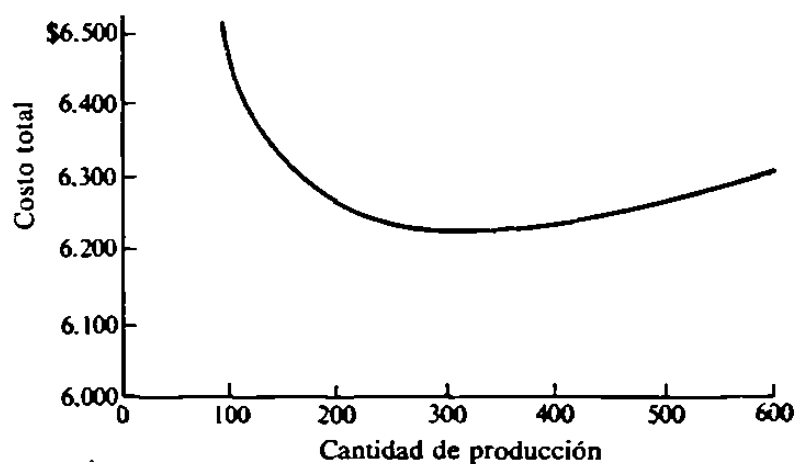
sustituyendo los datos iniciales tenemos que Q = 302 unidades.

El costo total se puede expresar como función de Q sustituyendo los costos y los diferentes valores de Q en la ecuación de costo total. El resultado se presenta en la tabla 1.2, el valor tabulado de costo total para $Q = 302$ es el mínimo que se puede obtener en las condiciones dadas. En la gráfica 1.2 se presenta la curva total como función de Q .

TABLA 1.2

Cantidad de Producción	Costo Total
100	\$6,454
150	\$6,314
200	\$6,258
300	\$6,229
302	\$6,228
400	\$6,241
500	\$6,270
600	\$6,307

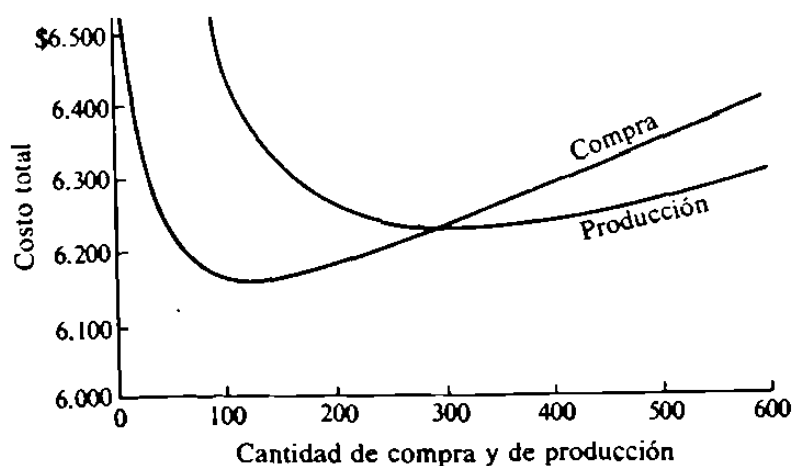
GRAFICA 1.2 Costo Total como función de la cantidad de producción.



Conclusión.

Al sobreponer las gráficas 1.1 y 1.2 se obtiene el resultado que se muestra en la gráfica 1.3

GRAFICA 1.3 El costo total como función de la cantidad de compra y producciones.



Se puede tomar la decisión de Comprar o Producir examinando y comparando el costo mínimo de cada alternativa. En este caso la decisión de comprar es la alternativa de menor costo y producirá un ahorro de \$6,228 - \$6,162 o sea \$66 por año. Si se tomará la decisión con base únicamente en el costo del artículo, se les vendería con pérdida de \$66 anuales.

CASO 2

EMPRESA PETRO

(Arboles de Decisión)

La empresa Petro es una organización que se dedica a la búsqueda de petróleo en los campos petrolíferos de Texas. Su objetivo es perforar pozos y si estos tienen petróleo, venden inmediatamente los derechos de explotación. La compañía cuenta con un geólogo y el Depto. de Investigación de Operaciones que junto con el presidente de la compañía deciden si se perfora un pozo o no. La compañía subcontrata todas las operaciones de perforación y test sísmicos.

El problema actual de la compañía es el siguiente: Petro tiene una opción intransferible a corto plazo para perforar en un cierto lugar (es el único negocio actual). El presidente tiene que decidir si inicia las perforaciones o no perforar y se pierde esta opción.

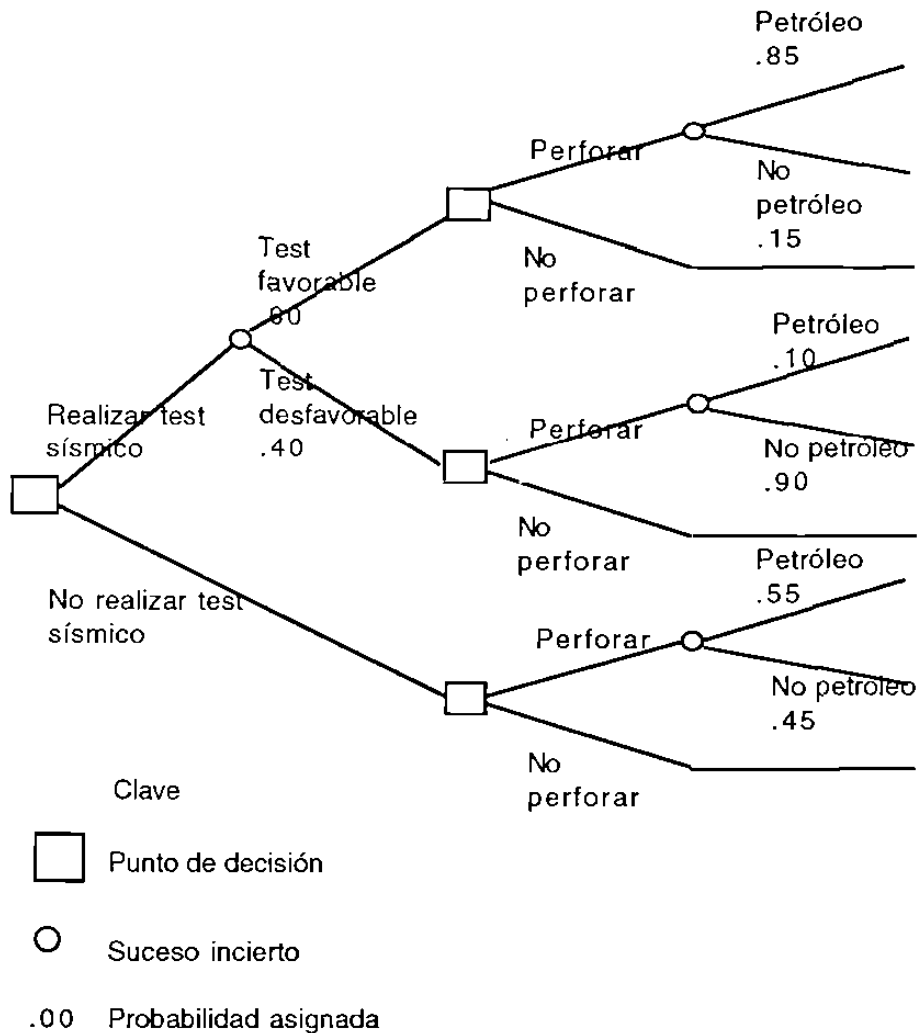
Para tomar una decisión el presidente de la compañía le pide ayuda al gerente del Depto. de Inv.de Operaciones.

Los datos con que cuenta el gerente son los siguientes:

- 1.- Los activos líquidos de Petro son 130,000 dólares.
- 2.- El valor de una prueba sísmica es de 30,000 dólares.
- 3.- El costo de perforación del pozo es de 100,000 dólares.
- 4.- La probabilidad de que haya petróleo es de 0.55 (según el geólogo)
- 5.- Si la prueba sísmica es favorable la probabilidad de encontrar petróleo se eleva a 0.85
- 6.- Si la prueba sísmica es desfavorable la probabilidad de encontrar petróleo baja a 0.10
- 7.- La probabilidad de que el test sísmico marque favorable si se llevo a cabó es de 0.60 (según el geólogo)
- 8.- Una compañía Petrolífera promete que si el pozo tiene petróleo comprará los derechos a Petro por 400,000 dólares.

Para tomar una decisión el presidente lo hará bajo un grado de incertidumbre por lo cual no conviene aplicar Métodos de Inv. de Operaciones, sino hacer un Análisis de Decisión utilizando la Teoría Bayesiana de Decisión y la forma más cómoda es mediante un árbol de decisión. El cual aparece en la gráfica 2.1

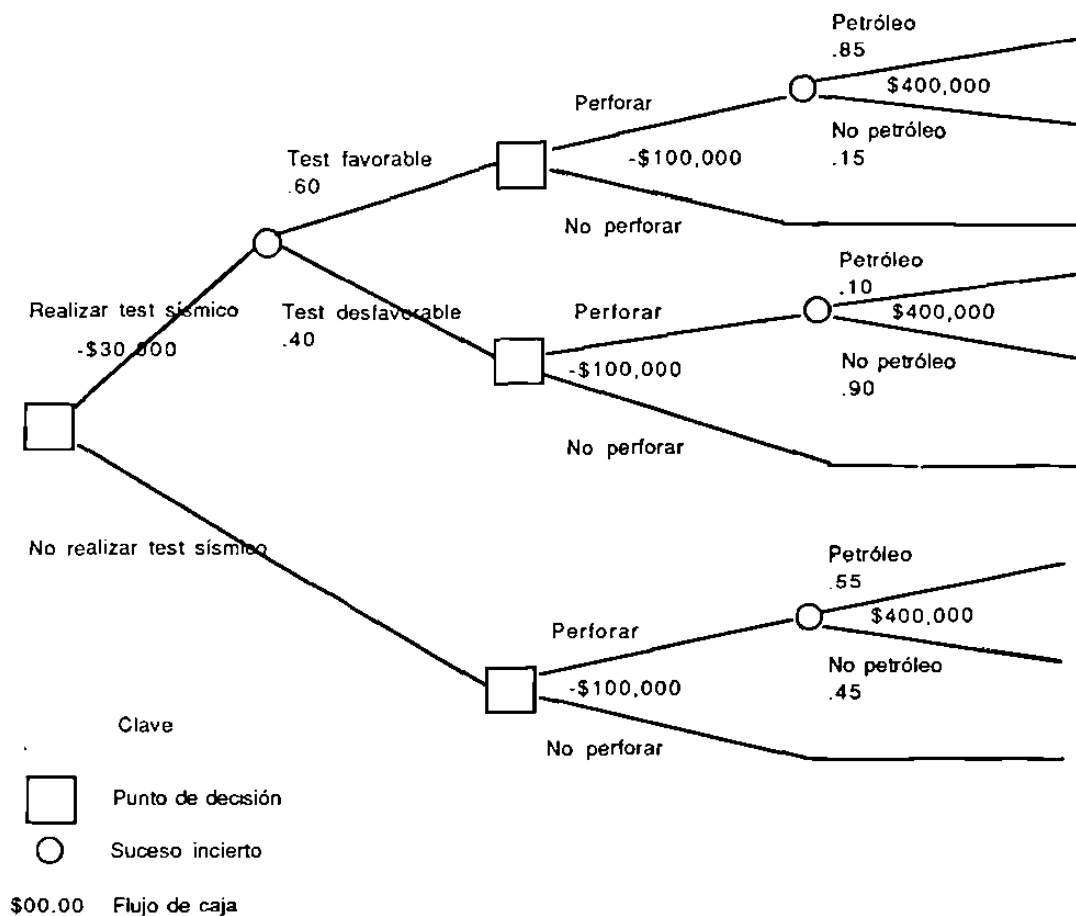
GRAFICA 2.1



El árbol muestra las probabilidades, fundadas en el juicio del geólogo de la compañía, referentes a los diversos acontecimientos

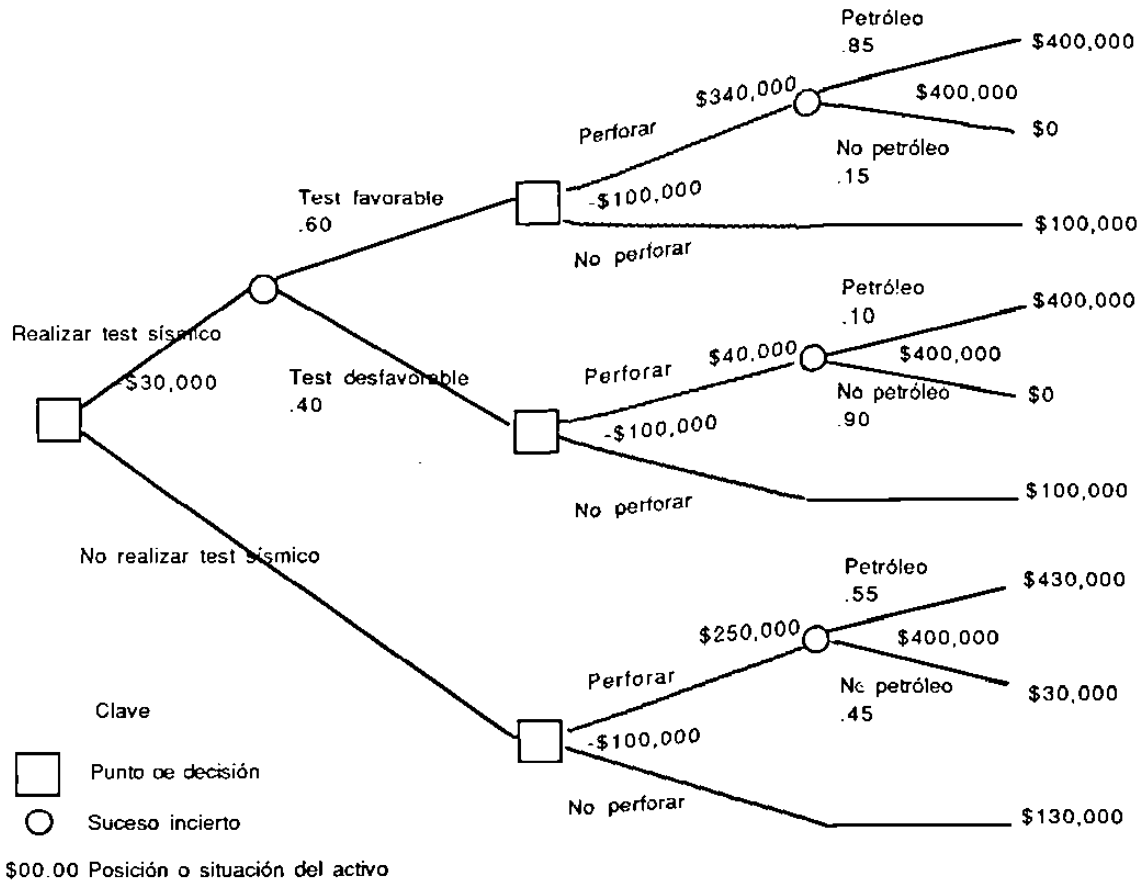
Pasamos ahora a considerar el aspecto numérico. Habiendo trazado ya el diagrama del problema de decisión de que se trate podemos introducir en el diagrama el flujo de caja que se producirá cuando tenga lugar un determinado acontecimiento o realicemos una determinada acción. Lo cual mostramos en la gráfica 2.2.

GRAFICA 2.2



Las nueve proposiciones terminales que aparecen en el árbol representan los puntos finales de 9 secuencias posibles de acciones y acontecimientos. A cada posición terminal corresponde una situación de los activos de las empresas Petro. Podemos obtener las situaciones de los activos sumando los varios flujos de caja que aparecen entre el origen del diagrama y cada una de las posiciones terminales y añadiendo el total a la situación actual del activo de la compañía: 130,000 dólares. El resultado de estos cálculos aparecen en las nueve posiciones terminales de la gráfica 2.3.

GRAFICA 2.3

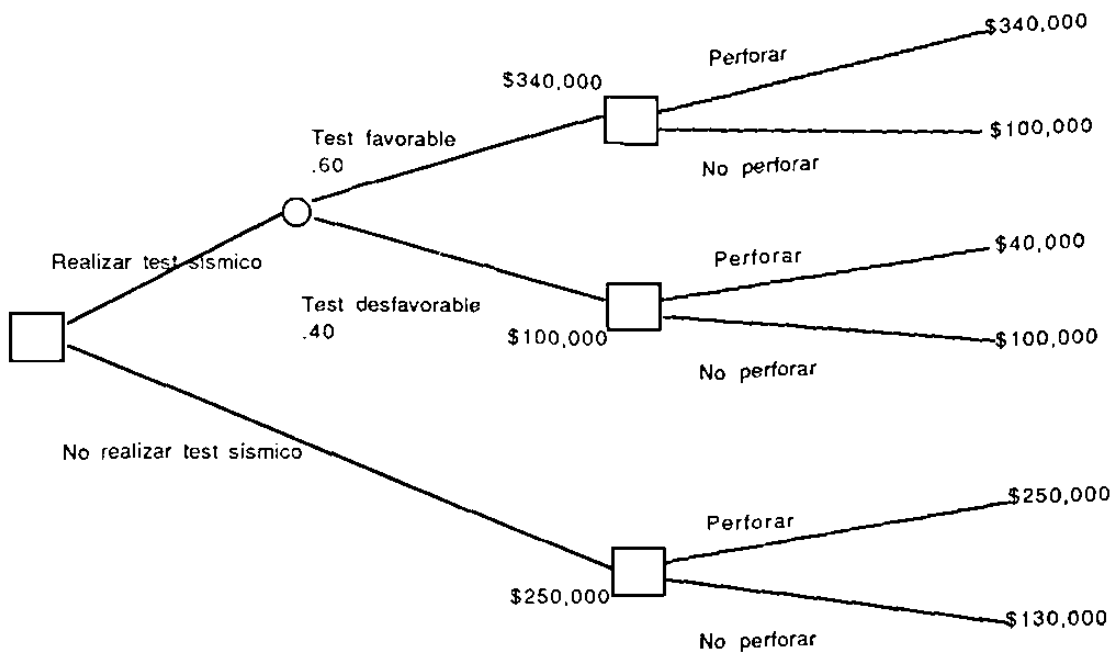


En el presente caso el presidente ha elegido como criterio la situación de sus activos líquidos netos en un momento dado, porque de la situación de sus activos netos depende su capacidad de emprender nuevos prospectos en el futuro. Otros hombres de negocios en otras circunstancias puede ser que elijan como criterio sus ingresos, su flujo de caja neto o cualquier otro. Es obvio que el uso de criterios diferentes puede conducir a la toma de decisiones diferentes en ciertas situaciones.

Las ramificaciones terminales que aparecen en la gráfica 2.3 son ramificaciones de acontecimientos que representan la incertidumbre con respecto a los resultados de la perforación. En cada ramificación terminal calculamos el valor esperado de la situación de los activos de la compañía, que es, simplemente, la media ponderada de las cifras que aparecen en las posiciones de la ramificación de acontecimientos de que se trate.

Un análisis basado en la esperanza matemática implica que el presidente aceptaría la certeza de tener 340,000 dólares en su activo en vez de una posibilidad de 0.85 de obtener 400,000 dólares juntamente con una posibilidad de 0.15 de quedarse con (0) dólares de su activo. De hecho, puesto que cada ramificación de acontecimientos que aparece al final del diagrama hemos convenido que es equivalente a su esperanza matemática, podemos ahora eliminar todas las ramificaciones de acontecimientos que aparecen al final del árbol y poner en su lugar sus esperanzas matemáticas. Así nos quedamos con el diagrama reducido que aparece en la gráfica 2.4.

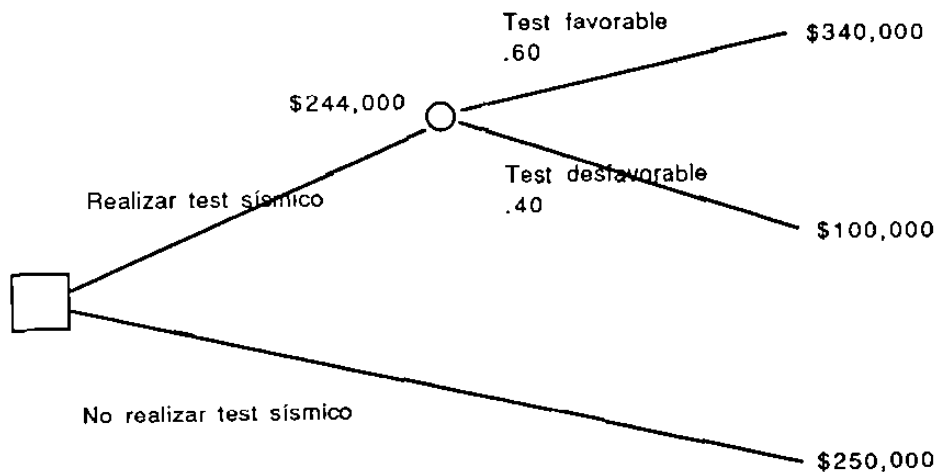
GRAFICA 2.4



Ahora las ramificaciones que aparecen al final del árbol (ramificaciones terminales) son ramificaciones de acciones en las que el presidente tiene que decidir entre perforar y no perforar. Si lo que pretende es maximizar su esperanza matemática, su decisión es fácil simplemente escogerá el acto que muestre el valor esperado más alto. Por ejemplo, si se ha realizado la prueba sísmica con resultado positivo habrá de elegir entre perforar con una esperanza matemática de \$340,000, o no perforar, con una esperanza matemática de \$100,000. Es obvio que el presidente decidirá perforar. Así pues, si él se encontrase eventualmente en la posición del diagrama que indica que se ha realizado el test con resultado positivo, sabemos que decidirá perforar y espera acabar con una posición de sus activos cuyo valor esperado es \$340,000. Un vez que se hayan puesto los resultados de las demás decisiones

semejantes en la base de cada una de las ramificaciones terminales de acciones en la gráfica 2.4 podemos poner en vez de cada una de estas ramificaciones la esperanza matemática que le es equivalente, como aparece en la gráfica 2.5.

GRAFICA 2.5

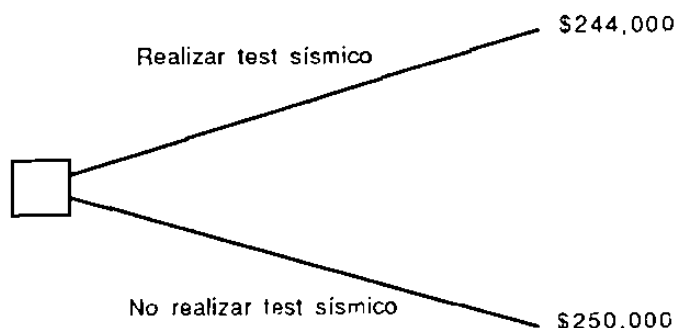


Nos enfrentamos ahora con el problema de reducir la ramificación de acontecimientos que representa los posibles resultados de la prueba sísmica. El procedimiento de acontecimientos; tomamos la esperanza matemática de los números que aparecen en las posiciones terminales en ese caso, \$244,000 (es decir, $0.60 \times \$340,000 + 0.40 \times \$100,000$).

Después de poner el valor esperado de las posiciones terminales en vez de la ramificación de acontecimientos que representa el test sísmico, nos quedamos solo con la ramificación de acciones que aparecen en la gráfica 2.6. La decisión que se nos presenta ahora es fácil; puesto que \$250,000 es más que

\$244,000, el presidente no debe decidir que su compañía haga realizar el test sísmico. En vez de ello, debe perforar inmediatamente.

GRAFICA 2.6



De hecho, no hace falta dibujar de nuevo el árbol después de haber reducido cada ramificación a su valor esperado, como hemos hecho para explicar mejor el proceso de las gráficas 2.4 y 2.5. Podemos limitarnos a escribir la adecuada esperanza matemática en la base de cada ramificación de acontecimientos y proceder entonces a tachar o eliminar la rama o ramas no escogidas.

Conclusión.

Por supuesto al presidente le agradaría que el valor esperado de sus activos si perforase inmediatamente fuera de \$250,000 mucho mayor que si no hiciese nada y permaneciese con \$130,000 dólares seguros en un activo. Igualmente le agradaría muchísimo si encontrase petróleo y acabase con \$430,000 en su activo. Sin embargo le preocupa bastante el hecho de que exista

una probabilidad de 0.45 de terminar con sólo \$30,000 dólares, lo que representaría prácticamente acabar sus oportunidades en este negocio.

(Esta posibilidad aparece resumida en la gráfica 2.3 en la que a continuación de la acción de perforar sin haber realizado la prueba sísmica aparece una probabilidad de 0.45 de no encontrar petróleo puesto que el costo de perforar es \$100,000 dólares, los activos de la compañía se ven reducidos en tal cantidad).

El presidente estudia la posible estrategia "Realizar la prueba sísmica y perforar solo si da resultado positivo". Aunque tiene un valor esperado ligeramente menor (de \$244,000 en vez de \$250,000) él se da cuenta de que la posibilidad de acabar con un activo muy pequeño se ve reducida considerablemente, de 0.45 pasa a ser 0.09 (es decir 0.60×0.15). Su intuición le dice que debería hacer realizar la prueba sísmica pero este análisis de decisión le dice que se equivoca.

El presidente piensa que ha estimado correctamente las consecuencias en términos económicos de los varios acontecimientos posibles. Piensa además que las probabilidades que ha empleado en su análisis representan su verdadero juicio sobre la probabilidad de que tales acontecimientos se produzcan de hecho.

Podríamos ver que la estrategia "No realizar el test sísmico-Perforar Inmediatamente" presenta las probabilidades de 0.55 de ganar \$300,000 y una probabilidad de 0.45 de perder \$100,000.

Podemos comparar esta estrategia con la estrategia "Relizar el test sísmico-si resulta favorable, perforar, y si no, no perforar" que presenta una probabilidad de 0.40 de perder \$30,000, una probabilidad de 0.09 (es decir, 0.60×0.15) de perder \$130,000 y una probabilidad de 0.51 (es decir, 0.60×0.85) de ganar \$270,000, y con otras estrategias posibles más.

Se comparan entonces la distribución de resultados asociados a las diversas estrategias y empleando un criterio determinado se toma una decisión.

CASO 3

UN PROBLEMA BANCARIO

(Lineas de Espera-Simulación)

Un Banco Local desea implementar una nueva política de atención al cliente basado en los siguientes criterios:

- 1.- Eficiencia del pagador o cajero (80% a 90%).
- 2.- Tiempo de espera del cliente menor o igual a 3 minutos.

Para lograr implantar los criterios anteriores se hicieron algunas observaciones durante un lapso de 82 días y estos son los resultados obtenidos:

- 1.- El tiempo promedio de servicio por cliente es de 45 seg. y no varía durante el día.
- 2.- La demanda y el tiempo promedio entre llegadas varía con la hora del día (ver tabla 3.1).

Tabla 3.1

Tabla de tasas promedio de llegadas de clientes.

Días Hora	Normales		Congestionadas		Supercongestionados	
	Número total de llegadas	Tasa pro- medio de llegadas	Número total de llegadas	Tasa pro- medio de llegadas	Número total de llegadas	Tasa pro- medio de llegadas
8.00- 8.30	803	19	625	22	331	25
8.30- 9.00	919	22	758	27	418	32
9.00- 9.30	2580	63	2033	72	1228	94
10.00-10.30	2599	63	2237	80	1382	106
10.30-11.00	1870	70	2283	82	1337	103
11.00-11.30	3384	83	2625	94	1577	121
11.30-12.00	4548	111	4060	145	2325	179
12.00-12.30	5804	142	5329	190	2908	224
12.30- 1.00	5351	131	4923	176	2724	210
1.00- 1.30	4355	106	3983	142	2271	175
1.30- 2.00	3632	89	3150	113	1991	153
2.00- 2.30	2321	57	2012	72	1282	99
2.30- 3.00	1935	47	1960	70	1206	93
3.00- 3.30	2151	52	2064	74	1250	96
3.30- 4.00	2115	52	2238	80	1328	102
4.00- 4.30	2291	55	2340	84	1346	104
4.30- 5.00	2054	50	2191	78	1216	93
5.00- 5.30	1598	39	1763	63	924	71

Total de días normales=41, total de días congestionados=28, total de días supercongestionados=13.

* El número total de llegadas se divide entre el número de días para obtener la tasa promedio de llegadas.

Para resolver este caso se pensó en hacer un análisis matemático del problema utilizando líneas de espera (una cola, un servidor población infinita; una cola, servidores múltiples población infinita; etc.) pero encontramos un programa computacional en lenguaje C que utiliza simulación y nos proporciona la eficiencia del cajero y el tiempo de espera del cliente.

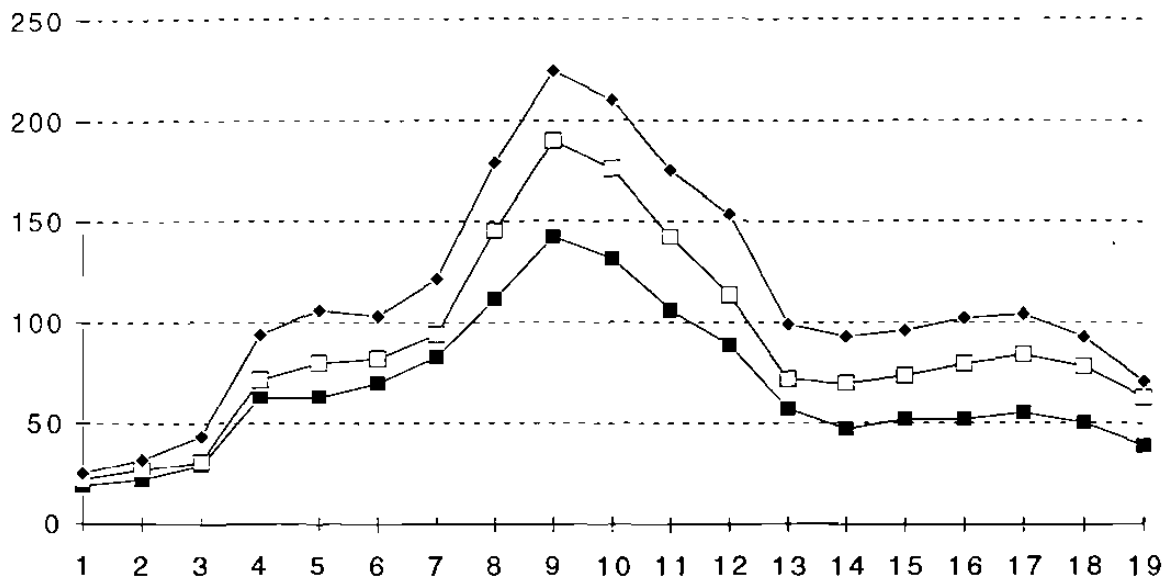
Se anexan los resultados: primero una gráfica (figura 3.1) que compara la tasa promedio de llegadas para los tres tipos de días, enseguida los resultados de la simulación, en donde se observa en la primera columna, número de cajeros, segunda columna tiempo del cliente en la línea y tercera columna el porcentaje de utilización de los cajeros, enseguida una gráfica de barras (figura 3.2) que nos muestra los resultados de el número de cajas a utilizarse, durante el día cada media hora y el programa de simulación de cajas.

BANCO LOCAL

TASA PROMEDIO DE LLEGADAS

GRAFICA 3.1

PROMEDIO DE LLEGADAS



HORA

NORMAL

 CONGESTIONADO

 SUPER-CONGESTIONADO

SIMULACION DE CAJAS, UN PROBLEMA BANCARIO * REEUL ALDS *

Hora: 8:00-8:30

Cajeros :	1	tq=	312.30	p=57.42%
Cajeros :	2	tq=	32.83	p=31.76%

Hora: 8:30-9:00

Cajeros :	1	tq=	473.18	p=72.84%
Cajeros :	2	tq=	38.65	p=33.50%

Hora: 9:00-9:30

Cajeros :	1	tq=	730.94	p=80.74%
Cajeros :	2	tq=	63.57	p=42.26%
Cajeros :	3	tq=	10.08	p=29.58%

Hora: 9:30-10:00

Cajeros :	1	tq=	3057.38	p=97.86%
Cajeros :	2	tq=	841.36	p=89.01%
Cajeros :	3	tq=	126.03	p=68.26%
Cajeros :	4	tq=	26.29	p=51.92%

Hora: 10:00-10:30

Cajeros :	1	tq=	3092.28	p=98.22%
Cajeros :	2	tq=	1171.63	p=90.56%
Cajeros :	3	tq=	178.44	p=69.05%
Cajeros :	4	tq=	40.33	p=53.47%

Hora: 10:30-11:00

Cajeros :	1	tq=	3243.44	p=98.73%
Cajeros :	2	tq=	1015.89	p=94.34%
Cajeros :	3	tq=	237.78	p=77.59%
Cajeros :	4	tq=	42.02	p=57.48%

Hora: 11:00-11:30

Cajeros :	1	tq=	3398.90	p=98.84%
Cajeros :	2	tq=	1621.19	p=97.03%
Cajeros :	3	tq=	412.70	p=84.58%
Cajeros :	4	tq=	87.24	p=67.64%
Cajeros :	5	tq=	25.14	p=54.44%

Hora: 11:30-12:00

Cajeros :	1	tq=	4194.37	p=94.43%
Cajeros :	2	tq=	2548.12	p=93.51%
Cajeros :	3	tq=	1539.45	p=95.91%
Cajeros :	4	tq=	571.05	p=85.42%
Cajeros :	5	tq=	136.89	p=76.32%
Cajeros :	6	tq=	74.73	p=66.84%
Cajeros :	7	tq=	13.55	p=54.57%

Hora: 12:00-12:30

Cajeros :	1	tq=	4355.08	p=88.21%
Cajeros :	2	tq=	3127.81	p=86.52%
Cajeros :	3	tq=	2095.68	p=86.92%
Cajeros :	4	tq=	961.68	p=82.12%
Cajeros :	5	tq=	423.34	p=76.01%
Cajeros :	6	tq=	181.70	p=73.36%
Cajeros :	7	tq=	33.12	p=52.47%

Hora: 12:30-1:00

Cajeros :	1	tq=	4385.44	p=99.45%
Cajeros :	2	tq=	3296.43	p=99.11%
Cajeros :	3	tq=	2119.59	p=98.27%
Cajeros :	4	tq=	1091.35	p=95.86%
Cajeros :	5	tq=	462.12	p=84.87%
Cajeros :	6	tq=	141.75	p=75.93%
Cajeros :	7	tq=	37.65	p=65.15%

Hora: 1:00-1:30

Cajeros :	1	tq=	4294.97	p=99.42%
Cajeros :	2	tq=	2558.40	p=98.62%
Cajeros :	3	tq=	1525.43	p=95.32%
Cajeros :	4	tq=	719.44	p=88.35%
Cajeros :	5	tq=	206.67	p=72.87%
Cajeros :	6	tq=	61.41	p=62.20%
Cajeros :	7	tq=	12.81	p=54.24%

Hora: 1:30-2:00

Cajeros :	1	tq=	3820.20	p=99.34%
Cajeros :	2	tq=	2066.53	p=97.44%
Cajeros :	3	tq=	707.86	p=89.35%
Cajeros :	4	tq=	350.99	p=77.75%
Cajeros :	5	tq=	91.41	p=61.41%
Cajeros :	6	tq=	12.94	p=50.16%

Hora: 2:00-2:30

Cajeros :	1	tq=	2690.65	p=98.16%
Cajeros :	2	tq=	863.27	p=87.59%
Cajeros :	3	tq=	190.69	p=67.46%
Cajeros :	4	tq=	27.20	p=47.63%

Hora: 2:30-3:00

Cajeros :	1	tq=	2834.78	p=96.72%
Cajeros :	2	tq=	649.23	p=80.38%
Cajeros :	3	tq=	194.15	p=58.33%
Cajeros :	4	tq=	25.57	p=45.58%

Hora: 3:00-3:30

Cajeros :	1	tq=	2654.80	p=98.08%
Cajeros :	2	tq=	804.13	p=84.21%
Cajeros :	3	tq=	123.44	p=63.19%
Cajeros :	4	tq=	32.86	p=49.17%

Hora: 3:30-4:00

Cajeros :	1	tq=	2580.44	p=97.47%
Cajeros :	2	tq=	918.11	p=84.57%
Cajeros :	3	tq=	135.98	p=67.64%
Cajeros :	4	tq=	29.43	p=47.85%

Hora: 4:00-4:30

Cajeros :	1	tq=	3034.84	p=98.56%
Cajeros :	2	tq=	1081.40	p=91.51%
Cajeros :	3	tq=	193.00	p=70.06%
Cajeros :	4	tq=	45.56	p=54.94%

Hora: 4:30-5:00

Cajeros :	1	tq=	2880.89	p=97.57%
Cajeros :	2	tq=	766.69	p=82.14%
Cajeros :	3	tq=	140.87	p=63.39%
Cajeros :	4	tq=	38.23	p=51.48%

Hora: 5:00-5:30

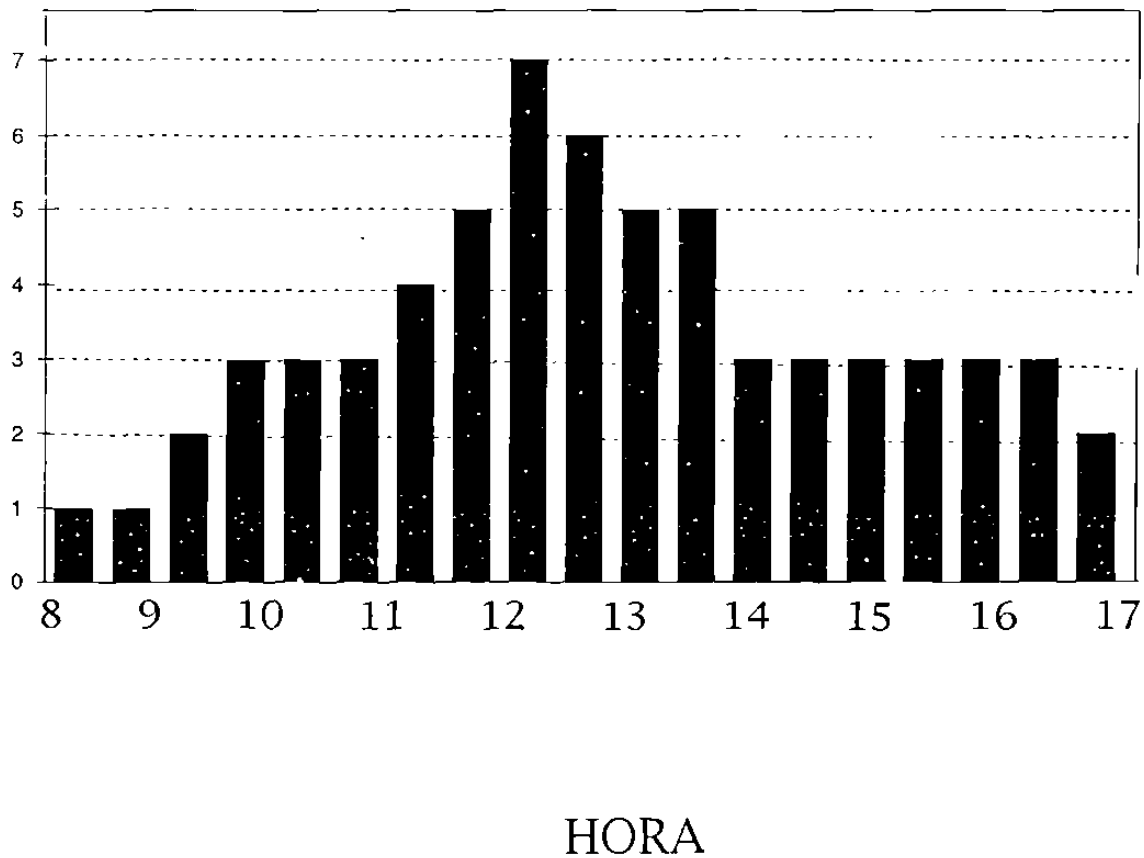
Cajeros :	1	tq=	1999.17	p=94.37%
Cajeros :	2	tq=	354.45	p=71.91%
Cajeros :	3	tq=	47.35	p=49.91%

BANCO LOCAL

NUMERO DE CAJAS

GRAFICA 3.2

CAJAS ACTIVAS



■ NORMAL

Conclusiones.

El análisis de los resultados nos arroja lo siguiente: como las restricciones son bastante fuertes no se pueden cumplir ambas, si se inclina el gerente por mantener el tiempo de espera en tres minutos, tiene que ceder en la restricción de tiempo de operación del cajero dejándolo en un rango de ocupación más bajo, si lo hace así entonces:

Tabla 3.2 NUMERO OPTIMO DE CAJEROS EN SERVICIO

Horario	# de cajas	Horario	# de cajas
8.00- 8.30	1	12.30-13.00	6
8.30- 9.00	1	13.00-13.30	6
9.00- 9.30	2	13.30-14.00	5
9.30-10.00	3	14.00-14.30	3
10.00-10.30	3	14.30-15.00	3
10.30-11.00	3	15.00-15.30	3
11.00-11.30	4	15.30-16.00	3
11.30-12.00	5	16.00-16.30	3
12.00-12.30	7	16.30-17.00	3
		17.00-17.30	2

Este arreglo de cajas en servicio proporciona un excelente servicio a clientes en las horas pico, esto ayudará a mejorar la imagen del banco, y aunque se trabajó pensando en una sola fila, se puede informar al público del corto tiempo de espera.

```

/*          SIMULACION CASO: PROBLEMA BANCARIO          */

#include <math.h>
#include <conio.h>
#include <stdlib.h>

#define TRUE 1
#define FALSE 0

#define DIAS 50
#define MAX_SERV 12
#define READY 0
#define BUSY 1

#define NSERV 12
int interv_serv[] = {5,15,25,35,45,55,65,75,85,95,105,115};
int obs_serv [] = {5,59,60,50,31,27,31,12,15,8,5,2};
double prob_serv [NSERV];

#define NLLEG 31
int interv_lleg[] = {0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,
16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30};
int obs_lleg[] = {66,48,34,25,25,20,22,20,20,21,12,20,12,6,
9,10,6,5,4,6,6,1,1,5,2,2,3,1,2,0,2};
double prob_lleg[NLLEG];

float prom_lleg=1800.0/8.4;

char *hora[] = {"8:00","8:30","9:00","9:30","10:00","10:30",
"11:00", "11:30","12:00","12:30","1:00","1:30","2:00","2:30",
"3:00","3:30","4:00","4:30","5:00","5:30"};
int prom_dia[3][19] = {
{19,22,29,63,63,70,83,111,142,131,106,89,57,47,52,52,
55,50,39}, {22,27,31,72,80,82,94,145,190,176,142,113,
72,70,74,80,84,78,63}, {25,32,44,94,106,103,121,179,
224,210,175,153,99,93,96,102,104,93,71}};

int tipo_dia[] = {0,1,2};
char *msg_dia[] = {"Normal","Congestionado",
"Super-congestionado"};
double ptipo_dia[] = {0.5,0.3414634,0.1585366};

long tot_tq,tot_ctes,tot_p;
double tq,p;

```

```

void main(void)
{
    int h;
    for (h=0;h<19;++h){
        clrscr();
        gotoxy(11,1);printf("SIMULACION DE CAJAS,UN PROBLEMA BANCARIO");
        gotoxy(8,3);printf("Hora: %s-%s",hora[h],hora[h+1]);
        simula(h);
        getch();
    }
}

simula (int hora)
{
    int serv,tot,i;

    for(tot=i=0; i<NLLEG; tot+=obs_lleg[i++]);
    for(i=0;i<NLLEG; ++i) prob_lleg[i] = (double)obs_lleg[i]/(double)tot;
    for(tot=i=0; i<NSERV; tot+=obs_serv[i++]);
    for(i=0;i<NSERV; ++i) prob_serv[i] = (double)obs_serv[i]/(double)tot;

    printf("\n");
    for(serv=1;serv<MAX_SERV;++serv){
        printf("\n          Cajeros : %2d",serv);
        sim_dia(hora,serv);
        printf("    tq=%10.2f          p=%5.2f%%",tq,100*p);
        if(tq<60.0) break;
    }
    return;
}

sim_dia(int h,int s)
{
    int dia,tdia;

    tot_ctes = tot_tq = tot_p = 0L;
    for(dia = 0;dia<DIAS;++dia) {
        tdia = dist_tabular(tipo_dia,ptipo_dia);
        analiza_dia(h,s,tdia);
    }

    tq = (double)tot_tq / (double)tot_ctes;
    p=tot_p/(DIAS*1800.0*s);
    return;
}

analiza_dia(int h,int s,int tipo){
    int seg=30*60; /* Media hora */
    int i,j,lq=0,ls=0; /* Longitud de cola,longitud del sistema*/

```

```

int t_serv[MAX_SERV],status[MAX_SERV];
int t_lleg,num_ctes;

for(i=0;i<s;++i){
t_serv[i]=0;
status[i]=READY;
}

t_lleg=0;
while(seg>0){
if(!t_lleg){
for(num_ctes=0;
(t_lleg=dist_tabular(interv_lleg,prob_lleg))==0;
num_ctes++);
t_lleg=prom_lleg*t_lleg/prom_dia[tipo][h];
lq+=num_ctes;
ls+=num_ctes;
tot_ctes+=num_ctes;
}

for(i=0;i<s;++i){ /*Para cada servidor */
if(status[i]==BUSY){ /* Si esta ocupado */
if(t_serv[i]<=0){ /*Si termino,sale */
ls--;
status[i]=READY;
}
tot_p++;
}

if(status[i]==READY && lq){ /*Si hay fila,atender */
t_serv[i]=dist_tabular(interv_serv,prob_serv);
status[i]=BUSY;
lq--;
}
}

if(lq) /* Si quedo fila por atender */
tot_tq+=lq;
if (!--t_lleg) {
++lq;
++ls;
}
seg--;

for(j=0;j<s;++j)
t_serv[j]--;
/* gotoxy(10,5);
printf("%d %d %1d %1d,lq,ls,tot_ctes,tot_tq);*/

}
return;

```

```
    }  
dist_tabular(int *aa, double *prob)  
{  
    int i;  
    double aleat;  
  
    aleat = (double)rand()/(double)RAND_MAX;  
  
    for(i=0;i<30;i++) {  
        if(aleat < prob[i]) break;  
        aleat -= prob[i];  
    }  
  
    return aa[i];  
}
```

CASO 4

COMPAÑIA EXCEL

(Simulación de Sistemas de Inventarios)

La compañía EXCEL distribuye solo un artículo y desea saber cuantos artículos debe tener en inventario para los próximos n meses. Los pedidos los hace la compañía al principio de cada mes despues de recibir el nivel de inventario.

Para calcular la cantidad de artículos que debe pedir por mes, se obtiene información de los archivos y se concluye lo siguiente:

- 1.- El tiempo entre la demanda es una variable aleatoria con media 0.1 meses.
- 2.- La demanda D es una variable aleatoria que se distribuye de la siguiente manera:

$$P(D) = \begin{cases} 1/6 & \text{si } D = 1 \\ 1/3 & \text{si } D = 2 \\ 1/3 & \text{si } D = 3 \\ 1/6 & \text{si } D = 4 \end{cases}$$

3.- Costo de un pedido = $k + iz$ donde k = costo de colocar = \$32,
 i = costo de cada artículo ordenado = \$3, z = cantidad de
 artículos pedidos (si $z=0$ no se incurre en costo).

4.- El tiempo de entrega (t_e) de cada pedido es una variable
 aleatoria con distribución uniforme

$$P(t_e) = \frac{1}{b - a} \quad a \leq t_e \leq b.$$

5.- La cantidad de artículos ordenados z , esta dada por:

$$Z = \begin{cases} S - I & \text{si } I < s \\ 0 & \text{si } I \geq s \end{cases}$$

I = nivel de inv.
al principio
del mes

(artículos
ordenar)

Donde (s, S) es el mínimo y máximo de productos en bodega.

6.- También se tienen los siguientes costos:

Costo de mantener $h = \$1.00$ por artículo. Costo de reserva de
 pedidos pendientes $p_i = \$5.00$. Donde costo de mantener
 incluye: renta de bodega o almacén, seguros, impuestos,
 mantenimiento, etc. y el costo de reserva incluye: costo de
 mantener records extras como también en pérdida de la
 buena voluntad del cliente.

Existen Métodos Analíticos para resolver este problema pero se consiguió un programa en lenguaje C de simulación de Inventarios.

Suponiendo que el nivel inicial de inventarios es $I(0) = 60$ y que no hay ordenes pendientes. Simularemos el sistema de inventario para $n = 120$ meses y usaremos el costo total promedio por mes (que es la suma del promedio de costo de ordenar por mes, el promedio de costo de mantener por mes. y el promedio de el costo del deficit por mes), para comparar las siguientes políticas de inventario.

s	20	20	20	20	40	40	40	60	60
S	40	60	80	100	60	80	100	80	100

Conclusión

Puesto que el criterio de costo total por mes, es la suma de tres componentes, este movimiento efectúa algunas veces diferentes direcciones en reacción a cambios en s y S , no podemos predecir ni siquiera la dirección del movimiento de este criterio sin la simulación, entonces observamos a los valores de este criterio y parece que la política (20,60) es la mejor teniendo un costo promedio total de \$114.52 por mes. De cualquier manera, en el presente contexto donde la longitud de la simulación está fija (la Cia. quiere un horizonte de plan de 10 años), lo que realmente queremos estimar para cada política es el costo promedio total

esperado por mes para los primeros 120 meses los números del reporte son estimados de estos valores esperados; cada estimado basado en un tamaño de muestra 1.

Se anexan el programa y corrida de este problema.

RESULTADOS

Sistema de inventario de Producto unico

Nivel de Inventario Inicial 60 articulos

Número de Diferentes Tamaños de Demanda 4

Función de Distribución de Tamaños de Demanda 0.167 0.500
0.833 1.000

Tiempo Medio Entre Demandas 0.10

Rango de Tardanza en la Entrega 0.50 a 1.00 meses

Tiempo de Simulación 120 meses

K = 32.0 λ = 3.0 h = 1.0 σ_i = 5.0

Número de Políticas 9

Política	Promedio Costo Total	Promedio Costo de Ordenar	Promedio Costo de Mantener	Promedio Costo de Escaséz
(20, 40)	128.31	100.42	9.13	18.76
(20, 60)	114.52	65.46	18.16	10.90
(20, 80)	120.14	86.22	26.57	7.34
(20,100)	125.81	83.68	34.48	7.64
(40, 60)	124.66	96.67	25.62	2.37
(40, 80)	126.82	89.72	35.32	1.77
(40,100)	127.12	81.97	44.52	0.62
(60, 80)	141.79	97.16	44.53	0.11
(60,100)	144.52	89.73	54.79	0.00

PROGRAMA DE SIMULACION PARA UN SISTEMA DE INVENTARIO

```

/*Definiciones Externas para sistemas de Inventarios. */

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>

/* Constantes usadas para el generador de aleatorios */
#define IA 16807
#define IM 2147483647
#define AM (1.0/IM)
#define IQ 127773
#define IR 2836
#define NTAB 32
#define NDIV (1+(IM-1)/NTAB)
#define EPS 1.2e-7
#define RNMX (1.0-EPS)

int          amount, bigs, initial_inv_level, inv_level,
            next_event_type, num_events, num_months, num_values_demand,
            smalls;
long        Semilla=-7;
float       area_holding, area_shortage, holding_cost,
            incremental_cost, maxlag, mean_interdemand, minlag,
            prob_distrib_demand[26], setup_cost, shortage_cost, Time,
            time_last_event, time_next_event[5], total_ordering_cost;
FILE *infile, *outfile;

float  rani(long *idum);
void initialize(void);
void timing(void);
void order_arrival(void);
void demand(void);
void evaluate(void);
void report(void);
void update_time_avg_stats(void);
float expon(float mean);
int  random_integer(float prob_distrib []);
float uniform(float a, float b);

main() /* Main función. */
{
    int i, num_policies;

```

```

/* Abre Archivos de Entrada y Salidos. */
infile = fopen("inv.in", "r");
outfile = fopen("inv.out", "w");

/* Especifique el número de eventos para
la función timing. */
num_events = 4;
/* Lea parámetros de Entrada. */
fscanf(infile, "%d %d %d %d %f %f %f %f %f %f %f",
&initial_inv_level, &num_months, &num_policies,
&num_values_demand, &mean_interdemand, &setup_cost,
&incremental_cost, &holding_cost, &shortage_cost, &minlag,
&maxlag);
for (i = 1; i <= num_values_demand; ++i)
    fscanf(infile, "%f", &prob_distrib_demand[i]);
/*Escribe Encabezado de Reporte y Parámetros de Entrada. */
fprintf(outfile, "Sistema de Inventario de Producto unico\n\n");
fprintf(outfile, "Nivel de Inventario Inicial%24d articulos\n\n",
initial_inv_level);
fprintf(outfile, "Número de Diferentes Tamaños de Demanda%25d \n\n",
num_values_demand);
fprintf(outfile, "Función de Distribución de Tamaños de Demanda\n");
for (i = 1; i <= num_values_demand; ++i)
    fprintf(outfile, "%8.3f", prob_distrib_demand[i]);
fprintf(outfile, "\n\nTiempo Medio Entre Demandas%26.2f\n\n",
mean_interdemand);
fprintf(outfile, "Rango de Tardanza en la Ent.%29.2f a%10.2f meses\n\n",
minlag, maxlag);
fprintf(outfile, "Tiempo de Simulación%23d meses\n\n",
num_months);
fprintf(outfile, "K =%6.1f    r =%6.1f    h =%6.1f    pi =%6.1f\n\n",
setup_cost, incremental_cost, holding_cost, shortage_cost);
fprintf(outfile, "Número de Políticas%29d\n\n", num_policies);
fprintf(outfile, "
                Promedio                Promedio");
fprintf(outfile, "
                Promedio                Promedio\n");
fprintf(outfile, " Política                Costo Total                Costo de Ordenar");
fprintf(outfile, " Costo de Mantener                Costo de Escaséz");

/* Corre la Simulación variando la Política de Inventarios. */
for (i = 1; i <= num_policies; ++i) {
    /* Lee la Política de Inventario, e inicializa la Simulación. */
    fscanf(infile, "%d %d", &smallis, &bigis);
    initialize();
    /* Corre la Simulación hasta que termine despues de que ocurra un
evento fin de Simulación (tipo 3) . */
    do {
        /* determine el siguiente evento. */
        timing();
        /* Ajusta los Acumuladores Estadísticos de tiempo-promedio. */
        update_time_avg_stats();
    } while (1);
}

```

```

/* Llena la función del evento correspondiente. */
switch (next_event_type) {
    case 1:
        order_arrival();
        break;
    case 2:
        demand();
        break;
    case 4:
        evaluate();
        break;
    case 3:
        report();
        break;
}
/* Si el evento recién ejecutado no fue el evento del fin de la
simulación (tipo 3), continúe simulando. De otra manera termine
la simulación para el par (s,S) y vaya al siguiente par
(si existe). */
} while (next_event_type != 3);
}

/* Fin de la simulación. */
fclose(infile);
fclose(outfile);
return 0;
}

float rani(long *idum)
{
    int j;
    long k;
    static long iy=0;
    static long iv[NTAB];
    float temp;

    if (*idum <= 0 || !iy) {
        if (-(*idum) < 1) *idum=1;
        else *idum = -(*idum);
        for (j=NTAB+7; j>=0; j--) {
            k=(*idum)/IQ;
            *idum=IA*(*idum-k*IQ)-IR*k;
            if (*idum < 0) *idum += IM;
            if (j < NTAB) iv[j] = *idum;
        }
        iy=iv[0];
    }
    k=(*idum)/IQ;
    *idum=IA*(*idum-k*IQ)-IP*k;
    if (*idum < 0) *idum += IM;
    j=iy/NDIV;
}

```

```

iy=iv[j];
iv[j] = *idum;
if ((temp=AM*iy) > RNMX) return RNMX;
else return temp;
}
void timing(void)
{
int i;
float min_time_next_event=1.0e+29;
next_event_type =0;
for(i=1; i<= num_events;++i) {
if (time_next_event[i] < min_time_next_event) {
min_time_next_event = time_next_event[i];
next_event_type =i;
}
}

if(next_event_type == 0) {
forintf(outfile, "\nLista de Eventos Vacía en el tiempo %f", Time);
exit(1);
}

Time=min_time_next_event;
}
float expon(float mean)
{
float u;
u=rani(&Semilla);
return -mean*log(u);
}
void initialize(void) /* Inicialice la Función. */
{
/* Inicialice el reloj de la simulación. */

Time = 0.0;
/* Inicialice Variables de Estado. */

inv_level          = initial_inv_level;
time_last_event    = 0.0;

/* Inicialice los contadores Estadísticos. */
total_ordering_cost = 0.0;
area_holding        = 0.0;
area_shortage       = 0.0;

/* Inicialice la Lista de Eventos. Puesto que no hay
ordenes Pendientes, el evento Order-Arrival es
eliminado de la consideración. */

time_next_event[i] = 1.0e+30;

```



```

time_next_event[2] = Time + expon(mean_interdemand);
time_next_event[3] = num_months;
time_next_event[4] = 0.0;
}
void order_arrival(void) /* Funcion Evento Llega-Orden. */
{
/* Se incrementa el nivel de Inventario en la cantidad ordenada. */

inv_level += amount;

/* Puesto que no hay ahora ordenes pendientes elimine el evento
Order-Arrival de la consideración. */

time_next_event[1] = 1.0e+30;
}

void demand(void) /* Función evento Demanda. */
{
int size_demand;
/* Genere el tamaño de la Demanda. */
size_demand = random_integer(prob_distrib_demand);

/* Disminuya el nivel de inventario en el tamaño de la Demanda. */

inv_level -= size_demand;

/* Programe el tiempo de la siguiente Demanda. */
time_next_event[2] = Time + expon(mean_interdemand);
}

void evaluate(void) /* Evento Función Evaluación de Inventario. */
{
/* Verifica cuando el nivel de Inventario es menor que s(smalls).*/
if (inv_level < smalls) {
/* El nivel de Inventario es menor que smalls, entonces coloque
una orden por la cantidad apropiada. */

amount = bigs - inv_level;
total_ordering_cost += setup_cost + incremental_cost * amount;

/* Programe la llegada de la orden. */
time_next_event[1] = Time + uniform(minlag, maxlag);
}

/* A pesar de la decisión de colocar orden, programe
la siguiente evaluación de inventario. */
time_next_event[4] = Time + 1.0;
}

void report(void) /* Función generadora de reporte. */
{

```

```

/* Calcula y escribe los estimados de las medidas
de Actuación deseadas.*/
float avg_holding_cost, avg_ordering_cost, avg_shortage_cost;
avg_ordering_cost = total_ordering_cost / num_months;
avg_holding_cost = holding_cost * area_holding / num_months;
avg_shortage_cost = shortage_cost * area_shortage / num_months;
fprintf(outfile, "\n\n(%3d,%3d)%15.2f%15.2f%15.2f%15.2f",
smalls, bigs,
avg_ordering_cost + avg_holding_cost + avg_shortage_cost,
avg_ordering_cost, avg_holding_cost, avg_shortage_cost);
}

void update_time_avg_stats(void) /* Ajuste de Acumuladores
dearea para Estadísticos tiempo-promedio. */
{
float time_since_last_event;
/* Calcule el tiempo desde el último evento y ajuste el marcador
de tiempo-último-evento (last-event-time). */
time_since_last_event = Time - time_last_event;
time_last_event = Time;
/*determine el Estado del nivel de inventario durante el intervalo
previo. Si el nivel de inventario durante el intervalo previo
fue negativo,ajuste area-shortage. Si fue positivo,
ajuste area-holding. Si fue cero no se necesita ajuste. */
if (inv_level < 0)
area_shortage -= inv_level * time_since_last_event;
else if (inv_level > 0)
area_holding += inv_level * time_since_last_event;
}

int random_integer(float probab_distrib[])
/* Función generadora de Enteros Aleatorios. */
{
int i;
float u;
/* Genere una variable aleatoria U(0,1) . */
u = ran1(&Semilla);
/*Regresa un entero aleatorio de acuerdo con la función de
distribución (acumulada) Probab-distrib. */
for (i = 1; u >= probab_distrib[i]; ++i);
return i;
}

float uniform(float a, float b) /* Función de generación
de variable uniforme. */
{
float u;
/* genere una variable aleatoria U(0,1) . */
u = ran1(&Semilla);
/* Regrese una variable aleatoria U(a,b) . */
return a + u * (b - a);
}

```

DATOS DE ENTRADA

```

50          - INVENTARIO INICIAL
120         - TIEMPO DE SIMULACION
9          - NUMERO DE POLITICAS
4          - NUMERO DE DIFERENTES TAMAÑOS DE DEMANDAS
0.1        - TIEMPO MEDIO ENTRE DEMANDAS
32.        - COSTO DE COLOCAR
3.         - COSTO DE CADA ARTICULO
1.         - COSTO DE MANTENER
5.         - COSTO DE RESERVA DE PEDIDOS PENDIENTES
0.5        - LIMITE MINIMO DE TARDANZA EN LA ENTREGA
1.         - LIMITE MAXIMO DE TARDANZA EN LA ENTREGA
.166667---]
0.5        } - FUNCION DE DISTRIBUCION DE TAMAÑOS DE DEMANDA
.83333333 ]
1.         -----]
20         ----]
40         ]
20         ]
60         ]
20         ]
80         ]
20         ]
100        . ]
40         } - POLITICAS
60         ]
40         ]
80         ]
40         ]
100        ]
60         ]
80         ]
60         ]
100        ----]

```

Caso 5

CRIMESA

(División de Vidrio)

(Programación Lineal Entera y Análisis de Sensibilidad)

En la planta CRIMESA se fabrican artículos de vidrio para el hogar (principalmente servicio de mesa) por ejemplo: Platos, Tazas, Tarros, Tazones, etc., se quiere diseñar un plan para colocar los artículos en las máquinas (que los fabrican) de tal manera que quede balanceada la carga de trabajo al menor costo posible. Para lograr este objetivo se tomaron en cuenta 3 máquinas solamente (existen más) y se obtuvieron los siguientes datos:

1.- Cálculo de Horas estandar efectivas por máquina.

Máquina	Hr.Disp./mes	Eficiencia	Hr.Std.Dis- ponibles
1	720	82%	590
2	648	87%	564
3	624	80%	499

2.- La tasa de producción por hora estandar de cada máquina en cada uno de los artículos, esta dada en la tabla 5.1

TABLA 5.1

Artículo	máquina 1	máquina 2	máquina 3
Plato p/taza no. 690	2460	4182	
Plato Hondo no. 606	1560	1560	
Plato Comida no. 604	1560	1560	
Plato Buffete no. 603	1620	1620	
Plato Almuerzo no. 605	1980	1980	
Taza no. 602	1740	2950	
Flanera no. 1905	2400	4080	
Tazon no. 607	1800	1800	1800
Tarro no. 92	1200	2400	600
Bandeja no. 2610		720	720
Molde Chico no. 310	1000	1200	1200
Molde Mediano no. 4743	650	840	720
Molde Grande no. 4744	600	600	720
Budinera no. 310	720	720	900
Tapa p/Budinera no. 3055	720	720	900

3.-También se obtuvo la demanda mensual de cada artículo y se hizo el cálculo de horas estandar requeridas para completar esa producción, ésta información está en la tabla 5.2.

TABLA 5.2

Artículos	Demanda Mensual	Producción * por Hr.(max)	Hrs. Std. Requeridas
Plato p/taza	580,000	4,182	139
Plato Hondo	150,000	1,560	96
Plato Comida	415,000	1,560	266
Plato Buffete	320,000	1,620	198
Plato Almuerzo	260,000	1,980	131
Taza	580,000	2,958	196
Flanera	240,000	4,080	59
Tazon	110,000	1,800	61
Tarro	140,000	2,400	58
Bandeja	40,000	720	56
Molde Chico	120,000	1,200	100
Molde Mediano	40,000	840	48
Molde Grande	40,000	720	56
Budinera	40,000	900	44
Tapa p/Budinera	40,000	900	44

* Se tomó en cuenta la mayor cantidad producida por una máquina.

4.- En la tabla 5.3 se encuentra el costo de fabricación de cada uno de los artículos en cada máquina.

TABLA 5.3.

Artículo	máquina 1	máquina 2	máquina 3
Plato p/taza	\$0.43	\$0.39	
Plato Hondo	\$0.68	\$0.68	
Plato Comida	\$0.54	\$0.54	
Plato Buffete	\$0.65	\$0.65	
Plato Almuerzo	\$0.68	\$0.68	
Taza	\$0.56	\$0.51	
Flanera	\$0.32	\$0.29	
Tazon	\$1.61	\$1.61	\$1.48
Tarro	\$0.88	\$0.70	\$2.08
Bandeja		\$3.53	\$3.24
Molde Chico	\$0.97	\$0.97	\$0.89
Molde Mediano	\$1.17	\$1.17	\$1.08
Molde Grande	\$2.02	\$2.02	\$1.85
Budinera	\$3.07	\$3.07	\$2.82
Tapa p/Budinera	\$2.91	\$2.91	\$2.67

5.- Se construyó una tabla de costos y requerimientos (tabla 5.4)

TABLA 5.4

TABLA DE COSTOS Y REQUERIMIENTOS

Capacidad de las Máquinas (Hr.Std.)	590	564	499	1,653
				1,653
Columna Ficticia	\$0	\$0	\$0	101
Tapa p/Budínera	\$2.91	\$2.91	\$2.67	44
Budínera	\$3.07	\$3.07	\$2.82	44
Molde Grande	\$2.02	\$2.02	\$1.85	56
Molde Mediano	\$1.17	\$1.17	\$1.08	48
Molde Chico	\$0.97	\$0.97	\$0.89	100
Bandeja		\$3.53	\$3.24	56
Tarro	\$0.88	\$0.70	\$2.08	58
Tazon	\$1.61	\$1.61	\$1.48	61
Flanera	\$0.32	\$0.29		59
Taza	\$0.56	\$0.51		196
Plato Almuerzo	\$0.68	\$0.68		131
Plato Buffete	\$0.65	\$0.65		198
Plato Comida	\$0.54	\$0.54		266
Plato Hondo	\$0.68	\$0.68		96
Plato p/Taza	\$0.43	\$0.39		139
Artículos				
	Máquina 1	Máquina 2	Máquina 3	Hrs. Std. Requ- ridas
Máquina				

Nuestro problema se transforma en la la siguiente

Función Objetivo

$$\begin{aligned} \min Z = & +43.0000x_1 + 68.0000x_2 + 54.0000x_3 + 65.0000x_4 + 68.0000x_5 \\ & +56.0000x_6 + 32.0000x_7 + 161.000x_8 + 88.0000x_9 + 353.000x_{10} \\ & +97.0000x_{11} + 117.000x_{12} + 202.000x_{13} + 307.000x_{14} + 219.000x_{15} \\ & +.000000x_{16} + 39.0000x_{17} + 68.0000x_{18} + 54.0000x_{19} + 65.0000x_{20} \\ & +68.0000x_{21} + 51.0000x_{22} + 29.0000x_{23} + 161.000x_{24} + 70.0000x_{25} \\ & +500.000x_{26} + 67.0000x_{27} + 117.000x_{28} + 202.000x_{29} + 307.000x_{30} \\ & +291.000x_{31} + .000000x_{32} + 500.000x_{33} + 500.000x_{34} + 500.000x_{35} \\ & +500.000x_{36} + 500.000x_{37} + 500.000x_{38} + 500.000x_{39} + 148.000x_{40} \\ & +208.000x_{41} + 324.000x_{42} + 89.0000x_{43} + 108.000x_{44} + 185.000x_{45} \\ & +282.000x_{46} + 267.000x_{47} + .000000x_{48} \end{aligned}$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$\begin{aligned} (1) \quad & +1.000000x_1 + .000000x_2 + .000000x_3 + .000000x_4 + .000000x_5 \\ & +.000000x_6 + .000000x_7 + .000000x_8 + .000000x_9 + .000000x_{10} \\ & +.000000x_{11} + .000000x_{12} + .000000x_{13} + .000000x_{14} + .000000x_{15} \\ & +.000000x_{16} + 1.000000x_{17} + .000000x_{18} + .000000x_{19} + .000000x_{20} \\ & +.000000x_{21} + .000000x_{22} + .000000x_{23} + .000000x_{24} + .000000x_{25} \\ & +.000000x_{26} + .000000x_{27} + .000000x_{28} + .000000x_{29} + .000000x_{30} \\ & +.000000x_{31} + .000000x_{32} + 1.000000x_{33} + .000000x_{34} + .000000x_{35} \\ & +.000000x_{36} + .000000x_{37} + .000000x_{38} + .000000x_{39} + .000000x_{40} \\ & +.000000x_{41} + .000000x_{42} + .000000x_{43} + .000000x_{44} + .000000x_{45} \\ & +.000000x_{46} + .000000x_{47} + .000000x_{48} \geq +139.000 \\ (2) \quad & +.000000x_1 + 1.000000x_2 + .000000x_3 + .000000x_4 + .000000x_5 \end{aligned}$$

- (6) +.000000X26 +.000000X27 +.000000X28 +.000000X29 +.000000X30
+.000000X31 +.000000X32 +.000000X33 +.000000X34 +.000000X35
+.000000X36 +.000000X37 +1.000000X38 +.000000X39 +.000000X40
+.000000X41 +.000000X42 +.000000X43 +.000000X44 +.000000X45
+.000000X46 +.000000X47 +.000000X48 \geq +196.000
- (7) +.000000X1 +.000000X2 +.000000X3 +.000000X4 +.000000X5
+.000000X6 +1.000000X7 +.000000X8 +.000000X9 +.000000X10
+.000000X11 +.000000X12 +.000000X13 +.000000X14 +.000000X15
+.000000X16 +.000000X17 +.000000X18 +.000000X19 +.000000X20
+.000000X21 +.000000X22 +1.000000X23 +.000000X24 +.000000X25
+.000000X26 +.000000X27 +.000000X28 +.000000X29 +.000000X30
+.000000X31 +.000000X32 +.000000X33 +.000000X34 +.000000X35
+.000000X36 +.000000X37 +.000000X38 +1.000000X39 +.000000X40
+.000000X41 +.000000X42 +.000000X43 +.000000X44 +.000000X45
+.000000X46 +.000000X47 +.000000X48 \geq +59.0000
- (8) +.000000X1 +.000000X2 +.000000X3 +.000000X4 +.000000X5
+.000000X6 +.000000X7 +1.000000X8 +.000000X9 +.000000X10
+.000000X11 +.000000X12 +.000000X13 +.000000X14 +.000000X15
+.000000X16 +.000000X17 +.000000X18 +.000000X19 +.000000X20
+.000000X21 +.000000X22 +.000000X23 +1.000000X24 +.000000X25
+.000000X26 +.000000X27 +.000000X28 +.000000X29 +.000000X30
+.000000X31 +.000000X32 +.000000X33 +.000000X34 +.000000X35
- (8) +.000000X36 +.000000X37 +.000000X38 +.000000X39 +1.000000X40
+.000000X41 +.000000X42 +.000000X43 +.000000X44 +.000000X45
+.000000X46 +.000000X47 +.000000X48 \geq +61.0000
- (9) +.000000X1 +.000000X2 +.000000X3 +.000000X4 +.000000X5
+.000000X6 +.000000X7 +.000000X8 +1.000000X9 +.000000X10
+.000000X11 +.000000X12 +.000000X13 +.000000X14 +.000000X15
+.000000X16 +.000000X17 +.000000X18 +.000000X19 +.000000X20
+.000000X21 +.000000X22 +.000000X23 +.000000X24 +1.000000X25
+.000000X26 +.000000X27 +.000000X28 +.000000X29 +.000000X30
+.000000X31 +.000000X32 +.000000X33 +.000000X34 +.000000X35
+.000000X36 +.000000X37 +.000000X38 +.000000X39 +.000000X40
+1.000000X41 +.000000X42 +.000000X43 +.000000X44 +.000000X45
+.000000X46 +.000000X47 +.000000X48 \geq +58.0000
- (10) +.000000X1 +.000000X2 +.000000X3 +.000000X4 +.000000X5
+.000000X6 +.000000X7 +.000000X8 +.000000X9 +1.000000X10
+.000000X11 +.000000X12 +.000000X13 +.000000X14 +.000000X15
+.000000X16 +.000000X17 +.000000X18 +.000000X19 +.000000X20
+.000000X21 +.000000X22 +.000000X23 +.000000X24 +.000000X25
+1.000000X26 +.000000X27 +.000000X28 +.000000X29 +.000000X30
+.000000X31 +.000000X32 +.000000X33 +.000000X34 +.000000X35
+.000000X36 +.000000X37 +.000000X38 +.000000X39 +.000000X40
+.000000X41 +1.000000X42 +.000000X43 +.000000X44 +.000000X45

- (10) +.000000X46 +.000000X47 +.000000X48 \geq +56.0000
- (11) +.000000X1 +.000000X2 +.000000X3 +.000000X4 +.000000X5
+.000000X6 +.000000X7 +.000000X8 +.000000X9 +.000000X10
+1.000000X11 +.000000X12 +.000000X13 +.000000X14 +.000000X15
+.000000X16 +.000000X17 +.000000X18 +.000000X19 +.000000X20
+.000000X21 +.000000X22 +.000000X23 +.000000X24 +.000000X25
+.000000X26 +1.000000X27 +.000000X28 +.000000X29 +.000000X30
+.000000X31 +.000000X32 +.000000X33 +.000000X34 +.000000X35
+.000000X36 +.000000X37 +.000000X38 +.000000X39 +.000000X40
+.000000X41 +.000000X42 +1.000000X43 +.000000X44 +.000000X45
+.000000X46 +.000000X47 +.000000X48 \geq +100.0000
- (12) +.000000X1 +.000000X2 +.000000X3 +.000000X4 +.000000X5
+.000000X6 +.000000X7 +.000000X8 +.000000X9 +.000000X10
+.000000X11 +1.000000X12 +.000000X13 +.000000X14 +.000000X15
+.000000X16 +.000000X17 +.000000X18 +.000000X19 +.000000X20
+.000000X21 +.000000X22 +.000000X23 +.000000X24 +.000000X25
+.000000X26 +.000000X27 +1.000000X28 +.000000X29 +.000000X30
+.000000X31 +.000000X32 +.000000X33 +.000000X34 +.000000X35
+.000000X36 +.000000X37 +.000000X38 +.000000X39 +.000000X40
+.000000X41 +.000000X42 +.000000X43 +1.000000X44 +.000000X45
+.000000X46 +.000000X47 +.000000X48 \geq +48.0000
- (13) +.000000X1 +.000000X2 +.000000X3 +.000000X4 +.000000X5
(13) +.000000X6 +.000000X7 +.000000X8 +.000000X9 +.000000X10
+.000000X11 +.000000X12 +1.000000X13 +.000000X14 +.000000X15
+.000000X16 +.000000X17 +.000000X18 +.000000X19 +.000000X20
+.000000X21 +.000000X22 +.000000X23 +.000000X24 +.000000X25
+.000000X26 +.000000X27 +.000000X28 +1.000000X29 +.000000X30
+.000000X31 +.000000X32 +.000000X33 +.000000X34 +.000000X35
+.000000X36 +.000000X37 +.000000X38 +.000000X39 +.000000X40
+.000000X41 +.000000X42 +.000000X43 +.000000X44 +1.000000X45
+.000000X46 +.000000X47 +.000000X48 \geq +56.0000
- (14) +.000000X1 +.000000X2 +.000000X3 +.000000X4 +.000000X5
+.000000X6 +.000000X7 +.000000X8 +.000000X9 +.000000X10
+.000000X11 +.000000X12 +.000000X13 +1.000000X14 +.000000X15
+.000000X16 +.000000X17 +.000000X18 +.000000X19 +.000000X20
+.000000X21 +.000000X22 +.000000X23 +.000000X24 +.000000X25
+.000000X26 +.000000X27 +.000000X28 +.000000X29 +1.000000X30
+.000000X31 +.000000X32 +.000000X33 +.000000X34 +.000000X35
+.000000X36 +.000000X37 +.000000X38 +.000000X39 +.000000X40
+.000000X41 +.000000X42 +.000000X43 +.000000X44 +.000000X45
+1.000000X46 +.000000X47 +.000000X48 \geq +44.0000
- (15) +.000000X1 +.000000X2 +.000000X3 +.000000X4 +.000000X5
+.000000X6 +.000000X7 +.000000X8 +.000000X9 +.000000X10
+.000000X11 +.000000X12 +.000000X13 +.000000X14 +1.000000X15

- (15) +.000000X16 +.000000X17 +.000000X18 +.000000X19 +.000000X20
+.000000X21 +.000000X22 +.000000X23 +.000000X24 +.000000X25
+.000000X26 +.000000X27 +.000000X28 +.000000X29 +.000000X30
+1.000000X31 +.000000X32 +.000000X33 +.000000X34 +.000000X35
+.000000X36 +.000000X37 +.000000X38 +.000000X39 +.000000X40
+.000000X41 +.000000X42 +.000000X43 +.000000X44 +.000000X45
+.000000X46 +1.000000X47 +.000000X48 \geq +44.0000
- (16) +.000000X1 +.000000X2 +.000000X3 +.000000X4 +.000000X5
+.000000X6 +.000000X7 +.000000X8 +.000000X9 +.000000X10
+.000000X11 +.000000X12 +.000000X13 +.000000X14 +.000000X15
+1.000000X16 +.000000X17 +.000000X18 +.000000X19 +.000000X20
+.000000X21 +.000000X22 +.000000X23 +.000000X24 +.000000X25
+.000000X26 +.000000X27 +.000000X28 +.000000X29 +.000000X30
+.000000X31 +1.000000X32 +.000000X33 +.000000X34 +.000000X35
+.000000X36 +.000000X37 +.000000X38 +.000000X39 +.000000X40
+.000000X41 +.000000X42 +.000000X43 +.000000X44 +.000000X45
+.000000X46 +.000000X47 +1.000000X48 \leq +101.000
- (17) +1.000000X1 +1.000000X2 +1.000000X3 +1.000000X4 +1.000000X5
+1.000000X6 +1.000000X7 +1.000000X8 +1.000000X9 +1.000000X10
+1.000000X11 +1.000000X12 +1.000000X13 +1.000000X14 +1.000000X15
+1.000000X16 +.000000X17 +.000000X18 +.000000X19 +.000000X20
+.000000X21 +.000000X22 +.000000X23 +.000000X24 +.000000X25
- (17) +.000000X26 +.000000X27 +.000000X28 +.000000X29 +.000000X30
+.000000X31 +.000000X32 +.000000X33 +.000000X34 +.000000X35
+.000000X36 +.000000X37 +.000000X38 +.000000X39 +.000000X40
+.000000X41 +.000000X42 +.000000X43 +.000000X44 +.000000X45
+.000000X46 +.000000X47 +.000000X48 \leq +590.000
- (18) +.000000X1 +.000000X2 +.000000X3 +.000000X4 +.000000X5
+.000000X6 +.000000X7 +.000000X8 +.000000X9 +.000000X10
+.000000X11 +.000000X12 +.000000X13 +.000000X14 +.000000X15
+.000000X16 +1.000000X17 +1.000000X18 +1.000000X19 +1.000000X20
+1.000000X21 +1.000000X22 +1.000000X23 +1.000000X24 +1.000000X25
+1.000000X26 +1.000000X27 +1.000000X28 +1.000000X29 +1.000000X30
+1.000000X31 +1.000000X32 +.000000X33 +.000000X34 +.000000X35
+.000000X36 +.000000X37 +.000000X38 +.000000X39 +.000000X40
+.000000X41 +.000000X42 +.000000X43 +.000000X44 +.000000X45
+.000000X46 +.000000X47 +.000000X48 \leq +564.000
- (19) +.000000X1 +.000000X2 +.000000X3 +.000000X4 +.000000X5
+.000000X6 +.000000X7 +.000000X8 +.000000X9 +.000000X10
+.000000X11 +.000000X12 +.000000X13 +.000000X14 +.000000X15
+.000000X16 +.000000X17 +.000000X18 +.000000X19 +.000000X20
+.000000X21 +.000000X22 +.000000X23 +.000000X24 +.000000X25
+.000000X26 +.000000X27 +.000000X28 +.000000X29 +.000000X30
+.000000X31 +.000000X32 +1.000000X33 +1.000000X34 +1.000000X35
- (19) +1.000000X36 +1.000000X37 +1.000000X38 +1.000000X39 +1.000000X40
+1.000000X41 +1.000000X42 +1.000000X43 +1.000000X44 +1.000000X45
+1.000000X46 +1.000000X47 +1.000000X48 \leq +499.000

Conclusión:

Se resolvió este problema por medio del paquete Estadístico QSB el cual incluye la solución a problemas de Programación Lineal Entera, dandonos los siguientes resultados:

Artículo	Cantidad a Producir de él	No. de Máquina donde se va a Producir
Plato Comida	261	1
Plato Buffete	198	1
Plato Almuerzo	131	1
Plato para Taza	139	2
Plato Hondo	96	2
Plato Comida	5	2
Taza	196	2
Flanera	59	2
Tarro	13	2
Bandeja	56	2
Tazon	61	3
Tarro	45	3
Molde Chico	100	3
Molde Mediano	48	3
Molde Grande	56	3
Budinera	44	3
Tapa p/Budinera	44	3

Dandonos un valor de costo mínimo (función Objetivo) de \$1,296.56 resolviendose el problema en 18 iteraciones.

Dentro de los resultados dados por este paquete Estadístico se incluye el análisis de sensibilidad para los coeficientes de la función objetivo y para los términos independientes en las

restricciones. Además en el menú se tiene la posibilidad de cambiar o agregar una restricción en el problema.

Por ejemplo si los precios de cada artículo (C_j) cambian pero están dentro del rango de insensibilidad no se hace nada (la solución sigue siendo óptima). Pero si están fuera de dicho rango se hace el cambio para obtener la nueva solución. Lo mismo se hace cuando la demanda o capacidad de las máquinas (b_i) cambia.

En el caso de que haya más máquinas se agregan más restricciones al problema y se resuelve nuevamente.

Si se van a producir más artículos (aumenta la cantidad de variables) el problema se tiene que volver a plantear nuevamente.

Summarized Results for NEIRA						Page : 1
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
1 X1	0	+4.0000000	16 X16	0	+138.00002	
2 X2	0	0	17 X17	+139.00000	0	
3 X3	+261.00000	0	18 X18	+96.0000000	0	
4 X4	+198.00000	0	19 X19	+5.0000000	0	
5 X5	+131.00000	0	20 X20	0	0	
6 X6	0	+5.0000000	21 X21	0	0	
7 X7	0	+3.0000000	22 X22	+196.00000	0	
8 X8	0	+151.00002	23 X23	+59.0000000	0	
9 X9	0	+18.0000000	24 X24	0	+151.00002	
10 X10	0	+318.00000	25 X25	+13.0000000	0	
11 X11	0	+146.00002	26 X26	+56.0000000	0	
12 X12	0	+147.00000	27 X27	0	+146.00002	
13 X13	0	+155.00002	28 X28	0	+147.00000	
14 X14	0	+163.00002	29 X29	0	+155.00002	
15 X15	0	+162.00000	30 X30	0	+163.00002	

Minimum value of the OBJ = 129656 (multiple sols.) ITERS. = 18

Summarized Results for NEIRA						Page : 2
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
31 X31	0	+162.00000	46 X46	+44.0000000	0	
32 X32	0	+138.00002	47 X47	+44.0000000	0	
33 X33	0	+322.99997	48 X48	0	0	
34 X34	0	+293.99997	49 B1	0	+177.00002	
35 X35	0	+307.99997	50 A1	0	-177.00002	
36 X36	0	+296.99997	51 S2	0	+206.00002	
37 X37	0	+293.99997	52 A2	0	-206.00002	
38 X38	0	+310.99997	53 S3	0	+192.00002	
39 X39	0	+332.99997	54 A3	0	-192.00002	
40 X40	+61.0000000	0	55 S4	0	+203.00002	
41 X41	+45.0000000	0	56 A4	0	-203.00002	
42 X42	0	+151.00000	57 S5	0	+206.00002	
43 X43	+100.00000	0	58 A5	0	-206.00002	
44 X44	+46.0000000	0	59 S6	0	+189.00002	
45 X45	+56.0000000	0	60 A6	0	-189.00002	

Minimum value of the OBJ = 129656 (multiple sols.) ITERS. = 18

Summarized Results for NEIRA						Page : 3
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
61 S7	0	+167.00002	72 A12	0	-108.00000	
62 A7	0	-167.00002	73 S13	0	+185.00000	
63 S8	0	+148.00000	74 A13	0	-185.00000	
64 A8	0	-148.00000	75 S14	0	+282.00000	
65 S9	0	+208.00002	76 A14	0	-282.00000	
66 A9	0	-208.00002	77 S15	0	+267.00000	
67 S10	0	+173.00002	78 A15	0	-267.00000	
68 A10	0	-173.00002	79 S16	+101.00000	0	
69 S11	0	+89.000000	80 S17	0	+138.00002	
70 A11	0	-89.000000	81 S18	0	+138.00002	
71 S12	0	+108.00000	82 S19	+101.00000	0	

Minimum value of the OBJ = 127656 (multiple sols.) Iters. = 18

Sensitivity Analysis for OBJ Coefficients

Page : 1

C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)	C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)
C(1)	+39.000000	+43.000000	+ Infinity	C(19)	+54.000000	+54.000000	+54.000000
C(2)	+68.000000	+68.000000	+ Infinity	C(20)	+65.000000	+65.000000	+ Infinity
C(3)	+54.000000	+54.000000	+54.000000	C(21)	+68.000000	+68.000000	+ Infinity
C(4)	-138.000002	+65.000000	+65.000000	C(22)	-138.000002	+51.000000	+56.000000
C(5)	-138.000002	+68.000000	+68.000000	C(23)	-138.000002	+29.000000	+32.000000
C(6)	+51.000000	+56.000000	+ Infinity	C(24)	+9.9999895	+161.000000	+ Infinity
C(7)	+29.000000	+32.000000	+ Infinity	C(25)	-81.000000	+70.000000	+88.000000
C(8)	+9.9999895	+161.000000	+ Infinity	C(26)	-138.000002	+35.000000	+186.000000
C(9)	+70.000000	+88.000000	+ Infinity	C(27)	-49.000008	+97.000000	+ Infinity
C(10)	+35.000011	+353.000000	+ Infinity	C(28)	-30.000004	+117.000000	+ Infinity
C(11)	-49.000008	+97.000000	+ Infinity	C(29)	+46.999985	+202.000000	+ Infinity
C(12)	-30.000004	+117.000000	+ Infinity	C(30)	+143.999999	+307.000000	+ Infinity
C(13)	+46.999985	+202.000000	+ Infinity	C(31)	+129.000000	+291.000000	+ Infinity
C(14)	+143.999999	+307.000000	+ Infinity	C(32)	-138.000002	0	+ Infinity
C(15)	+129.000000	+291.000000	+ Infinity	C(33)	+177.000002	+500.000000	+ Infinity
C(16)	-138.000002	0	+ Infinity	C(34)	+206.000002	+500.000000	+ Infinity
C(17)	-138.000002	+39.000000	+43.000000	C(35)	+172.000002	+500.000000	+ Infinity
C(18)	-138.000002	+68.000000	+68.000000	C(36)	+203.000002	+500.000000	+ Infinity

Sensitivity Analysis for OBJ Coefficients

Page : 2

C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)	C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)
C(37)	+206.000002	+500.000000	+ Infinity	C(43)	0	+89.000000	+235.000002
C(38)	+189.000002	+500.000000	+ Infinity	C(44)	0	+108.000000	+255.000000
C(39)	+167.000002	+500.000000	+ Infinity	C(45)	0	+185.000000	+340.000000
C(40)	0	+148.000000	+299.000000	C(46)	0	+282.000000	+445.000000
C(41)	+70.000000	+208.000002	+359.000000	C(47)	0	+267.000000	+429.000000
C(42)	+173.000000	+324.000000	+ Infinity	C(48)	0	0	+ Infinity

Sensitivity Analysis for RHS

Page : 1

B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)	B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)
B(1)	+94.000000	+139.000000	+152.000000	B(11)	0	+100.000000	+201.000000
B(2)	+51.000000	+76.000000	+109.000000	B(12)	0	+48.000000	+149.000000
B(3)	+261.000000	+266.000000	+279.000000	B(13)	0	+56.000000	+157.000000
B(4)	+193.000000	+198.000000	+211.000000	B(14)	0	+44.000000	+145.000000
B(5)	+126.000000	+131.000000	+144.000000	B(15)	0	+44.000000	+145.000000
B(6)	+151.000000	+196.000000	+209.000000	B(16)	0	+101.000000	+ Infinity
B(7)	+14.000000	+59.000000	+72.000000	B(17)	+577.000000	+590.000000	+595.000000
B(8)	0	+61.000000	+162.000000	B(18)	+551.000000	+564.000000	+609.000000
B(9)	+13.000000	+58.000000	+159.000000	B(19)	+398.000000	+499.000000	+ Infinity
B(10)	+11.000000	+56.000000	+69.000000				

BIBLIOGRAFIA

- Raúl Coss Bu
Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión.
Editorial LIMUSA-2º Edición
12 de Marzo de 1991.

- Raúl Coss Bu
Simulación. Un Enfoque Práctico.
Editorial LIMUSA-9º Reimpresión
1993.

- Paul E. Moody
Toma de Decisiones Gerenciales.
Editorial MC. GRAW HILL
Noviembre de 1990

- Charles a. Gallagher; Hugh J. Watson
Modelos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en
Administración.
Editorial Mc Graw Hill
Febrero de 1987

- Hillier/Lieberman
Introducción a la Investigación de Operaciones.
Editorial Mc Graw Hill
Febrero de 1985

- Thomas H. Naylor
Simulación en Computadoras.
Editorial LIMUSA
1977

- H.G. Thuesen
Economía del Proyecto en Ingeniería
Editorial PRENTICE/HALL INTERNACIONAL
1974

- Fco. J. Jauffred M., Alberto Moreno Bonett., J. Jesús
Acosta
Metodos de Optimización, Programación Lineal-Graficas.
Editorial Representaciones y Servicios de Ing. S.A. Mex.
1974

- Juan Prawda Witenberg
Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones.
Volumen I Y II
1991

- Roberto J. Thierauf
Toma de Desiciones por Medio de Inv. de Operaciones.
Editorial LIMUSA, Noriega.
1986

- W.J. Fabrycky, G.J. Thuesen
Decisiones Económicas, Análisis y Proyectos.
Editorial PRENTICE HALL
1985

APENDICE

GLOSARIO DE TERMINOS

C_i = Costo del artículo por unidad (precio de compra, o costo de producción).

C_p = Costo de compra por pedido.

C_h = Costo anual de mantención del artículo

R = Volúmen de producción.

Costo de reserva de pedidos pendientes p_i

Costo de matener h

D = Demanda anual de artículo.

N = Número de pedidos en el año, o número de veces que se produce al año.

Q = Cantidad a comprar, o cantidad producida.

TC = Costo anual Total de adquisición del artículo, o costo total de suministrar el artículo.

t = Tiempo entre pedido, o tiempo entre periodos de producción.

En el desarrollo de la tesis se fueron especificando las abreviaturas a ocupar.

