

21  
Zeje.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"**

**MODELOS DE DECISION APLICADOS A  
LA INGENIERIA QUIMICA**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A :  
MARTHA MORA LOPEZ

Asesor de Tesis: Ing. Román Campillo Gómez

U. N. A. M.  
FES  
ZARAGOZA



LO MUESTRAN ESTE  
DE NUESTRA REFLEXION

MEXICO, D. F.

**TESIS CON  
FALLA DE CONTEN**

1994



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES \*ZARAGOZA\*

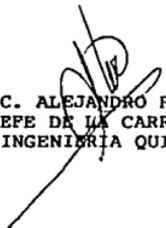
JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA

SRITA. MARTHA MORA LOPEZ  
P R E S E N T E.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, para el -  
Examen Profesional, le comunico que la Jefatura a mi cargo ha-  
propuesto la siguiente designación:

PRESIDENTE:      ING. RAUL RAMON MORA HERNANDEZ  
VOCAL:            ING. GONZALO RAFAEL COELLO GARCIA  
SECRETARIO:      M. en A. CARLOS GABRIEL COLIN FLORES  
SUPLENTE:        ING. JOSÉ BENJAMIN RANGEL GRANADOS  
SUPLENTE:        ING. ESTEBAN MINOR PEREZ

A T E N T A M E N T E  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
México, D.F., 14 de febrero de 1994

  
M. en C. ALEJANDRO RUIZ CANCINO  
JEFE DE LA CARRERA DE  
INGENIERIA QUIMICA

Irm

Al llegar a la culminación de esta etapa de mi vida, quisiera recordar todo aquello que me impulsó a buscar continuamente el desarrollo integral en el cual conjugar y equilibrar todos los elementos fundamentales de mi ser.

Tales impulsos vinieron siempre plenos de comprensión, preocupación y de una manera muy recalcada, de amor, sobre los cuales construí mi vida.

Cómo agradecer a todas y cada una de las personas que me favorecieron y ayudaron en mi trayectoria profesional:

A Dios, por darme la oportunidad de Ser, aquí y ahora.

A mi Padre, porque a través de su existencia me alentó siempre al planteamiento de retos cada vez más difíciles, a luchar contra el conformismo rutinario de la vida para llegar más arriba y hacerlo parte de mi propia forma de manifestarme, para de esta manera llegar a la conquista de esos horizontes de grandeza que parecen estar vedados. "Gracias, papá, por tu presencia inmortal en nuestras vidas".

A tí, Madre, porque has sabido ser suave y tierna en mis tristezas, firme y dura en mis locuras; porque cada derrota la hiciste una experiencia y asimismo me mostraste que cada triunfo es un logro y no por ello llenarme de vanidad; porque has sabido quiar sabiamente un hogar donde nos enseñaste tanto, donde nos has dado tanto, brindándonos tu entrega a través de tus cuidados, consejos, sacrificios y ejemplos. Gracias, mamita, porque a través de tu fortaleza nos llevaste a triunfar: porque supiste vencer y enseñarnos a luchar en los momentos difíciles; porque como madre, como mujer, como amiga, como todo, -QUE GRANDE ERES!

A ti, *Brigi*, porque al inculcarme tus valores me brindaste tesoros invaluables que me hacen sensible al dolor, pero firme ante el deber; porque me enseñaste a controlar ansiedades y temores, a reflexionar sobre opciones, barreras, alternativas y oportunidades; porque me enseñaste a dirigir mi propio destino. Bendita seas, *abuelita adorada*, donde quiera que se encuentre tu nueva morada.

A mis hermanos. *Carlos, José Luis, Manuel, Javier, Gerardo, Ana María, Daniel, Lupita, Jorge y Paty*, porque con ustedes comparto criterios y costumbres dentro de los cuales nos hemos formado, hasta llegar a ser conscientes de nuestros propios actos; porque siempre reconoceré en ustedes ese afán de superación que nos van haciendo cada vez mejores.

A ti, *Angélica*, porque junto contigo aprendí que la amistad es la bella y dulce palabra que contiene en sí misma todos los motivos de ilusión, respeto, confianza, comprensión y sobre todo, la devoción de los sentimientos que nos constituyen en aprendices del difícil arte de ser nosotras mismas, con un mismo propósito y con diferentes caminos para alcanzarlo.

A *Juan Carlos, Toño, Memo y Joaquín*, porque en cada instante me hicieron latente el privilegio de su amistad.

Al *Ing. Román Campillo*, un agradecimiento especial porque sin su apoyo y sin su paciencia, este trabajo aún no estaría culminado.

A todos ustedes, que contribuyeron para ser de mí lo que ahora soy, MIL GRACIAS.

MARTHA

## RESUMEN

El presente trabajo está relacionado con la toma de decisiones enfocada como herramienta para el Ingeniero Químico y está estructurado en cinco capítulos.

El primer capítulo marca los conceptos generales del planteamiento de problemas, desarrollo de modelos y el aspecto humano en la solución de problemas.

El capítulo II, toma a la planeación como marco de referencia para la toma de decisiones y en el capítulo III se estudian las situaciones bajo las cuales se presentan éstas (bajo riesgo, bajo certidumbre y bajo incertidumbre).

El capítulo cuarto presenta algunas aplicaciones de los modelos de decisión planteados en el capítulo anterior, enfocados al campo profesional del Ingeniero Químico.

El último capítulo aspira a contribuir en todo aquel que considere que la superación personal es básica y fundamental en el desarrollo de cualquier ser humano.

## I N D I C E

|         |       |   |
|---------|-------|---|
| PROLOGO | ..... | 1 |
|---------|-------|---|

### CAPITULO PRIMERO.

#### INTRODUCCION A LA TOMA DE DECISIONES

|  |       |    |
|--|-------|----|
| 1.1 ANTECEDENTES   | ..... | 6  |
| 1.2 FORMULACION DE PROBLEMAS                                       | ..... | 9  |
| 1.3 PROCESOS DE SOLUCION   | ..... | 12 |
| 1.3.1 EL PROCESO DE SOLUCION EN LA<br>INVESTIGACION DE OPERACIONES | ..... | 14 |
| 1.4 CONSTRUCCION DE MODELOS  | ..... | 19 |
| 1.4.1 MODELOS MATEMATICOS. SU CLASIFICACION                        | ..... | 21 |
| 1.4.2 CLASIFICACION DE MODELOS DE DECISION                         | ..... | 25 |
| 1.5 EL ASPECTO HUMANO EN LA SOLUCION<br>DE PROBLEMAS               | ..... | 27 |
| 1.5.1 MOTIVACION Y MOTIVADORES                                     | ..... | 27 |
| 1.5.2 TEORIA DE LA JERARQUIA DE<br>LAS NECESIDADES                 | ..... | 32 |
| 1.5.3 TEORIA DE LA EXPECTATIVA                                     | ..... | 34 |



|  |    |
|--|----|
| 2.2.2.2 TOMA DE DECISIONES UTILIZANDO DATOS<br>PREVIOS (BAJO RIESGO) | 63 |
| 2.2.2.3 TOMA DE DECISIONES SIN DATOS PREVIOS<br>(BAJO INCERTIDUMBRE) | 64 |
| 2.3 ARBOLES DE DECISION  | 65 |

CAPITULO TERCERO  
TOMA DE DECISIONES

|   |    |
|---|----|
| 3.1 TOMA DE DECISIONES BAJO CERTIDUMBRE   | 68 |
| 3.1.1 PROGRAMACION LINEAL   | 68 |
| 3.1.2 METODO GRAFICO  | 71 |
| 3.1.3 METODO SIMPLEX  | 73 |
| 3.1.3.1 VARIACIONES EN EL METODO SIMPLEX  | 82 |
| 3.1.3.1.1 MINIMIZACION  | 83 |
| 3.1.3.1.2 VARIABLES ARTIFICIALES  | 83 |
| 3.1.3.1.3 PROCESO DE SOLUCION CON V.A.  | 84 |
| 3.1.3.1.4 VALORES NEGATIVOS EN EL<br>SEGUNDO TERMINO                                | 85 |
| 3.2 TOMA DE DECISIONES BAJO RIESGO  | 86 |
| 3.2.1 COMPARACION DE LOS ANALISIS BAYESIANO<br>Y CLASICO PARA LA TOMA DE DECISIONES | 86 |
| 3.2.1.1 ANALISIS BAYESIANO  | 88 |
| 3.2.3 USO DE ARBOLES DE DECISION  | 89 |
| 3.2.4 EL VALOR DE LA INFORMACION PERFECTA   | 91 |
| 3.2.5 EL VALOR DE LA INFORMACION DE PRUEBA  | 93 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.3 TOMA DE DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE .....                       | 98  |
| 3.3.1 MODELO DE DECISION DEL PESIMISTA .....                          | 97  |
| 3.3.2 MODELO DE DECISION DEL OPTIMISTA .....                          | 89  |
| 3.3.3 MODELO DE DECISION DE MINIMIZACION<br>DEL ARREPENTIMIENTO ..... | 100 |
| 3.3.4 MODELO DE DECISION DE MAXIMIZACION<br>DEL PAGO PROMEDIO .....   | 102 |
| 3.3.5 MODELO DE PROBABILIDADES SUBJETIVAS .....                       | 105 |

#### CAPITULO CUARTO

##### APLICACION DE LOS MODELOS DE DECISION EN INGENIERIA QUIMICA

|   |     |
|---|-----|
| 4.1 DECISIONES BAJO CERTIDUMBRE .....   | 108 |
| 4.2 DECISIONES BAJO RIESGO .....        | 115 |
| 4.3 DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE ..... | 125 |

#### CAPITULO QUINTO

##### PLANEACION DE LA VIDA PERSONAL

|   |     |
|---|-----|
| 5.1. PLANEACION DE LA VIDA PERSONAL ..... | 155 |
| CONCLUSIONES .....                        | 163 |
| BIBLIOGRAFIA .....                        | 166 |

## I N D I C E      D E      F I G U R A S

|  |     |
|--|-----|
| FIG. 1.3.1.1. PROCESO DE SOLUCION DE PROBLEMAS .....                     | 16  |
| FIG. 1.5.1.1. CADENA DEL NECESITAR-QUERER-<br>SATISFACER .....           | 30  |
| FIG. 1.5.1.2. JERARQUIA DE NECESIDADES .....                             | 35  |
| FIG. 1.5.1.3. MODELOS DE MOTIVACION (PORTER<br>Y LANLER) .....           | 37  |
| FIG. 2.1.4.1. PROCESO DE PLANEACION .....                                | 46  |
| FIG. 2.1.5.1. MODELO CONCEPTUAL DE PLANEACION<br>ESTRATEGICA .....       | 54  |
| FIG. 4.3.1. ARBOL DE DECISION (MUDARSE) .....                            | 132 |
| FIG. 4.3.2. ARBOL DE DECISION (FABRICACION<br>DE PIEZAS) .....           | 139 |
| FIG. 5.1. MODELO CONCEPTUAL DE PLANEACION<br>PARA LA VIDA PERSONAL ..... | 157 |

**I N D I C E      D E      C U A D R O S**

|   |                 |
|---|-----------------|
| <b>CUADRO 1.4.1.1. CLASIFICACION DE MODELOS</b> |                 |
| <b>MATEMATICOS</b>                              | <b>..... 26</b> |
| <b>CUADRO 1.4.1.2. CLASIFICACION DE MODELOS</b> |                 |
| <b>DE DECISION</b>                              | <b>..... 28</b> |

## PROLOGO

Este trabajo acerca del proceso de toma de decisiones, pretende ser una valiosa y util herramienta para el profesional que se enfrenta al reto de dirigir una empresa química o de otro tipo.

Resulta importante destacar que el objetivo fundamental de este trabajo, es el de presentar algunos de los criterios para la selección del modelo de toma de decisiones y analizar algunos tipos de problemas en los cuales se hace necesario tomar una decisión apropiada, encontrandole la solución óptima.

Aun cuando no se trata de una novedad, existe hoy en día el convencimiento de que la ética profesional ejerce una influencia decisiva sobre cualquier logro técnico. Los grandes avances del futuro sólo se conseguirán a través del personal adecuado, el cual deberá estar capacitado en las artes directivas de mando, adoptando el carácter de un individuo que se percata del grado de responsabilidad que adquiere en el puesto en el que se le ha colocado para tomar decisiones, las cuales repercutirán de alguna forma en las vidas de quienes le rodean, y esencialmente, en el desarrollo industrial de la empresa y del país.

El trabajo está organizado en cinco capítulos. El capítulo I introduce al lector en la teoría de decisiones a través de los conceptos generales de planteamiento de problemas y desarrollo de modelos, así como también considera el aspecto humano en la solución de problemas.

El capítulo II señala a la planeación como el marco de referencia para el proceso de toma de decisiones y presenta los diferentes tipos de decisiones existentes.

Las situaciones que se estudian están en función de las características denominadas certidumbre, riesgo e incertidumbre y son estudiadas en el capítulo III.

En el cuarto capítulo se presentan algunas aplicaciones de los modelos de decisión planteados en el capítulo anterior, pretendiendo ser representativos en cuanto al empleo de dichos modelos dentro de las diferentes actividades de la Ingeniería Química.

El capítulo V aspira a ser una aportación para quienes consideran que la superación personal no es estática ni temporal y que por ello requiere de una planeación para ejercer un cierto control sobre su destino a través de la toma de decisiones.

Los métodos utilizados en este trabajo para resolver los problemas de decisiones, han sido seleccionados para ser utilizados en forma práctica, pues es la que mayor impacto tiene en el mundo empresarial de nuestro país.

## CAPITULO PRIMERO

### INTRODUCCION A LA TEORIA DE LAS DECISIONES

Como ser humano, todos los días se toman muchas decisiones. La mayoría de éstas son relativamente carentes de importancia y se hacen en forma habitual. En ocasiones, se toman decisiones importantes que pueden tener efectos inmediatos y/o a largo plazo. Esas decisiones con frecuencia se hacen con base en emociones o intuición, esperando que sean la respuesta correcta.

Aunque el uso de buenos procedimientos de toma de decisiones pueden producir malos resultados, se espera que el uso de mejores decisiones se reflejen en resultados mejores que el promedio.

Sin embargo, para apreciar en forma completa los diferentes aspectos en la toma de decisiones, es necesario comprender primero los fundamentos de las técnicas y después determinar cómo utilizarlas o no en diversas circunstancias. Pero antes de examinar algunas de las técnicas, resulta conveniente comprender mejor los conceptos generales de planteamiento y desarrollo de modelos.

Una de las dificultades más grandes a las que se

correcta. De una decisión dependerán muchos esfuerzos, trabajo y una suma considerable de dinero. Como por lo general no se tiene a la mano toda la información que ayuda a tomar una decisión correcta, es necesario hacer suposiciones y valuaciones que se aproximen lo más posible a la realidad. En un proyecto, son tres los elementos que intervienen para tomar una decisión:

- 1) las posibles alternativas;
- 2) los beneficios que se van a obtener, y
- 3) las dificultades de llevar a cabo, o implantar, la decisión (1).

Los beneficios que se piensan obtener están ligados estrechamente a las alternativas, es decir, que cada beneficio es una función de su correspondiente alternativa. La dificultad de implementar cada alternativa debe ser una de las normas que se apliquen en el proceso de decisión para poder seleccionar la que mas se adapte a las posibilidades del proyecto.

## 1.1 ANTECEDENTES

En los últimos años, la práctica de la administración se ha visto afectada por la ciencia de la administración y la tecnología de computadoras. Definida en términos amplios, la ciencia de la administración "es la aplicación de procedimientos, técnicas y herramientas científicas a problemas operativos, con el objeto de desarrollar y ayudar a evaluar soluciones" (2). Esta ciencia ha tenido un impacto determinante sobre la toma de decisiones.

La filosofía en que se basa la toma de decisiones consiste en:

- 1) Identificar y analizar problemas cuantificables,
- 2) Comprender las relaciones entre los factores interrelacionados,
- 3) Aislar los factores sobre los cuales tiene el control quien toma las decisiones.

Esta teoría de las decisiones se origina a partir de cuatro enfoques principales: preferencias, utilidad, probabilidad e inferencia estadística. Partiendo de esto, se tienen los antecedentes de que al final del siglo

XVIII, el matemático y físico francés Jacques Bernoulli, evoca la teoría de las decisiones en el concepto de conjuntos definiendo la noción de la probabilidad y el siglo XIX es importante para el desarrollo de esta teoría, ya que los economistas utilizan los conceptos de utilidad y de preferencias.

A inicios de siglo, Laplace modifica el trabajo de Bernoulli mediante la teoría de las probabilidades. Dicha teoría establece los principios que se abocan a proporcionar el apoyo al problema de la estimación. Varios años después se formulan nuevamente con la finalidad de probar la hipótesis que establece la relación de este conocimiento con la teoría de las probabilidades. Lo anterior se integra en la conjunción de las palabras de la frase siguiente: "La teoría de las probabilidades proporciona los medios para describir la situación estudiada, gracias a un conjunto de modelos posibles; la inferencia estadística tiene por objeto examinar los datos disponibles y decidir cuáles de esos modelos son razonables y cuáles no lo son" (3).

Durante la primera parte del siglo XX, los investigadores comenzaron a utilizar procedimientos científicos para investigar problemas que se encontraban fuera de las ciencias puras, pero no fue sino hasta comienzos de la Segunda Guerra Mundial que esos esfuerzos

se unificaron para perseguir un objetivo común. En 1937, en Gran Bretaña, se reunió un grupo de matemáticos, ingenieros y científicos en áreas básicas para estudiar los problemas estratégicos y tácticos asociados con la defensa del país. El objetivo del equipo era determinar la forma más efectiva de utilizar recursos militares limitados. A las actividades de este grupo se les llamó Investigación de Operaciones.

Los éxitos británicos obtenidos en sus esfuerzos de investigación, motivaron a los Estados Unidos a emprender actividades similares. Algunas de éstas incluyeron el estudio de problemas logísticos complejos, el desarrollo de patrones de vuelo para aviones y la planeación de maniobras navales.

Después de la guerra, muchas de las personas asociadas con la Investigación de Operaciones se dieron cuenta de que muchos de los métodos y técnicas que se aplicaron a problemas militares podían aplicarse a problemas industriales. Sin embargo, éstos conceptos e ideas comenzaron a aplicarse a la industria hasta la década de 1950, cuando se desarrollaron y estuvieron disponibles comercialmente las computadoras. Pero no fue sino hasta principios de 1960 que se establecieron programas académicos que ponían énfasis en aplicaciones a la ciencia de la administración y, en consecuencia, a la

toma de decisiones. Es decir, la teoría de las decisiones ha madurado gracias a los progresos de la tecnología de computadoras y a los cambios en los programas académicos.

Un mejor desarrollo de técnicas y modelos, así como en el énfasis en el implante, la aplicación y la disponibilidad de computadoras, han ampliado en gran medida el alcance y la magnitud de los problemas que resulta imposible analizar, facilitándose a quien toma decisiones la selección del modelo óptimo.

## 1.2 FORMULACION DE PROBLEMAS

Ya sea que se trate del sector privado o del público, una de las funciones de un ingeniero es resolver problemas.

La detección de las necesidades consiste en examinar el ambiente socioeconómico, las exigencias y el desarrollo de la tecnología para determinar si existe o no, una necesidad evidente o parcialmente evidente para algo (4). El ingeniero se encuentra frente a una necesidad básica, ya sea detectada por él o por otros y debe encontrar una manera de satisfacer esa necesidad. La satisfacción se logra mediante la creación del sistema que subsane dicha necesidad de una forma óptima

utilizando los recursos a su alcance. Se inicia así la definición del problema.

La formulación de un problema requiere de los siguientes elementos:

- 1) Identificar necesidades a satisfacer.
- 2) Identificar los componentes controlables y no controlables de un sistema.
- 3) Identificar posibles rutas de acción, dadas por los componentes controlables.
- 4) Definir el marco de referencia, dado por los componentes no controlables.
- 5) Definir los objetivos que se persiguen y clasificarlos por su orden de importancia.
- 6) Identificar las interrelaciones importantes entre los diferentes componentes del sistema. Este paso equivale a encontrar las restricciones que existen y a la vez permite más adelante representar estas interrelaciones en forma matemática.

Considérese un conjunto de elementos y sus relaciones, denominado sistema, en el cual la identificación de la estructura de éste (componentes, canales, interacciones, etc) se hace a través de un proceso que se conoce como diseño del sistema, el cual se lleva a cabo de la siguiente manera:

- a) Se ubica el sistema considerado dentro de sistemas grandes.
- b) Se determinan los componentes del sistema.
- c) Se determinan los canales de comunicación entre los componentes del sistema y de éste hacia los elementos de otros subsistemas que van a tener influencia directa o indirecta.
- d) Se determina de qué manera se tiene acceso a la información requerida, cómo se procesa y cómo se transmite entre los diferentes componentes del sistema (5).

Existen, de manera general, tres tipos de problemas (los cuales se estudiarán a lo largo de este trabajo): determinísticos, con riesgos y bajo incertidumbre.

Los problemas determinísticos son aquellos en los que cada alternativa del problema (dos o más), tiene una y sola una solución.

Los problemas con riesgos son aquellos en los que cada alternativa del problema (dos o más), tiene varias soluciones.

Los problemas bajo incertidumbre son aquellos en los que cada alternativa del problema (dos o más), tiene varias soluciones y sin embargo, se ignora con qué probabilidad o distribución probabilística ocurrirán estas soluciones.

### 1.3 PROCESOS DE SOLUCION

Pueden utilizarse tres procesos o métodos de solución para llegar a soluciones óptimas o casi óptimas para problemas en la toma de decisiones: algoritmos, métodos heurísticos y simulación.

En algunos problemas tal vez sea imposible resolver en forma analítica el modelo, es decir, en forma matemática. En esos casos puede utilizarse la simulación para analizar el problema, pero la situación que se tiene a partir de un proceso de simulación no necesariamente es la óptima. Un modelo de simulación precisamente "simula"

la conducta del problema para un conjunto definido de condiciones de entrada. Para determinar el mejor curso de acción debe analizarse la conducta del modelo bajo diversos datos de entrada y elegir el que proporcione el nivel deseado de resultados.

En ocasiones, el planteamiento matemático de un problema puede ser tan complejo que una solución analítica es casi imposible, y la evaluación a través de simulación no es práctica debido al tiempo excesivo de procesamiento. En estos casos pueden utilizarse métodos heurísticos para desarrollar soluciones aproximadas aceptables. El proceso heurístico de solución se basa en reglas empíricas o intuitivas que, cuando se aplican al modelo, proporcionan una o más soluciones. Los métodos heurísticos son procedimientos de búsqueda que intentan pasar de un punto de solución a otro, de manera que se mejore el objetivo del modelo con cada movimiento sucesivo (6). Cuando ya no es posible encontrar mejoras al objetivo del modelo utilizando la regla de búsqueda elegida, la solución alcanzada se denomina solución aproximada.

Un algoritmo es "simplemente un conjunto de procedimientos o reglas que, cuando se siguen en forma ordenada, proporcionan la mejor solución para un modelo determinado" (7). Ya que un algoritmo se desarrolla para

un modelo dado o definido, es aplicable sólo para resolver un problema que se ajuste a las características específicas de ese modelo.

### 1.3.1 EL PROCESO DE SOLUCION EN LA INVESTIGACION DE OPERACIONES

Existen ciertas etapas que deben seguirse en cualquier estudio de Investigación de Operaciones; éstas comienzan con la identificación del problema y llegan hasta el implante y evaluación finales del sistema diseñado para resolverlo. Estas etapas deben seguirse para que sea posible esperar cierto grado de éxito en el proceso de planteamiento de modelos. Estas etapas se denominan proceso de solución de problemas.

El proceso de solución de problemas puede describirse en una estructura de seis etapas, como sigue:

- 1) Identificación, observación y planteamiento del problema.
- 2) Construcción del modelo.
- 3) Generación de una solución.
- 4) Prueba y evaluación de la solución.

5) Implantación.

6) Evaluación.

En la figura 1.3.1.1 se muestra una representación más detallada y práctica de este proceso. Las seis etapas del proceso se identifican con los cuadros de líneas punteadas, numerados (1) a (6).

La etapa 1 comienza cuando quien toma las decisiones observa la realidad y se da cuenta o percibe que un resultado que se desea no se está produciendo bajo las operaciones existentes. En la segunda fase de la etapa, se observa el problema con el objeto de identificar variables y relaciones clave. La fase final consiste en describir en forma verbal el problema. Esta es una descriptiva narrativa de las variables, las restricciones y el objetivo, así como también ciertas ideas generales con respecto a las relaciones que existen en el modelo. Sobre esta descripción verbal se hará el planteamiento del modelo matemático.

La etapa 2 implica el desarrollo del modelo, pero antes de estructurar en forma matemática el problema, es necesario examinar los factores identificados en la etapa 1 para diferenciar entre las variables controlables y las no controlables. Las variables controlables pueden

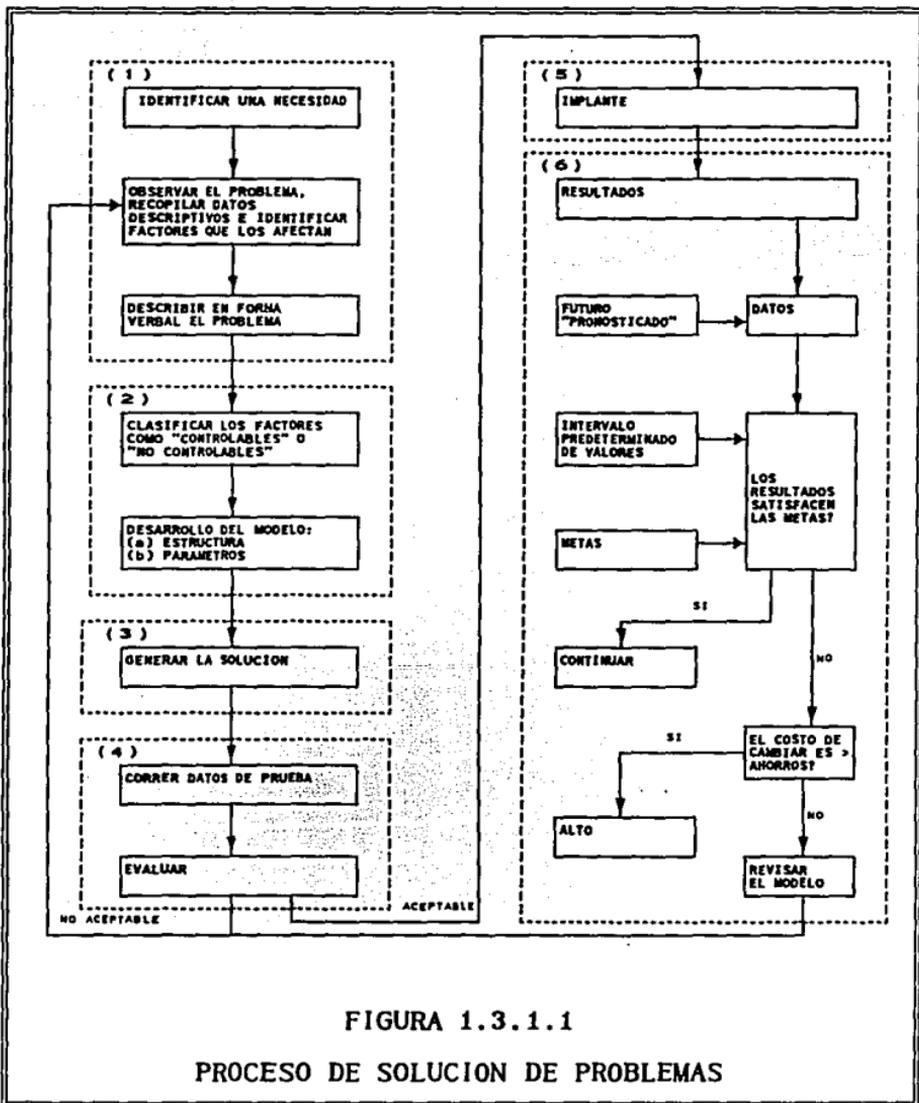


FIGURA 1.3.1.1

PROCESO DE SOLUCION DE PROBLEMAS

modificarse o manipularse por quien toma las decisiones. Para ayudar a plantear el modelo matemático, quien toma las decisiones debe identificar las variables controlables relevantes. Con base en estas variables y relaciones clave que se han identificado y documentado a nivel verbal, se estructura un modelo que describe en términos matemáticos el problema. Puede resultar necesario hacer algunas consideraciones que limiten al problema real para que pueda resolverse.

El desarrollo del algoritmo ocurre en la etapa 3. En la práctica, existe cierto grado de retroalimentación entre las etapas 2 y 3, dado que debe tenerse la seguridad de que el problema planteado en la etapa 2 satisface todas las condiciones o consideraciones que el algoritmo utiliza en la etapa 3.

En la etapa 4 se evalúa y se prueba el modelo adoptado o desarrollado en la etapa 3, con el objeto de determinar si se producen resultados útiles para el problema original. Pueden utilizarse diversos procedimientos para probar el modelo. En primer lugar, quien toma las decisiones simplemente puede examinar los resultados y hacer algún juicio con respecto a cuán razonables son. En segundo lugar, es posible adoptar un procedimiento de prueba a través del cual se utilicen situaciones históricas previas como modelo base. Es

decir, puede introducirse información proveniente de una decisión previa al modelo y comparar resultados con lo que ocurrió en la realidad. Sin importar si se utiliza uno de estos modelos de prueba para evaluar el modelo, éste debe modificarse si no satisface las necesidades de quien toma las decisiones. Con frecuencia el proceso de revisión implica añadir y eliminar variables, pero podría implicar volver al problema observado originalmente. (Esto se muestra en la figura como el circuito de regreso a la etapa 1).

La etapa 5 del proceso de solución es la implantación del modelo validado. Por desgracia, la mayoría de los especialistas no reconocen que el implante comienza el primer día del proyecto, y no cuando el modelo se ha desarrollado y ya está operando.

La última etapa (etapa 6) es la evaluación y revisión del modelo. Dado que no es raro que un modelo se utilice en forma repetida en el análisis de problemas de decisión, el modelo debe evaluarse en forma continua para determinar si los valores de los parámetros han cambiado y/o para ver si el modelo sigue satisfaciendo las metas de quien toma las decisiones. Si las características del problema cambian, o si no se están satisfaciendo las metas, entonces se debe considerar una modificación del modelo. Se utiliza el término "considerar" porque debe

contrastarse el costo de cambiar el modelo con los ahorros que se lograrían con la modificación. Si el costo de la modificación supera a los ahorros, entonces debe descontinuarse el proyecto (8).

#### 1.4 CONSTRUCCION DE MODELOS

Una de las técnicas que permiten resolver los problemas plantados es la elaboración de modelos; es decir, la representación de la realidad por medio de diagramas, maquetas, ecuaciones matemáticas y otros más, que permitan comprender mejor la esencia del problema y llegar a una solución.

La construcción de modelos es un medio que permite analizar y estudiar problemas, así como también examinar diferentes alternativas. Una forma de abordar los problemas consiste en visualizar diferentes opciones y evaluar cada una de ellas; es decir, se puede utilizar un MODELO ICONOGRAFICO del problema.

La iconografía es la descripción de imágenes, estatuas, monumentos y, por extensión, cualquier sistema que se desee representar. La utilidad principal de los modelos iconográficos estriba en su bajo costo y en la comprensión más inmediata que se tiene del sistema que se está analizando y observando. Este tipo de modelos fueron

los primeros creados en la ingeniería y son usados con mucha frecuencia en la actualidad.

Un segundo método consiste en crear un MODELO ANALOGICO que permita suficientes manipulaciones con los elementos que deben tenerse presentes.

Los modelos analógicos se basan en la representación de las propiedades de un sistema cuyos problemas se requieren resolver utilizando otro sistema cuyas propiedades son equivalentes.

Los MODELOS SIMBOLICOS son conceptualizaciones abstractas del problema real a base del uso de letras, números, variables y ecuaciones. Los modelos simbólicos por excelencia son los modelos matemáticos.

Resolver un modelo consiste en encontrar los valores de las variables dependientes asociadas a los componentes controlables del sistema a fin de optimizar, si es posible, o en caso de no serlo, mejorar la eficiencia y/o efectividad del sistema dentro del marco de referencia que fijan los objetivos establecidos por quien toma las decisiones (9).

#### 1.4.1 MODELOS MATEMATICOS. SU CLASIFICACION

Dentro de los modelos matemáticos existen dos clases principales: los modelos descriptivos y los modelos normativos.

Un MODELO DESCRIPTIVO es el que representa una relación, pero que no indica ningún curso de acción. Un MODELO NORMATIVO, que en ocasiones se denomina como modelo de optimización, es prescriptivo porque señala el curso de acción que el tomador de decisiones debe seguir para alcanzar un objetivo definido.

Los modelos descriptivos son útiles para pronosticar la conducta de sistemas pero no pueden identificar el "mejor" curso de acción que debe tomarse. Un modelo normativo puede contener submodelos descriptivos, esto implica que se incorpora un objetivo al modelo y que es posible identificar los efectos que diferentes cursos de acción tienen sobre ese objetivo. Resulta apropiado identificar las características clave de estos modelos. La mayoría de los modelos normativos están constituidos por tres conjuntos básicos de elementos: variables de decisión y parámetros, restricciones y una o más funciones objetivo.

- 1) Variables de decisión y parámetros. Las cantidades desconocidas que deben determinarse en la solución del modelo son las variables de decisión. Los parámetros son los valores que describen la relación entre las variables de decisión. Los parámetros permanecen constantes para cada problema, pero varían con problemas distintos.
  
- 2) Restricciones. Para incluir las limitaciones físicas que ocurren en el problema cuyo modelo se plantea, dicho modelo debe incluir cualesquiera condiciones que limiten las variables a valores permisibles (factibles). Por lo general, las restricciones se expresan como funciones matemáticas (submodelos descriptivos).
  
- 3) Función objetivo. La función objetivo define la efectividad del modelo como la relación de las variables de decisión. En general, se obtiene la solución óptima del modelo cuando los valores de las variables de decisión arrojan el mejor valor de la función objetivo, al mismo tiempo que se satisfacen todas las restricciones.

Además de la clasificación de los modelos ya descritos, con frecuencia se mencionan otras clasificaciones de los modelos en la literatura: modelos

determinísticos y estocásticos, lineales y no lineales, estáticos y dinámicos y, por último, modelos de simulación. Podría argumentarse que estas son distintas de los modelos, aunque en realidad son subclasificaciones de los modelos descriptivos y normativos y puede clasificarse un modelo específico aplicándole uno o varios de estos términos. Un examen de cada uno de estos términos aclarará este punto.

En un MODELO DETERMINISTICO, las relaciones funcionales, es decir, los parámetros del modelo, se conocen con certidumbre. En un MODELO ESTOCASTICO, se incorpora la incertidumbre. Un modelo estocástico puede tener algunas relaciones funcionales que sean determinísticas y estocásticas o todas pueden ser estocásticas. Pueden obtenerse soluciones para esos modelos si se estructuran en forma de un modelo normativo que proporcionen los mejores resultados esperados; es decir, se optimiza la función objetivo para obtener los resultados esperados máximos o mínimos.

Otra subclasificación de los modelos es la de los MODELOS LINEAL Y NO LINEAL. Un modelo lineal es aquel en que todas las relaciones funcionales implican que la variable dependiente es proporcional a las variables independientes. Por otra parte, los modelos no lineales utilizan ecuaciones curvilíneas o no proporcionales. Al

igual que en el caso de los modelos estocásticos, no es necesario que todas las relaciones funcionales del modelo sean no lineales para clasificarlo como no lineal. Si una o más relaciones son no lineales, se clasifica al modelo dentro de esta categoría.

Una tercera subclasificación de los modelos es en ESTÁTICOS Y DINÁMICOS. Los modelos estáticos se definen en un punto fijo del tiempo y se supone que las condiciones del modelo no cambian para ese período específico en el proceso de solución del modelo. Se determina una decisión óptima o curso de acción óptimo sin hacer referencia al curso de acción que se toma en períodos previos o futuros. Un modelo dinámico difiere de uno estático en que el curso de acción mejor u óptimo se determina examinando períodos múltiples. Los modelos dinámicos se utilizan en situaciones en las que no puede determinarse el curso óptimo de acción para un número múltiple de períodos sin considerar en forma colectiva las acciones que se emprenden en cada período.

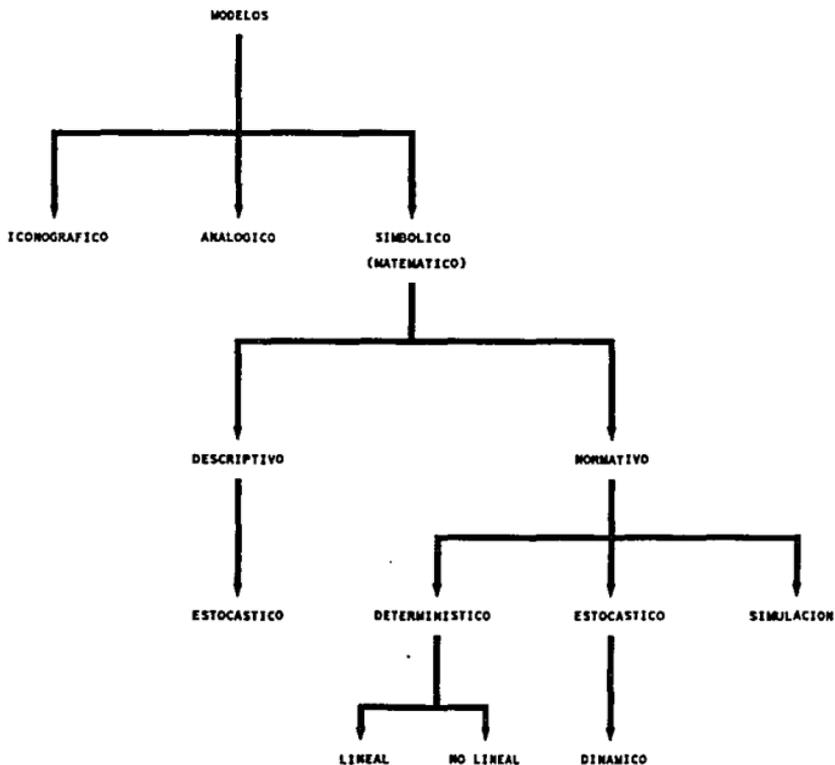
La subclasificación final de los modelos que se mencionan es la SIMULACION. La simulación es un proceso de planteamiento de modelos y experimentación que se utiliza para describir y/o analizar un problema o un área de problemas específicos. Es frecuente que la complejidad o la naturaleza de un problema haga imposible

desarrollar un planteamiento matemático que se ajuste de manera adecuada a dicho problema. Bajo esas circunstancias, tal vez sea posible simular el problema con el objeto de analizar diferentes cursos de acción. En el cuadro 1.4.1.1 se presenta una sinopsis de los modelos descritos.

#### 1.4.2 CLASIFICACION DE MODELOS DE DECISION

En la toma de decisiones es posible emplear modelos como la programación en enteros, de metas o lineal para determinar un curso de acción que conduzca a una situación óptima, sujeta a cierta clase de restricciones. En todas estas situaciones se supone que se conocen con certidumbre los parámetros o coeficientes. Es decir, estos modelos son determinísticos y el resultado de cualquier curso de acción no está sujeto a ninguna incertidumbre.

Sin embargo, no todos los modelos de toma de decisiones son determinísticos. En muchos casos, los parámetros del modelo varían debido a la incertidumbre. Este tipo de modelos son denominados modelos estocásticos y pueden dividirse en términos amplios en dos categorías, dependiendo de si la decisión se tomará utilizando datos previos relacionados con la ocurrencia de sucesos, o si no se usará ese tipo de datos.



**CUADRO 1.4.1.1**  
**CLASIFICACION DE MODELOS MATEMATICOS**

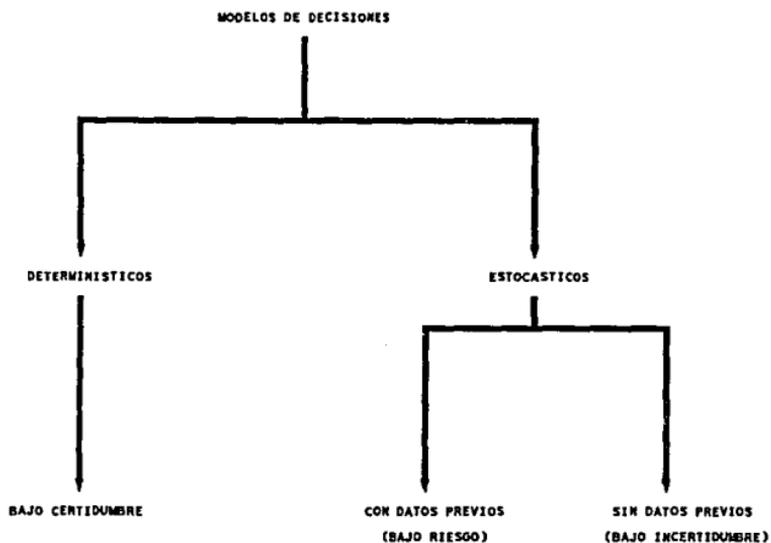
Analizando los diversos modelos de decisión para ambos tipos y teniendo cuidado en analizar las circunstancias en las que un modelo determinado de decisión es apropiado, se elegirá el modelo correcto pues es una parte importante en cualquier decisión. El cuadro 1.4.2.1 presenta esta clasificación (10).

## 1.5 EL ASPECTO HUMANO EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS

El elemento básico de todo tipo de comportamiento humano es la conducta, ya sea física o mental. Se puede contemplar el comportamiento como una serie de conductas. De este modo surge el interrogante de qué conducta emprenderán los seres humanos en cualquier situación dada, y por qué. Se sabe que las actividades están orientadas hacia las metas; es decir, las personas hacen aquellas cosas que las conducen a lograr algo. Pero las metas individuales pueden ser de naturaleza evasiva. Algunas veces las personas saben por qué hacen las cosas; a menudo, sin embargo, los impulsos emocionales de los individuos yacen reprimidos en el subconsciente.

### 1.5.1 MOTIVACION Y MOTIVADORES

Los motivos humanos se basan en necesidades, ya sea que éstas se perciban en una forma consciente o subconsciente. Algunas son necesidades primarias, como



CUADRO 1.4.1.2  
CLASIFICACION DE MODELOS DE DECISION

los requerimientos psicologicos relativos al agua, aire, alimentacion, sexo, sueño y habitacion. Otras pueden considerarse como secundarias, como la dignidad, la categoria, la asociacion con los demas, el afecto, la buena voluntad, la destreza y el autoconocimiento. Estas necesidades varian en intensidad y a lo largo del tiempo, segun los individuos.

Como Berelson y Steiner han definido el término, un motivo "es un estado interno que da energia, activa o mueve (de ahí motivación), y que dirige o canaliza el comportamiento hacia las metas" (11). En otras palabras, la motivación es un término general que se aplica a todos los tipos de impulsos, deseos, necesidades, emociones y fuerzas similares.

Se puede considerar, entonces, que la motivación incluye una reacción en cadena, que empieza por sentir necesidades, lo cual da lugar a la búsqueda de deseos o metas, lo que a su vez origina tensiones (es decir, deseos no satisfechos), y entonces se produce una reacción encaminada al logro de las metas y, finalmente, se satisfacen las necesidades. Esta cadena se muestra en la figura 1.5.1.1.

La explicación de la cadena no es sencilla. En primer lugar, el concepto de necesidades no es de

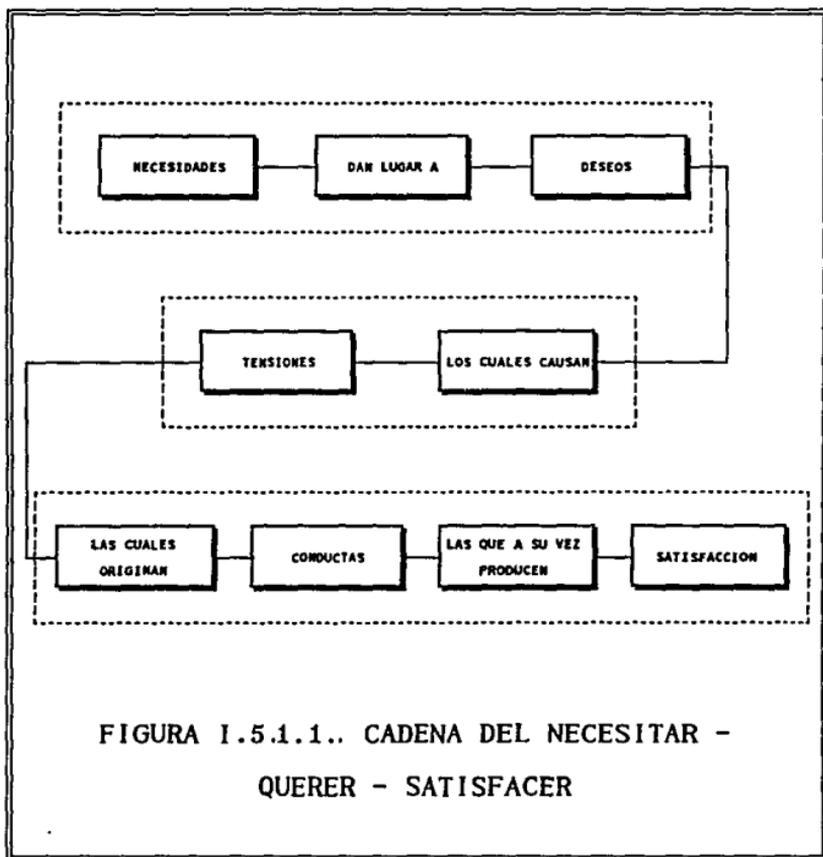


FIGURA I.5.1.1.. CADENA DEL NECESITAR -  
QUERER - SATISFACER

FUENTE: KATZ, FREEMONT E. "ADMINISTRACION EN LAS ORGANIZACIONES. ENFOQUE DE SISTEMAS Y CONTINGENCIAS". EDIT. MC GRAW HILL, MEXICO, 1980. p. 626.

naturaleza simple. Salvo las psicológicas, las necesidades no son independientes del ambiente de una persona. Se puede ver fácilmente también que muchas necesidades psicológicas son estimuladas por factores ambientales. El medio ambiente tiene una influencia fundamental sobre la percepción de las necesidades secundarias.

En segundo lugar, la cadena necesitar-querer-satisfacer no siempre opera tan fácilmente como se ha descrito. Las necesidades son causa de conducta. Pero éstas también pueden resultar de la conducta. El satisfacer una necesidad puede conducir al deseo de satisfacer otras necesidades. La naturaleza de una sola vía de la cadena ha sido también desafiada por las investigaciones de algunos científicos biológicos, quienes han descubierto que las necesidades no son siempre las causas del comportamiento humano, sino un resultado de él. En otras palabras, la conducta es a menudo lo que se hace, no por qué se hace.

Los motivadores son aquellos factores que inducen al individuo a actuar. Mientras que las motivaciones reflejan necesidades, son las recompensas recibidas, o los incentivos, los que agudizan el deseo de satisfacerlas. Son también el medio a través del cual las necesidades conflictivas pueden reconciliarse, o una de

ellas puede acentuarse de tal modo que se le de prioridad en términos de otra.

La motivación y la satisfacción son diferentes. La motivación se refiere al impulso y al esfuerzo para satisfacer un deseo o meta. La satisfacción se refiere a la alegría experimentada cuando se satisface una necesidad. En otras palabras, la motivación implica un impulso hacia un producto, mientras que la satisfacción incluye el hecho de haber experimentado el producto (12).

#### 1.5.2 TEORIA DE LA JERARQUIA DE LAS NECESIDADES

Una de las teorías sobre motivación más ampliamente referida es la de la jerarquía de las necesidades, creada por el psicólogo Abraham Maslow. El concibió las necesidades humanas en forma de una jerarquía en orden ascendente, de las menos a las más importantes, y concluyó que cuando un conjunto de ellas quedaba satisfecho, este tipo de necesidad dejaba de ser un motivador.

Las necesidades básicas humanas identificadas por Maslow, en orden ascendente de importancia, son las siguientes:

1. Fisiológicas. Estas son las básicas para mantener por sí la vida humana: alimentación, agua, vestido, habitación, sueño y satisfacción sexual. Maslow asumió la posición de que mientras éstas no estuviesen satisfechas en la medida necesaria para mantener la vida, otras necesidades no motivarían a la gente.
2. De seguridad. Estas son las necesidades de encontrarse libre de peligro físico y del temor a perder un trabajo, propiedad, alimentos, vestido o habitación.
3. De afiliación o aceptación. Puesto que los individuos son seres sociales necesitan pertenecer y ser aceptados por los demás.
4. De estimación. Según Maslow, una vez que la gente empieza a satisfacer su necesidad de pertenecer al grupo social, tiende a querer lograr una autoestimación y un aprecio proveniente de los demás. Estas producen satisfacciones como poder, prestigio, categoría y confianza en sí mismo.
5. De auto-realización. Maslow considera a ésta como la de mayor importancia dentro de la jerarquía. Consiste en el deseo de llegar a ser lo que cada quien considera que puede ser, es decir, maximizar el potencial de cada uno y lograrlo.

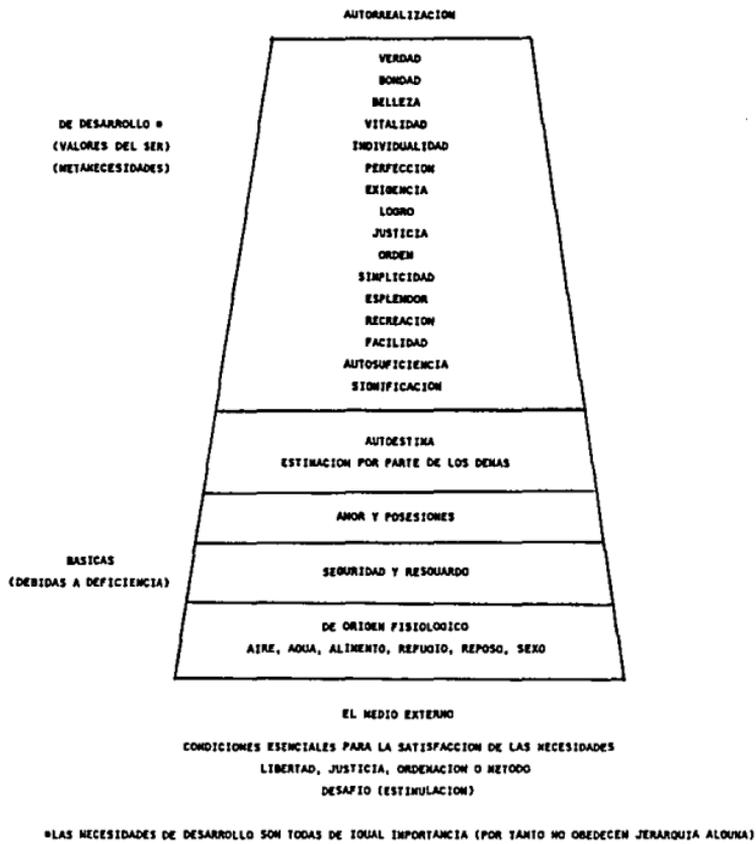
La investigación sobre la realidad de la jerarquía de las necesidades de Maslow, no da lugar a preguntas acerca de la exactitud de los aspectos jerárquicos de éstas. Sin embargo, la identificación de sus diversos tipos parece ser útil. Es indudable y verdadero que si las necesidades básicas -fisiológicas y de seguridad- no están completamente satisfechas, ello puede tener un efecto importante sobre la motivación. Qué necesidades deberán atenderse es algo que dependerá de la personalidad, pretensiones, deseos e impulsos de los individuos. En cualquier caso, no se debe olvidar que la mayoría de las personas, especialmente en una sociedad desarrollada, tiene necesidades que se diseminan a lo largo de todo el aspecto de la jerarquía de Maslow. La figura 1.5.2.1 sintetiza esta teoría de Maslow (13).

### 1.5.3 TEORIA DE LA EXPECTATIVA

Otra teoría que explica la motivación, se ha denominado como "teoría de la expectativa". El elemento esencial de ésta es que el ser humano estará motivado para hacer las cosas que conduzcan al logro de alguna meta, en la medida que espere que ciertas acciones por parte de ella contribuirán a dicho logro.

Vroom presentó una teoría relativa a la expectativa para el entendimiento de la motivación. El indicó que la

**FIGURA 1.5.2.1**  
**JERARQUIA DE NECESIDADES**



FUENTE: DOBLE, FRANK O. "LA TERCERA FUERZA. LA PSICOLOGIA PROPUESTA POR ABRAHAM MASLOW". 4ta. REIMPRESION, EDIT. TRILLAS, MEXICO, 1966. p. 63.

motivación de una persona hacia una acción en cualquier momento, sería determinada por sus valores anticipados de los resultados (tanto negativos como positivos) de la acción, multiplicados por la fuerza de la expectativa de esa persona en el sentido de que el resultado producirá la meta deseada. En otras palabras, argumentó que la motivación era producto del valor anticipado de una persona en términos de una acción y de la probabilidad percibida de que las metas serán alcanzadas (14).

Uno de los grandes atractivos de la teoría de Vroom es que reconoce la importancia de las distintas necesidades y motivaciones individuales. Se ajusta al concepto de que los individuos tienen metas personales muy distintas a las de la organización a la que pertenecen, pero que éstas pueden ser armonizadas.

Basándose en gran parte en la teoría de la expectativa, Porter y Lawler han derivado un modelo de motivación sustancialmente más completo y lo han aplicado en su estudio sobre todo a los administradores. El modelo puede resumirse como se muestra en la figura 1.5.3.1.

Como este modelo indica, el esfuerzo (la fuerza de motivación y la energía ejercida) depende del valor de una recompensa, más la energía desapercibida que una persona cree es necesaria y la probabilidad de recibir

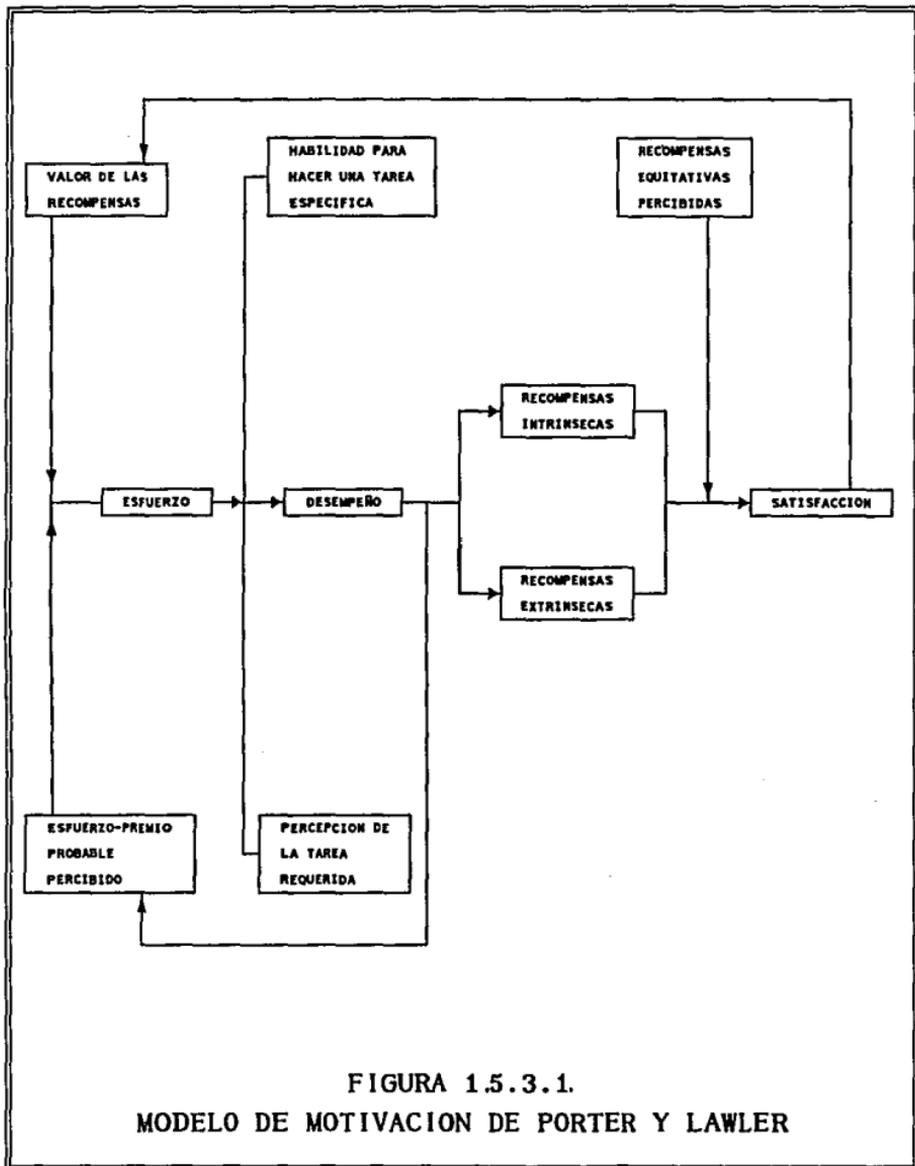


FIGURA 1.5.3.1.  
 MODELO DE MOTIVACION DE PORTER Y LAWLER

FUENTE: KATZ, FREEMONT E. "ADMINISTRACION EN LAS ORGANIZACIONES. ENFOQUE DE SISTEMAS Y CONTINGENCIAS".  
 EDIT. MC GRAW HILL. MEXICO, 1990. p. 637.

realmente la recompensa. El esfuerzo percibido y la probabilidad de recompensa están también influidos por el nivel verídico de realización.

El desempeño real de un trabajo está principalmente determinada por el esfuerzo realizado. Pero se halla también profundamente influido por la capacidad de un individuo para llevarlo a cabo, y por su expectativa de cual es la tarea que se requiere. El desempeño a la vez, se considera como algo que conduce a recompensas intrínsecas y extrínsecas. Estas, templadas por lo que el individuo percibe como recompensas equitativas, conducen a la satisfacción real individual. Pero el esfuerzo puesto para el desempeño también influye sobre las recompensas equitativamente percibidas. Como puede entenderse, lo que el individuo percibe como una recompensa justa por el esfuerzo, por fuerza afectará la satisfacción derivada. Del mismo modo, el valor real de las recompensas se verá afectado por la satisfacción.

David C. McClelland ha contribuido al entendimiento de la motivación identificando tres tipos de necesidades básicas motivadoras, clasificándolas como de poder, de afiliación y de realización. Uno de los descubrimientos interesantes de McClelland es que el impulso de realización puede aún ser enseñado a la gente de distintas culturas a través de programas de entrenamiento

que hacen énfasis en el prestigio, la posibilidad de efectuar el cambio, la enseñanza del lenguaje y los patrones de pensamiento de los grandes realizadores, el apoyo emocional de los miembros de la clase (especialmente mediante el compartir experiencias) y la transmisión de las evidencias obtenidas mediante investigaciones sobre el impulso de la realización (15).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Corzo, Miguel Angel. Introducción a la Ingeniería de Proyectos. 7a. reimpression. Edit. Limusa. México, 1983. p. 113.
- (2) Roscoe Davis K. Modelos cuantitativos para Administración. Grupo Editorial Iberoamérica. México, 1986. p. 3.
- (3) Rheault, Jean Paul. Introducción a la Teoría de las Decisiones. Edit. Limusa. México, 1982. p. 36.
- (4) Corzo, Miguel Angel. Op. cit. p. 11.
- (5) Rios García, Víctor. Investigación de Operaciones. Instituto Politecnico Nacional. México, 1982. p. 13-15.
- (6) Roscoe Davis K. Op. cit. p. 11.
- (7) Ibid p. 12.
- (8) Ibid p. 14-17.
- (9) Corzo, Miguel Angel. Op. cit. p. 133-139.

(10) Roscoe Davis K. Op. cit. p. 7-11.

(11) B. Berelson y G. A. Steiner. "Human Behavior. An Inventory of Scientific Findings" citado por Freemont E. Katz en Administracion en las organizaciones. Enfoque de Sistemas y Contingencias. Edit. Mc Graw Hill, Mexico, 1990. p. 626.

(12) Ibid p. 625-628.

(13) Goble, Frank G. La Tercera Fuerza. La psicología de Abraham Maslow. 4ta. reimpresi"n. Edit. Trillas. México, 1988. p. 63.

(14) Freemont E. Katz. Op. cit. p. 629-631.

(15) Ibid p. 634-638.

## CAPITULO SEGUNDO

### PLANEACION Y TOMA DE DECISIONES

#### 2.1 EL MARCO DE REFERENCIA: PLANEACION

La función de la planeación incluye el desarrollo de estrategias y el desarrollo de los medios para aplicarlas. La planeación ofrece un marco de referencia para la toma de decisiones integrada a lo largo de la organización. En el nivel estratégico, los planes amplios y a largo plazo son desarrollados para alcanzar la misión de una organización. Los planes a corto plazo son utilizados en el nivel operativo y realizados mediante tácticas detalladas.

##### 2.1.1 DEFINICION DE PLANEACION

Un plan es cualquier método detallado, formulado previamente, para hacer algo. La planeación es el proceso de decidir de antemano qué se hará y de qué manera. Incluye determinar la misión y visión de la empresa, identificando los resultados claves y fijando objetivos específicos, así como definiendo las políticas para el desarrollo y los programas y procedimientos para alcanzarlos. La planeación ofrece un marco de referencia para integrar los sistemas complejos de decisiones futuras interrelacionadas. La planeación integral es una

actividad total que busca aprovechar al máximo la efectividad completa de una organización como un sistema, de acuerdo con sus metas.

En suma, un plan es un curso de acción predeterminado. Esencialmente, un plan tiene tres características. Primero, debe referirse al futuro. Segundo, debe señalar acciones. Tercero, existe un elemento de identificación o causalidad personal u organizacional; es decir, el curso futuro de acción será seguido por el planificador o por otra(s) persona(s) designada(s). Futurismo, acción y causalidad personal u organizacional son elementos necesarios en todo el plan (1).

#### 2.1.2. RELACION CON LA TOMA DE DECISIONES

La toma de decisiones y la planeación están estrechamente relacionadas. "Una decisión es básicamente una resolución de elecciones alternativas. Una decisión no es un plan, puesto que no requiere de una implicación de acción o del futuro " (2). Por otra parte, una decisión que implica meramente la aceptación de una idea puede influir en la conducta individual o de la organización. Las decisiones, por supuesto, son necesarias en toda etapa de los procesos de planeación y

están, por tanto, inextricablemente vinculadas con la planeación.

La toma de decisiones es el medio de integrar funciones relacionadas entre sí tales como la fijación de metas, la formulación de la estrategia, la planeación y el control (3). La estrategia global es el resultado de decisiones sobre qué hacer (objetivos) y cómo hacerlo (tácticas). Los planes se derivan de las decisiones y ofrecen información por adelantado para guiar el comportamiento subsecuente. Las decisiones de control (ajustar tácticas y/u objetivos) dependen de la retroalimentación de información que permite la comparación de los resultados esperados y los reales.

### 2.1.3. RELACION CON LOS PRONOSTICOS

La implicación de futurismo que tiene la planeación sugiere que los pronósticos son una parte importante del proceso. La anticipación de los estados de la naturaleza y/o los resultados de los cursos de acción alternativos es una fase crucial del proceso de toma de decisiones. Los pronósticos son una parte fundamental de la planeación puesto que son la base sobre las que se establecen marcos de referencia un tanto elaborados. Conforme se extiende el elemento tiempo, los pronósticos se tornan cada vez más peligrosos y más subjetivos, pero

sigue siendo un ingrediente esencial en el proceso de planeación. Como la base para la planeación a largo plazo, los pronósticos son un intento por hacer que el futuro sea menos incierto. La vigilancia constante no necesariamente asegura el éxito; se debe tener la capacidad para sacar provecho de las oportunidades reconocidas. Sin embargo, los pronósticos y la planeación a largo plazo deben reducir la incertidumbre ambiental para las decisiones que sacan el mejor provecho a las situaciones conforme van surgiendo. La incertidumbre es el complemento del conocimiento. Es la brecha entre lo que se sabe y lo que se necesita saber para tomar decisiones correctas (4).

#### 2.1.4. PROCESO DE PLANEACION

La figura 2.1.4.1 muestra un proceso típico de planeación utilizado por individuos y organizaciones. Las premisas sobre el futuro subrayan el proceso de planeación que empieza con el desarrollo de una estrategia, incluyendo declaraciones de misión y objetivos a largo plazo. Luego viene la programación a plazo medio que integra los planes funcionales y traduce la estrategia en planes tácticos. Los planos de operación son aplicados vía medidas de acción específicas. El control se mantiene por medio de la revisión de las condiciones reales y comparándolas con resultados

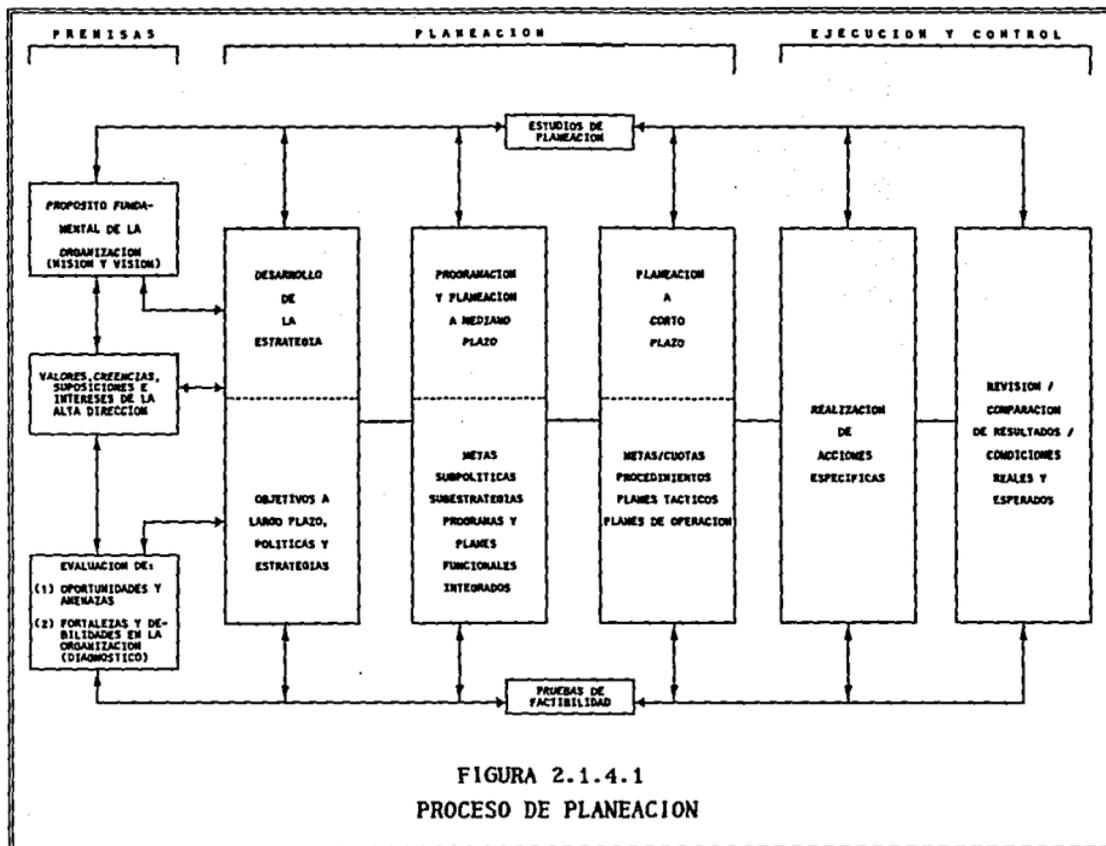


FIGURA 2.1.4.1  
 PROCESO DE PLANEACION

esperados, y se inician acciones correctivas si es necesario (5).

#### 2.1.4.1. DIAGNOSTICO (PREMISAS)

Los seres humanos dedican tiempo y esfuerzo a pronosticar. Las expectativas sobre el futuro se basan en tendencias pasadas y condiciones actuales. Las creencias se mezclan con los deseos para crear el fondo para la fijación de objetivos. Algunas condiciones futuras son esencialmente incontrolables. Otras son controlables hasta cierto punto y por tanto garantizan una atención explícita en los procesos de planeación y fijación de objetivos.

Las suposiciones y afirmaciones son también premisas de la planeación. Formal o informalmente, se desarrollan nociones sobre el futuro, cuando menos sobre aquellos factores o fuerzas que parecen relevantes para la actividad organizacional. Los valores y actitudes son también premisas importantes. El punto de vista sobre lo que es bueno y deseable afecta a los objetivos que se busquen y los medios que se utilizan para tratar de alcanzarlos.

Aunque los tomadores de decisiones puedan sentir que actúan objetivamente en la toma de decisiones con

respecto a la fijación de objetivos y el diseño de estrategias, deben conocer que los valores derivan de la experiencia pasada total y que son factores muy sutiles, aunque siempre presentes.

Las premisas sobre el medio externo se unen con las premisas sobre las condiciones internas, particularmente las fortalezas y las debilidades. Esto ofrece una evaluación compuesta de las condiciones futuras y actuales, base para el proceso de planeación (6).

#### 2.1.4.2. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA

Una función clave es el desarrollo y refinamiento continuo de una estrategia general. Un punto de vista de contingencia de la formulación de estrategias puede ser presentado en términos de cuatro componentes principales:

- 1) oportunidad del medio;
- 2) competencia y recursos;
- 3) intereses y deseos administrativos; y
- 4) responsabilidad ante la sociedad.

La consideración de cada uno y todos estos componentes debe conducir a un plan estratégico clave; uno que tenga una probabilidad razonable de éxito. Este concepto refleja conceptos de sistemas y un punto de vista de contingencia porque reconoce las interrelaciones entre los diversos componentes (7).

Obviamente, algunos individuos tienen éxito sin una atención explícita y consumidora de tiempo a la formulación de la estrategia. Sus sentimientos son intuitivos sobre qué hacer y cuándo hacerlo podrían responder a la situación. Puede que tengan suerte. Por otra parte, es más probable que hayan pasado por algún proceso inconsciente de formulación de estrategia que conduzca a la respuesta apropiada, aún cuando no puedan articular su razonamiento. Aunque esos casos de éxito son evidentes, el punto de vista aquí es que la probabilidad de éxito a largo plazo es reforzada con un enfoque más cuidadoso y explícito a la reflexión a través de los diversos factores implicados.

La formulación explícita de la estrategia sugiere innovación, más que simple reacción y adaptación. Ofrece medios para que una organización influya en su medio y logre crear un nicho que se ajuste a sus fortalezas e intereses específicos.

La formulación de estrategias "es un proceso continuo de refinamiento basado en tendencias pasadas, condiciones actuales y estimaciones sobre el futuro" (8). Una estrategia visible sirve para enfocar el esfuerzo organizacional, para facilitar el compromiso de los participantes (y quizá motivarlos), y para aumentar la probabilidad de autocontrol en subunidades e individuos.

#### 2.1.4.3. PLANES DE OPERACION

En las operaciones cotidianas, la planeación y los planes adoptan un carácter muy diferente. El proceso de planeación es más rutinario y programable debido a que parte de la turbulencia e incertidumbre del medio ha sido eliminada por la administración de alto nivel, o tomada en cuenta en los lineamientos fijados en la estrategia a gran alcance y los programas a mediano plazo. Los planes de operación tienden a ser repetitivos e inflexibles a corto plazo. El cambio se produce solamente cuando es obvio que las acciones y los planes específicos no están funcionando. La identificación de un problema así es parte de la planeación estratégica más amplia y los procesos de programación a plazo medio, o a un resultado de controlar la actividad.

Una parte importante de la planeación es programar la secuencia de las actividades o tareas que deben

realizarse para un proyecto en particular. Hacer que el plan sea visible por medio de una gráfica o diagrama de red.

#### 2.1.5. PLANEACION ESTRATEGICA

La planeación estratégica formal considera cuatro puntos de vista diferentes necesarios para entender ésta.

Primero, la planeación trata con el porvenir de las decisiones actuales. Esto significa que la planeación estratégica observa las causas y efectos durante un tiempo relacionados con una decisión real o intencionada que se tomará. Si la perspectiva futura no es aceptable, la decisión puede cambiarse fácilmente. La planeación estratégica también observa las posibles alternativas de los cursos de acción en el futuro, y al escoger unas alternativas, éstas se convierten en la base para tomar decisiones presentes.

Segundo, la planeación estratégica es un proceso que se inicia con el diagnóstico de la organización, la definición de estrategias y políticas para lograrlas y el desarrollo de planes detallados para asegurar la implantación de las estrategias y así obtener los fines buscados. También es un proceso para decidir de antemano qué tipo de esfuerzos de planeación debe hacerse, cuándo

y cómo debe realizarse, quién lo llevará a cabo, y qué se hará con los resultados.

Tercero, la planeación estratégica es una actitud, una forma de vida; requiere de dedicación para actuar con base en la observación del futuro, y una determinación para planear constante y sistemáticamente como una parte integral de la dirección. Además representa un proceso mental, un ejercicio intelectual, más que una serie de procesos, procedimientos, estructuras o técnicas prescritas.

Cuarto, un sistema de planeación estratégica formal une cuatro tipos de planes fundamentales : planes estratégicos, programas a mediano plazo, presupuestos a corto plazo y planes operativos. El concepto de una estructura también se expresa en la siguiente definición: La planeación estratégica es el esfuerzo sistemático y más o menos formal, para establecer propósitos, objetivos, políticas y estrategias básicos, para desarrollar planes detallados con el fin de poner en práctica las políticas y estrategias y así lograr los objetivos y propósitos básicos.

### 2.1.5.1. MODELOS CONCEPTUALES DE PLANEACION ESTRATEGICA

Un modelo conceptual es aquel que presenta una idea de lo que algo debería ser en general, o una imagen de algo formado mediante la generalización de particularidades. Representa una herramienta fuerte puesto que proporciona la guía necesaria para un funcionamiento adecuado en la práctica. En la figura 2.1.5.1 , se muestra el modelo conceptual de la estructura y del proceso de planeación corporativa sistemática. Además, elabora el significado de la planeación estratégica y explica cómo se puede realizar el proceso. Este cuadro está dividido en tres secciones principales: premisas, formulación de planes, implantación y revisión.

#### 2.1.5.1.1. PREMISAS DE PLANEACION

Premisas significa literalmente lo que va antes, lo que se establece con anterioridad, o lo que se declara como introductorio, postulado o implicado. Las premisas están divididas en dos tipos: el plan para planear y la información sustancial necesaria para el desarrollo e implantación de los planes.

Las premisas de planeación esenciales se muestran en los cuadros en línea vertical. La información acumulada

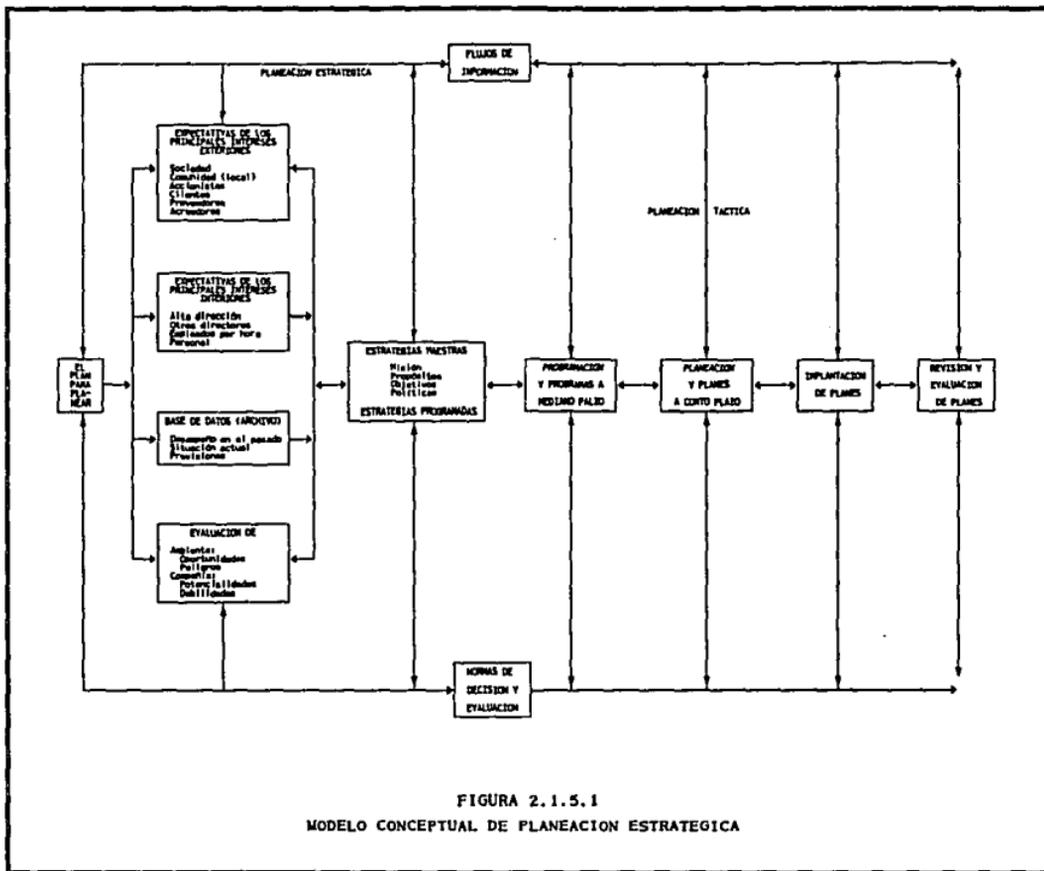


FIGURA 2.1.5.1  
 MODELO CONCEPTUAL DE PLANEACION ESTRATEGICA

en estas áreas algunas veces es llamada "análisis de situación". En la parte superior de estos cuadros se encuentran las expectativas de los principales intereses externos. Es importante en la planeación estratégica saber cuáles son los intereses de sus propios elementos y cómo se esperan que cambien. Los sujetos que conforman un sistema también deben ser apreciados y considerados en el proceso de planeación. Especialmente importantes son aquellos de los altos directivos que provienen de sus sistemas de valores y los cuales son premisas fundamentales para cualquier sistema de planeación estratégica.

En la base de datos (archivo) está incluida la información acerca del desempeño pasado, la situación actual y el futuro. Esta información es esencial para ayudar a aquellos encargados de la planeación en la identificación de los cursos de acción alternativos y para evaluarlos adecuadamente.

El último cuadro algunas veces es llamado "análisis de OPEDEPO PF", lo cual es acrónimo para oportunidades, peligros, debilidades y potencialidades fundamentales en la planeación. Un propósito principal de la planeación estratégica consiste en descubrir las oportunidades y los peligros futuros para elaborar planes, ya sea para explotar o evitar.

#### 2.1.5.1.2. FORMULACION DE PLANES

En cuanto a conceptos y con base en las premisas, el siguiente paso en el proceso de planeación estratégica es formular estrategias maestras y de programa. Como se ve en el cuadro II.1, las estrategias maestras se definen como misiones, propósitos, objetivos y políticas básicas; mientras que las estrategias de programa se relacionan con la adquisición, uso y disposición de los recursos para proyectos específicos.

Esta parte de la planeación se dedica a los fines más importantes y fundamentales buscados y a los enfoques principales para lograrlos. No existe un enfoque modelo para planear en esta área. La programación a mediano plazo es el proceso mediante el cual se prepara y se interrelacionan planes específicos funcionales para mostrar los detalles de cómo se debe llevar a cabo la estrategia para lograr objetivos, misiones y propósitos a largo plazo. El siguiente paso es desarrollar los planes a corto plazo con base en los planes a mediano plazo. Los planes operativos actuales serán mucho más detallados que los planes de programación a mediano plazo.

### 2.1.5.1.3. IMPLEMENTACION Y REVISION

Una vez que los planes operativos son elaborados, deben ser implantados. El proceso de implantación cubre toda la gama de actividades directivas, incluyendo la motivación, compensación, evaluación directa y procesos de control. Los planes deben ser revisados y evaluados, puesto que al paso del tiempo se vuelven obsoletos. Por lo mismo, debe pasarse por un ciclo de planeación durante el cual se revisen los planes. Este proceso debería contribuir significativamente al mejoramiento de la planeación del siguiente ciclo.

### 2.1.5.1.4. FLUJOS DE INFORMACION Y NORMAS DE EVALUACION Y DECISION

El cuadro "flujos de información", simplemente debe transmitir el punto de que la información fluye por todo el proceso de planeación. Por supuesto que este flujo difiere grandemente, dependiendo de la parte del proceso a la que sirve y del tema de la información.

En todo el proceso de planeación es necesario aplicar las normas de decisión y evaluación. Por otra parte, con el desarrollo de los planes operativos actuales, las normas de decisión se convierten en más

cuantitativas, o sea, en fórmulas de sustitución de inventarios o de rendimientos sobre inversión (9).

## 2.2. EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

Una decisión puede definirse "como el proceso de elegir la solución para un problema, siempre y cuando existan al menos dos soluciones alternativas" (10). Es evidente que deben llevarse a cabo varias acciones antes de tomar una decisión. Estas actividades pueden resumirse de la siguiente manera:

ETAPA 1. El T.D.(\*) se da cuenta que existe un problema.

ETAPA 2. El T.D. recopila datos acerca del problema.

ETAPA 3. El T.D. elabora un modelo que describe el problema.

ETAPA 4. El T.D. utiliza el modelo para generar soluciones alternativas para el problema.

ETAPA 5. El T.D. elige entre las soluciones alternativas.

\* SE REFIERE A QUIEN TOMA LAS DECISIONES

En la etapa I, el T.D. percibe el problema a través de los síntomas que se van presentando en la ejecución de tareas determinadas para satisfacer un trabajo específico. El siguiente paso es recopilar más información acerca de este problema. Esta información adicional puede ser tanto cuantitativa como cualitativa y sirve para ayudar al T.D. a pasar a la etapa 3, en la que se elabora un modelo que describe el problema. Un modelo es una versión simplificada de la realidad que conserva las características importantes del problema. Utilizando el modelo, que también puede ser cuantitativo o cualitativo, el T.D. pasa a la etapa 4 y genera soluciones alternativas para el problema. Esto puede hacerse a través de una dinámica de grupos, técnicas matemáticas, u otros métodos. Desde el punto de vista psicológico, tener demasiadas soluciones alternativas puede ser peor que tener muy pocas, puesto que la enorme magnitud del proceso de selección que se produce en la etapa 5 puede abrumar al T.D. Es en la etapa 5 en la que los modelos cuantitativos pueden diferir en mayor medida de los cualitativos. Los modelos cuantitativos pueden explorar todas las soluciones alternativas posibles con la intención de encontrar cualquier solución satisfactoria. Este último enfoque, que se conoce como "satisficing", toma en consideración los aspectos conductuales de la toma de decisiones y con frecuencia se utiliza en los casos en los que no puede haber recursos disponibles o en

los que los costos de encontrar la solución óptima resulten prohibitivos (11).

### 2.2.1. TERMINOLOGIA DE MODELOS DE TOMA DE DECISIONES

Al igual que con cualquier tipo de modelo, los modelos de toma de decisiones tienen una terminología propia. Esta terminología describe las tres partes esenciales de una decisión:

1. Las decisiones alternativas de entre las cuales el T.D. puede elegir
2. Los estados de la naturaleza, o acciones externas que enfrenta la persona encargada de tomar las decisiones
3. El resultado que se obtiene por el uso de una alternativa determinada cuando se presenta cierto estado de la naturaleza

#### 2.2.1.1. DECISIONES ALTERNATIVAS

Cuando un T.D. enfrenta un problema que requiere una decisión, una de las acciones que debe emprender antes de llegar a una decisión, es determinar las alternativas sobre las cuales se basará la decisión final. Aquí solo se consideran alternativas en verdad viables.

### 2.2.1.2. LOS ESTADOS DE LA NATURALEZA

Una persona que toma decisiones y que enfrenta una situación de decisión en la que pueden producirse resultados múltiples a partir de una estrategia determinada, enfrenta estados de la naturaleza múltiples o acciones externas múltiples. Los estados de la naturaleza "son las circunstancias que afectan el resultado de la decisión pero que están fuera del control del T.D." (12). También se les denomina acciones externas.

El concepto primordial que debe recordarse acerca de los estados de la naturaleza, es que se trata de condiciones externas que tiene efecto sobre los resultados que se obtienen de diversas decisiones alternativas. De nuevo, y al igual que en la selección de alternativas, es importante considerar sólo condiciones del medio ambiente que tengan un efecto significativo sobre los resultados.

### 2.2.1.3. RESULTADOS

Para cada combinación de estrategia y estado de la naturaleza habrá un resultado. Este resultado puede expresarse en términos de utilidades, de valores presentes o en términos de alguna medida no monetaria,

por ejemplo, la satisfacción personal al haber alcanzado el logro de un objetivo en particular.

Para determinar los resultados es necesario considerar todas las posibles combinaciones de decisiones y de estados de la naturaleza para determinar el resultado que se obtendría si se utiliza una alternativa dada y si ocurre un estado específico de la naturaleza. (13). Con bastante frecuencia los resultados también se denominan pagos y una tabla de resultados se denomina tabla de pagos.

### 2.2.2. TIPOS DE DECISIONES

En esencia existen tres tipos principales de decisiones:

1. Decisiones bajo certidumbre
2. Decisiones en las que pueden usarse datos previos para calcular probabilidades que se emplean en la toma de decisiones (decisiones bajo riesgo).
3. Decisiones para las cuales existen datos previos que permiten calcular probabilidades para cada una de las posibles alternativas (decisiones bajo incertidumbre).

### 2.2.2.1. TOMA DE DECISIONES BAJO CERTIDUMBRE

En los casos en que existe solo un resultado para una decisión se están tomando decisiones bajo certidumbre. Ejemplos de eso son la programación lineal y la programación en enteros. En ambos casos, si se decide que un grupo de variables sea positivo (es decir, si se toma una decisión) no hay duda con respecto a cuál será la utilidad asociada con esa decisión.

### 2.2.2.2. TOMA DE DECISIONES UTILIZANDO DATOS PREVIOS (BAJO RIESGO)

En los casos en los que debe tomarse una decisión en forma repetida, se tienen muchos resultados posibles, y las circunstancias que rodean a la decisión son siempre iguales, se tiene lo que podría denominarse decisiones utilizando datos previos. Dado que es posible valerse de la experiencia pasada para desarrollar probabilidades con respecto a la ocurrencia de cada resultado, en este tipo de toma de decisiones se utilizan modelos basados en probabilidades.

Son tres las condiciones necesarias para este tipo de toma de decisiones:

1. Las decisiones se toman bajo las mismas condiciones.
2. Existe más de un resultado para cada decisión.
3. Existe experiencia anterior que puede utilizarse para obtener probabilidades para cada resultado.

Si cualquiera de estas condiciones no se cumple, entonces no se considera que es una decisión con base en datos previos.

#### 2.2.2.3. TOMA DE DECISIONES SIN DATOS PREVIOS (BAJO INCERTIDUMBRE)

En los casos en los que una decisión no se toma en forma repetida, no existe experiencia pasada que pueda utilizarse para calcular probabilidades, o las circunstancias que rodean la decisión cambian de un momento a otro, se considera que la decisión se toma sin datos previos. Se le denomina así debido a que la decisión se toma sólo una vez, y como tal, no existe experiencia pasada disponible que ayude en el proceso de la toma de decisiones. Para este tipo de problema de decisión es posible emplear dos métodos. Pueden utilizarse sólo los resultados de cada decisión para determinar cuál es la decisión que mejor se ajusta a la opinión que se tiene de los factores externos que rodean

el problema. O bien , puede decidirse utilizar estimaciones subjetivas (que no se basan en datos previos y probabilidades subjetivas), para determinar una decisión.

Como medio para estructurar las tres partes esenciales de una decisión, se emplean los árboles de decisión.

### 2.3. ARBOLES DE DECISION

Una forma clara y sencilla de estructurar el proceso de toma de decisiones es por medio de un árbol de decisión. El árbol de decisión está formado por nodos de acción, nodos de probabilidad y ramas. Los nodos de acción representan aquellos lugares del proceso de toma de decisiones en los que se toma una decisión. Los nodos de probabilidad indican aquellas partes del proceso de toma de decisiones en las que ocurre algún estado de la naturaleza. Las ramas se utilizan para denotar las decisiones o los estados de la naturaleza. También pueden anotarse probabilidades sobre las ramas para denotar la posibilidad de que ocurra un estado determinado de la naturaleza. Por último se colocan los pagos al final de las ramas terminales del estado de la naturaleza para mostrar el resultado que se obtendría al tomar una decisión particular, y que después ocurra un estado específico de la naturaleza (14).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Koontz, Harold. Curso de Administración Moderna. Un análisis de sistemas y contingencias de las funciones administrativas. 6a. ed. Edit. Mc Graw Hill. México, 1981. p. 505.
- (2) Preston P. Lebreton and Dale A. Henning. Planning Theory citado en Ibid p. 505.
- (3) Fulmer, Robert M. Administración Moderna. 3ra. impresión. Edit. Diana. México, 1986. p. 235.
- (4) Robbins, Stephen P. Administración. Teoría y Práctica. Edit. Prentice-Hall Hispanoamericana. México, 1987. p. 122-126.
- (5) Katz, Freemont E. Administración en las Organizaciones. Enfoque de Sistemas y Contingencias. Edit. Mc Graw Hill. México, 1990. p. 157.
- (6) Ibid. p. 159.
- (7) Ibid. p. 161

- (8) Kepner, Charles H. El Directivo Racional. Enfoque sistemático a la resolución de problemas y la toma de decisiones. Edit. Mc Graw Hill. México, 1970. p. 62-66.
- (9) Steiner, George A. Planeación Estratégica. 7ta. impresión. Edit. C.E.C.S.A. México, 1986. p. 20-27.
- (10) Robbins, Stephan P. Op. cit. p. 69.
- (11) Roscoe, Davis K. Modelos cuantitativos para Administración. Grupo Editorial Iberoamérica. México, 1986. p. 535-536.
- (12) Ibid. p. 540.
- (13) Ibid. p. 541.
- (14) Ibid. p. 542.

CAPITULO TERCERO  
TOMA DE DECISIONES

3.1. TOMA DE DECISIONES BAJO CERTIDUMBRE

La toma de decisiones bajo certidumbre ocurre cuando la persona que decide, conoce el resultado del sistema que ocurrirá con certeza. En tales situaciones, el tomador de decisiones conoce el conjunto de soluciones alternativas posibles y conoce también los resultados de cada una de éstas (1).

Como las decisiones que deben hacerse se han vuelto cada vez más numerosas, y en ciertas situaciones son más complicadas, se han buscado métodos que ayuden al tomar decisiones y para ello se han encontrado particularmente útiles las matemáticas.

3.1.1 PROGRAMACION LINEAL

Dentro del campo en la Investigación de Operaciones, la programación lineal ha figurado como una de las técnicas de mayor uso y aplicación práctica, en la optimización de un programa a desarrollar en base a ciertas medidas restrictivas. Desde un punto de vista puramente matemático, la programación lineal es una

técnica utilizada para maximizar o minimizar una función sujeta a restricciones lineales.

La programación lineal se basa en seis consideraciones, que son:

- 1) Una función objetivo única sujeta a restricciones. La función objetivo es la función lineal que indica la finalidad que se persigue, y es posible considerar la maximización o minimización de costos, en calidad de objetivos únicos. Las restricciones son las condiciones en que normalmente se presentan los recursos con que se cuentan. Si no hay restricciones, prácticamente no hay problema (pueden aparecer como ecuaciones, o bien, como inecuaciones);
- 2) Proporcionalidad de todas las relaciones. Significa que la modificación de una variable deberá ser igual a la variación de otra, tanto en la función objetivo como en las restricciones;
- 3) Aditividad de todas las variables. El total es igual a la suma de las partes y no hay efectos de interacción entre las variables;

- 4) Divisibilidad de las variables. Significa que son posibles asignaciones fraccionarias. Esta es una consideración importante dado que no es posible garantizar que las soluciones de programación lineal sean enteras;
- 5) Certidumbre en todos los parámetros. Se considera que todos los parámetros se conocen sin estar sujetos a condiciones de incertidumbre; y
- 6) No negatividad de las variables. Esta es la consideración más fácil de comprender, porque no tiene sentido el pretender obtener menos de cero utilidades o unidades.

Dado que la programación lineal es un modelo matemático abstracto de un problema físico, es necesario utilizar símbolos matemáticos para representar las cantidades físicas del problema. Este proceso se conoce como planteamiento de un problema de programación lineal.

La segunda parte del proceso de planteamiento del modelo, consiste en combinar variables de decisión (que son definidas con anterioridad) y las relaciones físicas inherentes al problema. Estas relaciones físicas varían de un problema a otro y es necesario tener cuidado de

asegurar que el modelo matemático represente en forma precisa esas relaciones (2).

### 3.1.2. METODO GRAFICO

Para resolver problemas pequeños (con dos variables), es posible utilizar un método gráfico. Aunque este procedimiento no sirve para resolver problemas que tengan más de dos variables, resulta útil para ilustrar tanto el proceso de solución como las características de una solución óptima o de máximas utilidades (3).

Son cuatro los pasos que deben seguirse para resolver en forma gráfica un problema. Los pasos son:

1. Plantear en forma matemática el problema.
2. Graficar o trazar las restricciones.
3. Graficar la función objetivo.
4. Determinar los valores de las variables en el punto que arroje las máximas utilidades.

El planteamiento del problema implica un procedimiento que a su vez consta de tres pasos:

- a. Definir las variables de decisión.
- b. Plantear en términos matemáticos la función objetivo.
- c. Plantear en términos matemáticos las restricciones.

Al graficar las desigualdades, se obtendrá una región que satisfaga de manera simultánea todas las restricciones. A esta región se le denomina región factible. Cualquier punto de la región factible es una solución para el problema original.

Para maximizar la solución del problema, debe encontrarse una recta que esté lo más alejada del origen, pero que se mantenga en contacto con la región factible. Esto no es otra cosa que graficar la función objetivo.

Del proceso de solución es posible observar diversos resultados importantes. En primer lugar, los puntos que resulta necesario considerar para buscar el óptimo son los que se encuentran sobre la frontera o parte externa de la región factible. Es decir, que para cualquier punto que se encuentre en la región factible, existe un punto con mayores utilidades que está sobre la frontera de la región factible. En segundo lugar, los únicos puntos sobre la frontera que es necesario considerar son las esquinas (éstas ocurren en la intersección de dos o más

restricciones). A estas esquinas con frecuencia se les denomina vértices de la región factible.

Una solución óptima para un problema de programación lineal, siempre ocurre en un vértice, porque para cualquier otro punto que se encuentre sobre la frontera siempre hay un vértice que tiene la misma o mayor utilidad (4).

### 3.1.3. METODO SIMPLEX

El procedimiento basado en la solución simultánea de conjuntos de ecuaciones y pasando de un vértice a otro hasta que se llegue a una solución óptima, es precisamente la forma en que funciona un algoritmo que se denomina método simplex (5). En cada paso del algoritmo se resuelven en forma simultánea las ecuaciones que forman un vértice para identificarlo. Se prueba si este vértice es óptimo, y si no lo es, el algoritmo pasa a otro vértice y se repite el proceso. El procedimiento garantiza que uno de los vértices no será peor que el anterior en términos de utilidades o costos.

El método simplex tiene la ventaja de que es fácil manejar más de dos variables. Sin embargo, y sin importar si un problema determinado requiere de dos o más variables, el método simplex examina sólo las esquinas de

la región factible. Para asegurar que ésto ocurre, la primera etapa del método consiste en convertir en ecuaciones todas las restricciones lineales expresadas en forma de desigualdades.

El proceso de convertir desigualdades en igualdades implica añadir una variable de holgura a las desigualdades del tipo "menor o igual que" (desigualdades de la forma  $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 < b_1$ ) y restar una variable de excedente de las desigualdades de "mayor o igual que" (desigualdades de la forma  $a_{21}x_1 + a_{22}x_2 > b_2$ ) (6).

El siguiente paso del método es identificar los vértices de la región factible. Normalmente, puede resolverse un sistema de ecuaciones lineales cuando el número de éstas es igual al número de variables. Cuando existen más variables que ecuaciones, puede aplicarse un teorema básico del algebra lineal que especifica que para un sistema de  $m$  ecuaciones y  $n$  variables, en el que  $n > m$ , si existe una solución, puede encontrarse igualando  $n - m$  de las variables a cero y resolviendo el conjunto restante de  $m$  ecuaciones y  $m$  variables. Las variables que se igualan a cero se denominan variables no básicas y las variables que se usan para resolver las ecuaciones se denominan variables básicas.

De aquí, es posible encontrar  $n!/m!(n-m)!$  soluciones básicas. Para diferenciar las soluciones factibles de las que no lo son, se identifica como solución factible básica cada solución en la que todas sus variables son no negativas. La solución factible básica que tiene el mayor valor para la función objetivo (en un problema de maximización) es la solución óptima.

La tabla simplex inicial (tabla 3.1.3.1) para un problema de programación lineal, simplemente es una forma distinta de plantearlo separando los coeficientes de la función objetivo y de las restricciones de sus respectivas variables. Es posible realizar con facilidad los cálculos necesarios sin tener que manipular nombres de variables.

Con objeto de identificar la primera tabla, se requiere saber qué variables serán básicas y cuáles ser no básicas. El procedimiento más eficiente para identificar una solución factible inicial es considerar una matriz identidad de  $m \times m$  con los coeficientes de las restricciones. Adicionar variables de holgura y restar variables de excedente de las desigualdades de restricción no siempre produce una matriz identidad con los coeficientes de las restricciones. Puede ser necesario anexar otras variables (variables artificiales) con el objeto de completar la matriz. Primero se

TABLA 3.1.3.1

TABLA SIMPLEX

|       | $C_j$                   |                               |       |       |       |       |       |       |  | CONTRIBUCION<br>POR<br>UNIDAD               |
|-------|-------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|---|
| $C_b$ | VARIABLES EN<br>LA BASE | SEGUNDO TERMINO<br>(SOLUCION) | $x_1$ | $x_2$ | $x_n$ | $s_1$ | $s_2$ | $s_n$ |  | ENCABEZADOS<br>Y<br>VARIABLES               |
|       | $s_1$<br>$s_2$<br>$s_n$ | .                             |       |       |       |       |       |       |  | COEFICIENTES                                |
|       | $Z_j$                   |                               |       |       |       |       |       |       |  | CONTRIBUCION<br>QUE SE PIERDE<br>POR UNIDAD |
|       | $C_j - Z_j$             |                               |       |       |       |       |       |       |  | CONTRIBUCION<br>NETA POR<br>UNIDAD          |

analizará el procedimiento para problemas con matriz identidad apropiada y en otro apartado se analizará para problemas en donde se requieren variables artificiales.

Los dos primeros renglones de la tabla denominados contribución por unidad y encabezados y variables, identifican los coeficientes de la función objetivo y los encabezados de las columnas, respectivamente. Los coeficientes se transfieren en forma directa de la función objetivo. Se utiliza el nombre contribución por unidad ya que los coeficientes reflejan la contribución unitaria que cada variable hace al objetivo.

Los coeficientes de las restricciones se transfieren en forma directa al cuerpo de la tabla bajo el encabezado respectivo que identifica a cada variable. Los valores del segundo término (recursos) de las ecuaciones de restricción se colocan en la columna denominada segundo término (solución).

La segunda columna contiene encabezados de renglón y variables en la base. Se utiliza el término base para referirse al conjunto de variables básicas que conforman la solución factible óptima.

La columna  $C_B$  ("contribución por unidad para las variables de la base") contiene los coeficientes que las

variables de la base tienen en la función objetivo. Los valores que se tienen en esta columna, son los mismos valores del renglón  $C_j$ .

El penúltimo renglón contiene los valores de  $Z_j$  para cada variable. Estos valores señalan las utilidades a las que habría que renunciar para aumentar el valor de cada variable.

El último renglón de la tabla, renglón  $(C_j - Z_j)$ , se calcula restando para cada variable el valor de  $Z_j$  del valor  $C_j$ , en sus respectivas columnas. Esta es la diferencia entre la ganancia  $C_j$  y la pérdida  $Z_j$  que se produce al fabricar una unidad de  $X_j$ . Este es el renglón que señala el mejoramiento neto en la función objetivo debido al aumento de una unidad en el valor de cada variable. Si un valor de  $(C_j - Z_j)$  es positivo, indica que la utilidad puede incrementarse aumentando el valor de la variable correspondiente. Si todos los valores de  $(C_j - Z_j)$  son no positivos (cero o negativos), la tabla representa una solución óptima.

El valor de  $Z$  o valor de la función objetivo para la solución básica factible, se calcula sumando los productos de los coeficientes  $C_B$  y los valores de la solución para las variables que se encuentran en la base.

Este valor se muestra en la tabla en la parte inferior de la columna de segundo término (solución).

Si el objeto es maximizar  $Z$ , la variable que da como resultado el mayor incremento unitario en la función objetivo debe elegirse como la variable que entra. El proceso para determinar qué variable debe incluirse en la base puede resumirse de la siguiente manera:

**PASO 1.** La selección de la variable que debe incluirse en la base parte de los valores del renglón ( $C_j - z_j$ ) de la tabla. Suponiendo que se ha examinado ese renglón para determinar si la solución es óptima y se encuentran valores positivos, se elige la variable que tenga el mayor valor positivo. La columna asociada con esta variable se denomina columna de entrada. La variable que se elige se denomina la variable que entra (variable nueva).

Una vez que se ha decidido qué variable debe incluirse en la base, la siguiente etapa consiste en determinar qué variable de la base debe retirarse:

**PASO 2.** La variable que sale de la base se elige dividiendo las cantidades de la columna del segundo término entre los coeficientes positivos

de la columna de la variable que entra (es decir, los coeficientes positivos de la variable que ingresa a la base) renglon por renglon. Se elige el renglon que tenga el menor cociente no negativo como el que va a reemplazarse. Este renglon que sale se asocia con la variable que abandona la base.

Habiendo establecido las variables que entran y salen, la siguiente etapa del método Simplex consiste en actualizar los coeficientes del cuerpo de la nueva tabla para que reflejen el cambio en las variables básicas. Al pasar de una tabla a otra, se debe buscar o transformar la variable de entrada de manera que se obtengan los elementos de la columna asociada de la matriz identidad. Y esto es precisamente lo que ocurre en el proceso de actualización de la tabla:

PASO 3. La actualización inicial de la tabla se hace transformando el renglon asociado con la variable que sale. La transformación comienza identificando el elemento pivote que se encuentra en la intersección de la columna que entra y el renglon que sale. El renglon actualizado (el renglon reemplazante) de la nueva tabla se calcula dividiendo todos los coeficientes y el

valor del segundo termino entre el elemento pivote.

Las operaciones restantes sobre los renglones se realizan de manera que se obtengan ceros en la columna de la variable que entra. Así, la columna transformada contendrá un vector de la matriz identidad. Transformar los elementos restantes exige una operación renglón por renglón y se utilizan tanto la nueva tabla como la antigua:

PASO 4. Todos los renglones de la tabla, sin incluir el renglón asociado con la variable que sale, pueden transformarse (actualizarse) utilizando la fórmula siguiente

Nuevo renglón = (elementos del renglón antiguo) -  
(elemento de intersección en el renglón antiguo) X (elemento en el renglón reemplazante)

El paso final del método simplex consiste en calcular los nuevos renglones  $Z_j$  y  $(C_j - Z_j)$  para la tabla actualizada y verificar si ya se tiene la solución óptima. Antes de que sea posible calcular los valores de  $Z_j$ , deben determinarse primero los valores de la nueva columna  $C_B$ . Esto solamente requiere transferir los

coeficientes de costos (utilidades) asociados con las variables en la base; estos valores son los  $C_j$  para las variables que aparecen en la base. Los valores de  $Z_j$  se calculan sumando los productos de los valores que aparecen en la columna  $C_b$  por los coeficientes de la columna  $X_j$ . Este paso final puede resumirse como:

PASO 5. Calcular los nuevos renglones  $z_j$  y  $(C_j - z_j)$  y verificar si se tiene la solución óptima. Se tiene la solución óptima cuando el renglón  $(C_j - z_j)$  no tiene coeficientes que sean mayores de cero (es decir, todos son ceros o negativos). Si no se tiene una solución óptima se debe volver al paso 1. (7).

### 3.1.3.1. VARIACIONES EN EL METODO SIMPLEX

El método simplex puede aplicarse tanto a problemas de maximización como de minimización y es posible manejar condiciones en las que existan restricciones de "mayor que o igual a", así como también valores negativos en el segundo término. Sin embargo, es necesario hacer ciertas modificaciones y adiciones en la función objetivo y/o a las restricciones antes de transferir el problema a la tabla inicial.

### 3.1.3.1.1. MINIMIZACION

El método simplex puede aplicarse a un problema de minimización si se modifican los pasos del procedimiento del algoritmo. Son necesarios dos cambios. En primer lugar, se cambia la prueba de optimalidad (paso 5), de manera que el proceso de solución continúa hasta que todos los valores del renglón  $(C_j - Z_j)$  sean cero o positivos. En segundo lugar, se modifica la regla para determinar la variable que entra (paso 1) de manera que la variable que se elige es la que tiene el valor  $(C_j - Z_j)$  más negativo.

Pero existe una forma más sencilla de resolver problemas de minimización. Puede convertirse un problema de minimización en uno de maximización simplemente multiplicando los coeficientes de la función objetivo del problema de minimización por  $-1$ . Una vez que se establece el problema de maximización, solo se continúa con el procedimiento simplex normal (8).

### 3.1.3.1.2. VARIABLES ARTIFICIALES

Las variables artificiales se utilizan en el método simplex sólo como auxiliares para identificar una solución factible inicial para el problema. Estas variables son necesarias cuando un problema tiene

restricciones de mayor que o igual a ( $>$ ) y de igualdad ( $=$ ). Las variables artificiales se utilizan para completar la matriz identidad, y de esta manera permitir una solución inicial.

La regla para usar variables artificiales es añadir una de esas variables a cada restricción de  $>$  o de  $=$  que existan en el problema original. Estas variables pueden incluirse cuando se añaden las variables de holgura y las de excedente.

Una solución es el origen, pero éste no es un punto factible y por ello, se tiene una solución factible con respecto a las variables artificiales pero no factible con respecto a las variables originales. Por tanto, el primer paso consiste en convertir la solución en una solución factible en términos de la variable original.

### 3.1.3.1.3. PROCESO DE SOLUCION CON VARIABLES ARTIFICIALES

Dado que las variables artificiales no tienen significado en términos de la solución para el problema, debe utilizarse algún procedimiento para asegurar que no aparezcan en la tabla final. Para un problema de maximización, puede asegurarse que las variables artificiales no aparezcan en la solución final

asignándoles números negativos grandes como coeficientes en la función objetivo. Una regla práctica funcional consiste en utilizar un coeficiente que sea diez veces mayor que el valor absoluto del mayor coeficiente de la función objetivo. Se usan coeficientes positivos para las variables artificiales sólo cuando se emplea la lógica simplex de minimización, en vez de convertir el problema a uno de maximización (9).

El procedimiento simplex no garantiza que todas las variables artificiales se eliminen antes de eliminar las otras variables. El proceso eliminará todas las variables artificiales, pero no como prioridad.

#### 3.1.3.1.4. VALORES NEGATIVOS EN EL SEGUNDO TERMINO

Si se examina la información anterior, puede observarse que siempre existen valores no negativos, aún en la tabla inicial. Pero con frecuencia podrían encontrarse restricciones en las que el valor del segundo término es negativo y antes de dar inicio al procedimiento simplex, deben convertirse en valores positivos. El proceso es simple: multiplicar ambos términos de la restricción por  $-1$ , y si la restricción es una desigualdad, invertir el sentido de ésta.

### 3.2 TOMA DE DECISIONES BAJO RIESGO

Una característica estructural del problema de la toma de decisiones es un cierto grado de riesgo. Esto significa que, en el momento de decidir, la persona que toma la decisión no está completamente segura acerca de cuál será el resultado de cualquier curso de acción.

El problema que surge en situaciones en la cual el riesgo es importante son más difíciles de resolver que los que se presentan en situaciones de certeza.

En los casos en que debe repetirse varias veces una decisión bajo condiciones similares y existe experiencia anterior que puede utilizarse para tomar estas decisiones, la situación se conoce como toma de decisiones bajo riesgo (10). Existen dos métodos para analizar los datos para la toma de decisiones: el clásico y el bayesiano.

#### 3.2.1. COMPARACION DE LOS ANALISIS BAYESIANO Y CLASICO PARA LA TOMA DE DECISIONES

Cuando existen datos previos disponibles para auxiliarse en la toma de decisiones, es posible utilizar dos tipos de análisis. Se les define en forma amplia como análisis bayesiano y análisis clásico. En el análisis

bayesiano se combinan los datos previos (o probabilidades subjetivas) con datos muestrales o de prueba, utilizando la fórmula desarrollada por Thomas Bayes.

En el análisis clásico se utilizan los datos previos para elaborar una regla de decisión y después se corre una prueba o se toma una muestra. La decisión se toma con base en el resultado de la prueba o muestra. Este es el tipo de análisis que se conoce bajo el nombre de pruebas de hipótesis.

Las pruebas de significación o de hipótesis, permiten verificar la veracidad de alguna hipótesis establecida acerca de una población, determinando si los valores difieren significativamente de los esperados por la hipótesis o si las diferencias observadas son debidas sólo al azar (11).

En el análisis bayesiano se elabora una matriz de decisión que contiene las consecuencias monetarias de diversas decisiones. Con esta matriz de decisión, en el análisis bayesiano se realiza primero un análisis previo utilizando los datos anteriores. A esto le sigue un segundo análisis o preposterior, en el cual se determina si resultaría útil llevar a cabo pruebas o muestras adicionales. Si el análisis preposterior muestra que las pruebas o las muestras serían económicamente útiles,

entonces se llevan acabo. Si se toma una muestra o se lleva a cabo una prueba, se utilizan los resultados para modificar las probabilidades previas con el objeto de determinar las probabilidades posteriores de la prueba. Estas probabilidades posteriores combinan tanto los datos previos como los resultados de la prueba o muestra.

Al comparar el análisis clásico con el bayesiano, se observa que en el primero siempre se procede a realizar una prueba o a recolectar una muestra, pero en el análisis bayesiano sólo se hace esto después de que un análisis preposterior de los datos haya mostrado que pruebas o muestras adicionales serían económicamente valiosas. Esta decisión de probar o muestrear, o no hacerlo, combinada con la modificación de las probabilidades con base en las pruebas, es lo que da al análisis bayesiano ventajas con respecto al análisis clásico, ya que permite una toma de decisiones más económica.

### 3.2.1.1.L ANALISIS BAYESIANO

Un procedimiento paso a paso para el modelo de decisión VME es el que se describe a continuación:

PASO 1. Calcular las probabilidades,  $p_i$ , para la ocurrencia de cada estado de la naturaleza.

PASO 2. Calcular el VME para todas las alternativas utilizando la ecuación

$$VME_i = \sum_j D_{ij} P_j$$

(Ec. 3.1)

donde

$D_{ij}$  = pago utilizando la  $i$ -ésima alternativa si ocurre el  $j$ -ésimo estado de la naturaleza

$P_j$  = probabilidad de que ocurra el  $j$ -ésimo estado de la naturaleza

$VME_i$  = valor monetario esperado para la  $i$ -ésima alternativa y anotar estos valores en una lista.

PASO 3. Utilizar la lista de VME's calculada en el paso 2 para determinar el valor máximo. La alternativa que corresponde al VME máximo es la decisión que debe tomarse.

### 3.2.3. USO DE ARBOLES DE DECISION

En el caso de los problemas en que existen datos previos es posible (y en muchas ocasiones aconsejable) utilizar árboles de decisión para determinar cuál es la

decisión correcta. En éstos se incluyen las probabilidades calculadas en la rama de probabilidad y estas probabilidades se utilizan para calcular los VME.

La técnica de árboles de decisión consiste en:

PASO 1. Construir el árbol de decisión. Para esto es necesario considerar las diferentes alternativas y los posibles eventos asociados a éstas. En la construcción de este árbol, un  significa un punto de decisión, es decir, en este punto una alternativa puede ser seleccionada. Un  representa los posibles eventos asociados a una alternativa.

PASO 2. Determinar los pagos de cada una de las ramas del árbol.

PASO 3. Asignar a cada una de las ramas del árbol su probabilidad.

PASO 4. Con los datos de los pasos 2 y 3, calcular los VME para cada una de las ramas del árbol.

PASO 5. Resolver el árbol de decisión con el propósito de ver cuál alternativa debe ser seleccionada. Con esta técnica se comienza en los extremos de las

ramas del árbol de decisión y se marcha hacia atrás hasta alcanzar el nodo inicial de decisión.

A través de este recorrido, se deben utilizar las siguientes reglas:

- a. Si el nodo es un nodo de posibilidad, se obtiene el valor esperado con la ecuación de VME.
- b. Si el nodo es un nodo de decisión, entonces se selecciona la alternativa que maximice o minimice los resultados que están a la derecha del nodo.

El uso del árbol de decisión como una base de analizar y evaluar inversiones, hacen más explícito e intuitivo el proceso de toma de decisiones. A través de esta técnica se puede tener una mejor idea del panorama completo del proyecto, es decir, se captan mejor los diferentes cursos de acción y sus posibles eventos asociadas, así como la magnitud de las inversiones que cada alternativa origina (13).

#### 3.2.4. EL VALOR DE LA INFORMACION PERFECTA

Si se sabe con exactitud cuál estado de la naturaleza ocurrirá, es fácil determinar la alternativa que debe elegirse, es decir, se elegirá la que produce el

mayor pago para cada estado de la naturaleza. Si se conociera con anticipación qué estado de la naturaleza ocurrirá y se eligiera cada vez la decisión que arrojará las máximas utilidades, la utilidad promedio se obtendría con

$$VME_{IP} = \sum O_{ij} P_j$$

(Ec. 3.2)

donde

$O_{ij}$  = la máxima utilidad para cada estado de la naturaleza

$P_j$  = la probabilidad de cada estado de la naturaleza

Para calcular el valor de la información perfecta, lo único que se hace es calcular la diferencia entre el valor monetario esperado para la información perfecta y ese mismo valor esperado sin información perfecta:

$$VIP = VME_{IP} - VME_{IP}^*$$

(Ec. 3.3)

donde

VIP = valor de la información perfecta

VME<sub>IP</sub> = VME para la información correcta

VME<sup>\*</sup> = VME máximo sin información perfecta

### 3.2.5. EL VALOR DE LA INFORMACION DE PRUEBA

En términos prácticos, por lo general la información proviene de algún procedimiento imperfecto de prueba. Con esto quiere hacerse notar que la información de la prueba no siempre pronostica en forma correcta el estado de la naturaleza que ocurrirá.

Debido a la imperfección en el poder predictivo de las pruebas, el cálculo del valor de la información de prueba es algo más complejo. Para comprender el procedimiento que se utiliza para realizar estos cálculos, sea

$P(N|R)$  = la probabilidad de que ocurra en realidad el evento N dado que el resultado de la prueba fue R. Dado que la prueba es imperfecta,  $P(N|R) < 1$ .

Sin embargo, por lo general se desconocen los valores de  $P(N|R)$  -lo cual se lee "probabilidad de N dado R"- puesto que solo se conocen después de haber utilizado la prueba las suficientes veces para recopilar datos que

permitan calcular probabilidades. Por lo general, se conoce lo opuesto, es decir, la probabilidad de que ocurra el resultado de la prueba dado el resultado correspondiente. Esta probabilidad es  $P(R|N)$ , y puede calcularse utilizando datos históricos para determinar la forma en que se hubiera comportado la prueba si se hubiera utilizado.

Por desgracia, la probabilidad  $P(R|N)$  no es la probabilidad de prueba  $P(N|R)$  que se necesita, puesto que se calculó después de conocer el resultado. Para calcular  $P(N|R)$  se usa un resultado bien conocido de la probabilidad, denominado teorema de Bayes. Este resultado dice que

$$P(N|R) = \frac{P(R|N)P(N)}{P(R)}$$

(Ec. 3.4)

Por lo general, dos de los valores que aparecen en esta fórmula pueden obtenerse a partir de datos de prueba, y el tercero puede calcularse a partir de los otros dos. Resulta fácil calcular a partir de datos previos la probabilidad de que la prueba sea exacta, dado que se conoce el resultado real,  $P(R|N)$ , y la probabilidad de que ocurra un resultado particular sin importar cuál sea la prueba,  $P(N)$ , que también puede ser una probabilidad

subjetiva basada en la experiencia que se tenga en esas situaciones de quien toma las decisiones. Esta última probabilidad,  $P(N)$ , se conoce como probabilidad a priori puesto que se calcula antes de cualquier prueba, mientras que las otras son probabilidades condicionales.

La tercera probabilidad que aparece en el teorema de Bayes,  $P(R)$ , es la probabilidad de que ocurra el resultado de prueba  $R$ . Esta probabilidad puede calcularse por medio del siguiente resultado de la teoría probabilística:

$$P(R) = P(R|N)P(N) + P(R|\bar{N})P(\bar{N})$$

(Ec. 3.5)

en donde  $\bar{N}$  significa "no  $N$ ". Puesto que  $\bar{N}$  incluye todos los eventos que no sean  $N$ ,  $P(\bar{N})$  y  $P(R|\bar{N})$  pueden ser sumas de diversos valores. Los valores de  $P(R|\bar{N})$  y  $P(\bar{N})$  pueden calcularse al mismo tiempo que se obtiene  $P(R|N)$  y  $P(N)$ .

Combinando las últimas dos ecuaciones, se llega a una versión modificada del teorema de Bayes:

$$P(N|R) = \frac{P(R|N)P(N)}{P(R|N)P(N) + P(R|\bar{N})P(\bar{N})}$$

(Ec. 3.6)

El resultado final,  $P(N|R)$ , probabilidad de que ocurra el suceso  $N$  dado el resultado de prueba  $R$ , se conoce como probabilidad a *posteriori*. Una vez que se conocen los valores de la probabilidad a *posteriori*, es posible emplearlos para llevar a cabo el análisis preposterior con el objeto de determinar si debe llevarse a cabo una prueba o un muestreo (15).

### 3.3. TOMA DE DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE

Esta clase de problemas, trata de la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre, lo cual significa que se desconocen las probabilidades de ocurrencia de las diversas estrategias del sistema bajo consideración.

El carácter de incertidumbre está asociado con el hecho de ser incapaz para estimar o calcular las probabilidades asociadas con cada una de las soluciones (16). Esto significa también ser incapaz para enumerar soluciones de tal manera que sean mutuamente excluyentes y totalmente exhaustivas.

En otras palabras, la persona que toma la decisión se enfrenta a esta clase de problemas cuando se enfrenta a situaciones que nunca han ocurrido y que tal vez no vuelvan a repetirse en el futuro en la misma forma. Cada

curso de acción factible llevará a una respuesta específica extraída de un conjunto de respuestas posibles; sin embargo, no puede conocerse cuál es la respuesta que se obtendrá ni tampoco aplicar una ponderación de probabilidades a esos resultados posibles.

No es posible determinar cuál modelo es más correcto que cualquier otro. Lo apropiado de cada modelo depende de la opinión de quien toma las decisiones y de si éste desea o no utilizar probabilidades subjetivas.

### 3.3.1. MODELO DE DECISION DEL PESIMISTA

La persona que toma decisiones y que es pesimista con respecto a los estados de la naturaleza, debido a inseguridad económica, que debe evitar pérdidas altas a riesgo de posiblemente perder altas unidades, se inclinará a utilizar el modelo de decisión que se conoce como *modelo de decisión del pesimista*. El principal concepto en el que se basa este modelo es evitar pérdidas elevadas o inaceptables.

Para implantar este concepto de evitar pérdidas se determina el resultado para cada estrategia y después se elige la que tenga el mayor de estos resultados menores.

Dado que se están maximizando los resultados mínimos, este modelo se conoce también como el del *criterio máximo n*. El procedimiento puede describirse como:

PASO 1. Determinar el resultado de menor valor para cada alternativa y registrarlo en una lista.

PASO 2. De la lista de resultados elegir el valor máximo.

La alternativa asociada con este resultado máximo es la estrategia que debe utilizarse.

Es fácil observar por qué este modelo se denomina modelo de decisión del pesimista. Se supone que sucederá lo peor y después se busca hacer lo mejor bajo esta consideración. En otras palabras, se considera que el medio ambiente es hostil y se trabaja sobre esa base.

Otra razón por la que podría decidirse utilizar este modelo, es el conjunto de circunstancias que rodean la decisión. En algunos casos no es posible financiar algunos de los resultados que pudieran ocurrir. Por ello, se realiza la decisión de tal manera que se eviten resultados ruinosos (17).

### 3.3.2. MODELO DE DECISION DEL OPTIMISTA

El T.D. que considera que el medio ambiente es propicio será optimista con respecto al resultado, en vez de ser pesimista. Bajo este supuesto, el T.D. determina el mayor pago para cada alternativa y después elige el máximo de éstos.

El procedimiento para aplicar el modelo de decisión del optimista es el mismo que se utiliza para el modelo de decisión del pesimista, pero con una excepción importante. El paso 1 se modificaría así:

PASO 1. Para cada alternativa, determine el resultado con el mayor valor y anótelos en una lista.

PASO 2. De la lista de resultados, elija el valor máximo; la alternativa asociada con este resultado máximo es la estrategia que debe seguirse.

Este modelo de decisión se conoce como *modelo del optimista* porque el T.D. tiene una opinión optimista acerca del medio ambiente. Quien toma las decisiones podría también decidir utilizar este modelo en una situación en la que la cantidad de dinero que puede perderse (pago negativo) es pequeña en comparación con la utilidad que puede alcanzarse.

En estos casos, se supone que quien toma las decisiones puede permitirse las pérdidas que podrían ocurrir si se utiliza el modelo del optimista (18).

### 3.3.3. MODELO DE DECISION DE MINIMIZACION DEL ARREPENTIMIENTO

Otro modelo que representa una opinión bastante pesimista del medio ambiente es el de la minimización del arrepentimiento, también conocido como *minimización de las pérdidas de oportunidad*.

Para comprender este modelo de decisión es necesario definir una pérdida de oportunidad. Para un estado de la naturaleza determinado existen siempre una o más alternativas que producen el mayor pago. Si se elige una estrategia que de como resultado un pago inferior al máximo para ese estado de la naturaleza en particular, entonces se incurre en una pérdida de oportunidad que es igual a la diferencia entre el pago más alto y el pago que se da con la estrategia elegida, y se siente arrepentimiento.

Las pérdidas de oportunidad son la cantidad que se pierde cuando la alternativa que se eligió no era la mejor. Si la decisión conduce al pago más alto para un

estado de la naturaleza particular, no hay pérdida de oportunidad y no se siente arrepentimiento.

Esta clase de toma de decisiones es similar al modelo de decisión del pesimista, excepto que aquí se busca minimizar las pérdidas máximas de oportunidad. Es posible plantear un procedimiento para el modelo de decisión de minimización del arrepentimiento de la siguiente manera:

PASO 1. Para cada estado de la naturaleza:

- a. Determine el pago más alto.
- b. Calcule las pérdidas de oportunidad para cada alternativa, utilizando la ecuación.

perdida de oportunidad = pago maximo - pago por la  
alternativa asociada

(Ec. 3.7)

- c. Coloque estos valores de pérdida de oportunidad en una tabla de arrepentimientos.

PASO 2. Para cada alternativa de la tabla de arrepentimientos, determine la pérdida máxima de oportunidad y coloque este valor en una lista.

PASO 3. Utilizando la lista del paso 2, determine la mínima de las pérdidas máximas de utilidad. La alternativa correspondiente es la que debe elegirse.

En este modelo de decisión quien toma las decisiones busca evitar pérdidas elevadas de oportunidad a través de un análisis minimax de la tabla de arrepentimientos. Es decir, quien toma las decisiones minimiza la diferencia máxima que puede ocurrir entre una mejor alternativa para un estado determinado de la naturaleza y cada uno de los resultados. Al elegir una alternativa, quien toma las decisiones se asegura de minimizar el arrepentimiento máximo o pérdida de oportunidad (19).

#### 3.3.4. MODELO DE DECISION DE MAXIMIZACION DEL PAGO

##### PROMEDIO

En los casos en los que quien toma las decisiones se enfrenta a alternativas múltiples en las que cada alternativa tiene a su vez resultados múltiples, es una práctica común encontrar el pago *promedio* para cada estrategia y después elegir la alternativa que tenga el mayor pago promedio. En este modelo de decisión, si existen  $n$  resultados para cada alternativa con

$Q_j$  = pago para  $i$ -ésima alternativa dado el  $j$ -ésimo estado de la naturaleza, y

$U_i$  = pago promedio para la  $i$ -ésima alternativa

Entonces:

$$U_i = \sum Q_{ij} / n$$

(Ec. 3.8)

En seguida se presenta una descripción detallada del modelo de decisión del pago promedio máximo:

PASO 1. Para cada alternativa, calcule el pago promedio para todos los estados de la naturaleza y coloque estos valores en una lista.

PASO 2. Determine el mayor valor de la lista de pagos promedio. La alternativa que corresponde a este pago es la que debe seleccionarse.

Desde un punto de vista intuitivo no parecería que el modelo de decisión del pago promedio máximo dependa de probabilidades. Sin embargo, al tomar los promedios de los resultados para cada decisión se está diciendo en forma implícita que los resultados son igualmente probables. En términos de probabilidades, la probabilidad

de que ocurra cada resultado es igual a  $1/n$  en donde  $n$  es el número de resultados.

Después pueden utilizarse estas probabilidades para calcular el valor monetario esperado (VME) para cada decisión. El VME se basa en el concepto de valor esperado de la teoría de probabilidad. Si existen  $n$  resultados y cada resultado tiene un rendimiento  $r_j$  y una probabilidad de ocurrencia de  $p_j$ , entonces el valor esperado esta dado por

$$\text{valor esperado} = \sum p_j r_j \quad (\text{Ec. 3.9})$$

Si el rendimiento esta dado en términos de dinero entonces el valor esperado se convierte en el valor monetario esperado.

En el caso de probabilidades igualmente posibles,

$$\text{VME} = \sum p_j r_j = \sum r_j / n \quad (\text{Ec. 3.10})$$

Con esta ecuación se demuestra que el modelo de decisión de pago promedio máximo es la mismo que utilizar un enfoque de VME máximo con probabilidades iguales.

### 3.3.5 MODELO DE PROBABILIDADES SUBJETIVAS

Aunque no siempre es posible hacer uso de datos previos para calcular probabilidades para la ocurrencia de diversos resultados, pueden utilizarse probabilidades subjetivas. Esas probabilidades se basan en una multitud de experiencias anteriores, que quien toma las decisiones puede emplear para asignar probabilidades a los resultados.

Una vez que se asignan las probabilidades subjetivas, quien toma las decisiones debe decidir si es adecuado utilizar valores monetarios para los pagos (tanto positivos como negativos) en el cálculo de los valores esperados. En otras palabras, existe una relación lineal entre el dinero implicado y la utilidad que logra quien toma las decisiones con cada resultado. En este caso, la utilidad se refiere a las consecuencias no monetarias de la ocurrencia de un resultado.

Solo cuando se combinan las consecuencias monetarias y no monetarias en una escala de utilidad es posible confiar en el uso del valor esperado como criterio de decisión cuando no existen datos previos y se utilizan probabilidades subjetivas (21).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Roscoe Davis k. Modelos cuantitativos para Administración. Grupo Editorial Iberoamérica. México, 1986. p. 554.
- (2) Rios García, Víctor. Investigación de Operaciones. Instituto Politécnico Nacional. México, 1982. p. 21.
- (3) Ibid. p. 60.
- (4) Roscoe Davis K. Op. cit. p. 28-34.
- (5) Rios García, Víctor. Op. cit. p. 76.
- (6) Gould, F.J., G.D. Eppen. Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. 3a. ed. Edit. Prentice-Hall Hispanoamericana. México, 1992.p. 224-225.
- (7) Roscoe Davis K. Op. cit. p. 131-146.
- (8) Ibid. p. 153.
- (9) Ibid. p. 155-157.
- (10) Gould, F. J. Op. cit. p. 606.

- (11) Marques de Cantú, Ma. José. Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico-biológicas. U.N.A.M. México, 1988. p. 241.
- (12) Roscoe Davis K. Op. cit. p. 555.
- (13) García Jiménez, Gpe. Toma de Decisiones. Instituto Politécnico Nacional. México, 1988. p. 32-34.
- (14) Gould. F. J. Op. cit. p. 614.
- (15) Roscoe Davis K. Op. cit. p. 560.
- (16) Solís Rosales, Ricardo. Apuntes de Finanzas III. Facultad de Contaduría y Administración. México, 1974. p. 165.
- (17) Roscoe Davis K. Op. cit. p. 543.
- (18) Ibid. p. 544.
- (19) Ibid. p. 546.
- (20) Ibid, p. 548.
- (21) Gould, F. J. Op. cit. p. 640.

CAPITULO CUARTO  
APLICACION DE LOS MODELOS DE DECISION  
EN INGENIERIA QUIMICA

4.1 DECISIONES BAJO CERTIDUMBRE

Recuérdese que las decisiones que se toman bajo certidumbre son aquellas en que se conoce con certeza el resultado del sistema que ocurrirá. Para ejemplificar este tipo de decisiones, considerése:

El gerente de producción de una planta productora de fertilizantes, necesita planear la combinación de éstos para el siguiente mes y no tiene claro cómo va a proceder para elaborar el plan. Esta empresa es una compañía pequeña de productos químicos que fabrica, entre otros artículos, dos tipos de fertilizante que se elaboran combinando ingredientes que se compran con proveedores externos. Cada mes, el Gerente tiene que planear la cantidad de cada fertilizante que debe producirse. Su plan tiene que tener en consideración el costo de los ingredientes, el precio de venta de los fertilizantes, cualesquier pedidos que deban surtirse y las restricciones impuestas al uso de los recursos de la compañía: mano de obra, materias primas o tiempo de máquina. El proceso de planeación para este mes es más difícil de lo normal. Por lo general, la compañía fabrica

fertilizantes de acuerdo con los pedidos de los clientes, pero este mes los fertilizantes van a venderse a través de un mayorista. Esto complica las cosas por que el Gerente tiene que elaborar un programa de producción que conduzca a las mayores utilidades posibles para la compañía, al mismo tiempo que sólo se utiliza la cantidad de ingredientes que están disponibles para el mes.

Los dos fertilizantes que se fabrican son las mezclas denominadas 5-5-10 y 5-10-5. En cada caso, el primer valor se refiere al porcentaje que el producto final tiene de nitrato químico, el segundo valor se refiere al porcentaje del fosfato que aparece en el producto final y el tercer valor da el porcentaje de potasio. El fertilizante se estabiliza con un material de relleno como podría ser barro. El mayorista comprará cualquier cantidad de ambos fertilizantes que la compañía pueda fabricar. Está dispuesto a pagar \$71.50 por tonelada de 5-5-10 y \$69.00 por tonelada de 5-10-5. Este mes la disponibilidad de materias primas son de 1,100 toneladas de nitrato a 200 \$/ton; 1,800 toneladas de fosfato a \$80.00 cada una y 2,000 toneladas de potasio a \$160.00 cada una. El relleno está disponible en cantidades ilimitadas al precio de 10.00 \$/ton, pero para los otros tres componentes sólo se dispone de las cantidades mencionadas. No hay restricciones para el uso de la mano de obra ni tampoco para el empleo de la

maquinaria durante el mes, pero tiene un costo de \$15.00 por tonelada, por concepto de mezclado de los fertilizantes. La pregunta que el Gerente debe responder es cómo utilizar los recursos escasos (nitrato, fosfato y potasio) de que dispone la compañía, de manera que se obtengan las mayores utilidades para ésta.

#### SOLUCION

Variables de decisión:

$X_1$  = toneladas fabricadas del fertilizante 5-5-10

$X_2$  = toneladas fabricadas del fertilizante 5-10-5

Para obtener la contribución a las utilidades, los únicos costos que se tomarán en cuenta son los costos de los ingredientes, así como el costo de mezclado.

Para el fertilizante 5-5-10, los costos de los ingredientes por tonelada del producto son:

|                        |      |         |           |
|------------------------|------|---------|-----------|
| Nitrato:               | 0.05 | (\$200) | = \$10.00 |
| Fosfato:               | 0.05 | (\$80)  | = \$ 4.00 |
| Potasio:               | 0.10 | (\$160) | = \$16.00 |
| Inertes:               | 0.80 | (\$10)  | = \$ 8.00 |
| TOTAL POR INGREDIENTES |      |         | = \$38.00 |
| Mezclado               |      |         | = \$15.00 |
| COSTO TOTAL            |      |         | = \$53.00 |

Dado que

Contribución a las utilidades = Ingresos - Costos  
variables

se tiene que esta contribución para el fertilizante  
5-5-10 es de \$18.50 por tonelada que se fabrique.

De manera similar, para el fertilizante 5-10-5, se  
tiene

|                        |              |           |
|------------------------|--------------|-----------|
| Nitrato:               | 0.05 (\$200) | = \$10.00 |
| Fosfato:               | 0.10 (\$80)  | = \$ 8.00 |
| Potasio:               | 0.05 (\$160) | = \$ 8.00 |
| Inertes:               | 0.80 (\$10)  | = \$ 8.00 |
| TOTAL POR INGREDIENTES |              | = \$34.00 |
| Mezclado               |              | = \$15.00 |
| COSTO TOTAL            |              | = \$49.00 |

La contribución para este fertilizante es de \$20.00 por  
tonelada que se fabrique.

A partir de las variables de decisión definidas y a  
las contribuciones obtenidas se puede plantear como  
función objetivo la expresión siguiente:

$$\text{Maximizar } Z = 18.5x_1 + 20x_2$$

Dado que no se está obligado a usar toda la cantidad disponible de cualquier recurso, se pueden escribir las restricciones a la función objetivo como

$$0.05X_1 + 0.05X_2 \leq 1,100 \text{ para el nitrato disponible}$$

$$0.05X_1 + 0.10X_2 \leq 1,800 \text{ para el fosfato disponible}$$

$$0.10X_1 + 0.05X_2 \leq 2,000 \text{ para el potasio disponible}$$

$X_1, X_2 \geq 0$  dado que no es posible niveles negativos de producción.

Para que las desigualdades que representan las restricciones sean igualdades, se adicionan las variables de holgura  $S_1$ ,  $S_2$  y  $S_3$  para representar las cantidades de los ingredientes que no se utilizan cuando se fabrican  $X_1$  toneladas de 5-5-10 y  $X_2$  toneladas de 5-10-5.

Utilizando las tres igualdades, el modelo modificado se expresa como:

$$\begin{aligned} \text{Maximizar } Z &= 18.5X_1 + 20X_2 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 \\ \text{sujeto a} \quad &0.05X_1 + 0.05X_2 + S_1 &= 1,100 \\ &0.05X_1 + 0.10X_2 + S_2 &= 1,800 \\ &0.10X_1 + 0.02X_2 + S_3 &= 2,000 \end{aligned}$$

$$X_1, X_2, S_1, S_2, S_3 \geq 0$$

Considerando la matriz identidad siguiente, se determinan las variables básicas y no básicas para identificar la tabla simplex inicial ( TABLA 4.1.1).

| $X_1$ | $X_2$ | $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.05  | 0.05  | 1     | 0     | 0     |
| 0.05  | 0.10  | 0     | 1     | 0     |
| 0.10  | 0.05  | 0     | 0     | 1     |

VARIABLES BÁSICAS :  $S_1, S_2, S_3$

VARIABLES NO BÁSICAS :  $X_1, X_2$

Una vez establecida la tabla simplex inicial, se determina la variable que entra y la variable que sale para actualizar la tabla, siguiendo los pasos 1 y 2 referidos en el capítulo correspondiente.

Variable que entra:  $X_2$

Variable que sale :  $S_2$

De acuerdo al paso 3, el elemento pivote es de 0.10 y el renglón reemplazante será:

|    |       |        |     |   |   |    |   |
|----|-------|--------|-----|---|---|----|---|
| 20 | $X_2$ | 18,000 | 0.5 | 1 | 0 | 10 | 0 |
|----|-------|--------|-----|---|---|----|---|

TABLA 4.1.1  
TABLA SIMPLEX INICIAL

|       |                      |                            |       |       |       |       |       |                                       |
|-------|----------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------------|
|       | $C_j$                |                            | 18.5  | 20    | 0     | 0     | 0     | CONTRIBUCION POR UNIDAD               |
| $C_b$ | VARIABLES EN LA BASE | SEGUNDO TERMINO (SOLUCION) | $x_1$ | $x_2$ | $s_1$ | $s_2$ | $s_3$ | ENCABEZADOS Y VARIABLES               |
|       | $s_1$                | 1,100                      | 0.05  | 0.05  | 1     | 0     | 0     | COEFICIENTES                          |
|       | $s_2$                | 1,800                      | 0.05  | 0.10  | 0     | 1     | 0     |                                       |
|       | $s_3$                | 2,000                      | 0.10  | 0.05  | 0     | 0     | 1     |                                       |
|       | $Z_j$                | 0                          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | CONTRIBUCION QUE SE PIERDE POR UNIDAD |
|       | $C_j - Z_j$          |                            | 18.5  | 20    | 0     | 0     | 0     | CONTRIBUCION NETA POR UNIDAD          |

Con el paso 4, se transforman los renglones restantes, y a través de éstos, se actualizan los renglones  $Z_j$  y  $(C_j - Z_j)$  (paso 5), obteniéndose la TABLA 4.1.2.

Como no todos los valores de  $(C_j - Z_j)$  son ceros o negativos, se vuelve al paso 1.

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, se tiene la nueva tabla (TABLA 4.1.3).

Ahora, todos los valores de  $(C_j - Z_j)$  son ceros o negativos, por lo tanto, ésta es la solución óptima.

El valor óptimo de la función objetivo es de \$428,000 y esa utilidad se obtiene fabricando 8,000 toneladas del fertilizante 5-5-10 y 14,000 toneladas del fertilizante 5-10-5. Quedan sin utilizar 500 toneladas de potasio y no sobran ni nitrato ni fosfato por que las variables correspondientes de holgura  $S_1$  y  $S_2$ , son no básicas, y en consecuencia, son iguales a cero.

#### 4.2. DECISIONES BAJO RIESGO

Este tipo de problemas se presenta cuando quien toma las decisiones no está seguro, en el momento de decidir,

TABLA 4.1.2  
TABLA SIMPLEX (CONTINUACION)

|       |                      |                            |       |       |       |       |       |                                       |
|-------|----------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------------|
|       | $C_j$                |                            | 18.5  | 20    | 0     | 0     | 0     | CONTRIBUCION POR UNIDAD               |
| $C_B$ | VARIABLES EN LA BASE | SEGUNDO TERMINO (SOLUCION) | $X_1$ | $X_2$ | $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | ENCABEZADOS Y VARIABLES               |
| 0     | $S_1$                | 200                        | -0.25 | 0     | 1     | -0.5  | 0     | COEFICIENTES                          |
| 20    | $X_2$                | 18,000                     | 0.50  | 1     | 0     | 10    | 0     |                                       |
| 0     | $S_3$                | 1,100                      | -0.75 | 0     | 0     | -0.5  | 1     |                                       |
|       | $Z_j$                | 360,000                    | 18    | 20    | 0     | 200   | 0     | CONTRIBUCION QUE SE PIERDE POR UNIDAD |
|       | $C_j - Z_j$          |                            | 8.5   | 20    | 0     | -200  | 0     | CONTRIBUCION NETA POR UNIDAD          |

TABLA 4.1.3  
TABLA SIMPLEX

|       |                      |                            |       |       |       |       |       |                                       |
|-------|----------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------------|
|       | $C_j$                |                            | 18.5  | 20    | 0     | 0     | 0     | CONTRIBUCION POR UNIDAD               |
| $C_B$ | VARIABLES EN LA BASE | SEGUNDO TERMINO (SOLUCION) | $X_1$ | $X_2$ | $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | ENCABEZADOS Y VARIABLES               |
| 18.5  | $X_1$                | 8,000                      | 1     | 0     | 40    | -20   | 0     | COEFICIENTES                          |
| 20    | $X_2$                | 14,000                     | 0     | 1     | -20   | 20    | 0     |                                       |
| 0     | $S_3$                | 500                        | 0     | 0     | -3    | 1     | 1     |                                       |
|       | $Z_j$                | 428,000                    | 18.5  | 20    | 340   | 30    | 0     | CONTRIBUCION QUE SE PIERDE POR UNIDAD |
|       | $C_j - Z_j$          |                            | 0     | 0     | -340  | -30   | 0     | CONTRIBUCION NETA POR UNIDAD          |

cual será el resultado de cualquier curso de acción. Para ejemplificar éste, considerése:

El departamento comercial de una compañía industrial, da un informe al responsable de un proceso, que puede venderse en el mercado un producto A en condiciones ventajosas durante un corto período de tiempo. Se dispone del equipo necesario para fabricar el producto precisándose tan sólo adquirir el catalizador que conduce selectivamente a A. El grupo de investigación de la empresa, ha desarrollado tres catalizadores: uno produce sólo A y los otros dos, además de A también produce B a través de una reacción secundaria. Qué catalizador debe adquirirse, teniendo en cuenta que el departamento comercial no conoce con seguridad el período de tiempo en que podrá venderse el producto A?

Se dispone de los siguientes datos:

| CATALIZADOR | COSTO (\$/Kg) | KG DE CAT. REQUERIDO PARA CADA 375 KG/HR DE MAT. PRIMA |
|-------------|---------------|--|
| 1           | 110           | 500  |
| 2           | 55            | 700  |
| 3           | 22.5          | 1000   |

El reactor existente tiene capacidad para 900 kg de sólidos y para operar debe encontrarse lleno. Se puede utilizar un material inerte especial para llenar los huecos no ocupados por el catalizador con un costo de 4.3 \$/kg. El caudal de materia prima al reactor es de 375 kg/hr. El costo de la materia prima y de los productos, incluyendo los costos de operación, son:

|               | \$/KG             |
|---------------|-------------------|
| MATERIA PRIMA | 0.088             |
| A             | 0.22              |
| B             | 0.066(como comb.) |

Los rendimientos que proporcionan los tres catalizadores son:

| CATALIZADOR | RENDIMIENTO A 260 C (%) |    |
|-------------|-------------------------|----|
|             | A                       | B  |
| 1           | 100                     | 0  |
| 2           | 75                      | 25 |
| 3           | 60                      | 40 |

El departamento comercial informa que el periodo de ventas previsto es de 60 días como máximo existiendo un 30% de probabilidad que sea de 60 días, 50% de 40 días y 20% de 20 días.

#### SOLUCION

##### CATALIZADOR 1

##### EGRESOS:

$$500 \text{ Kg (110 \$/Kg)} = \$55,000$$

$$25 \text{ Kg (4.3 \$/Kg)} = \$107.5$$

$$375 \text{ Kg/Hr (0.088 \$/Kg)} = 33 \text{ \$/Kg}$$

##### INGRESOS:

$$375 \text{ Kg/Hr (0/22 \$/Kg)} = 82.5 \text{ \$/Kg}$$

Para el período de 20 días:

$$\begin{aligned} \text{Utilidad} &= (82.5 - 33)\$/\text{Kg} \times 24 \text{ hr/día} \times 20 \text{ días} - \\ &\$55,107.5 = - \$31,347.5 \end{aligned}$$

Para el período de 40 días:

$$\text{Utilidad} = - \$7,587.5$$

Para el período de 60 días:

$$\text{Utilidad} = \$16,172.5$$

## CATALIZADOR 2

Para la capacidad del reactor se disminuye la alimentación para dar lugar a la cantidad requerida del catalizador.

$$\text{Razón de proporcionalidad} = \frac{900}{375 + 700} = 0.8372$$

Entonces se tiene:

$$\text{Alimentación : } 375 (0.8372) = 314 \text{ Kg/hr}$$

$$\text{Catalizador : } 700 (0.8372) = 586 \text{ Kg}$$

EGRESOS:

$$586 \text{ Kg } (55 \text{ \$/Kg}) = \$32,230$$

$$314 \text{ Kg/Hr } (0.088 \text{ \$/Kg}) = 27.63 \text{ \$/Kg}$$

INGRESOS:

$$235.5 \text{ Kg/Hr } (0.22 \text{ \$/Kg}) = 51.81 \text{ \$/Kg}$$

$$78.5 \text{ Kg/Hr } (0.066 \text{ \$/Kg}) = 5.18 \text{ \$/Kg}$$

Para el periodo de 20 días:

$$\text{Utilidad} = (56.99 - 27.63) \text{ \$/Kg} \times 24 \text{ hr/día} \times 20 \text{ días} -$$

$$\$32,230 = -\$18,137.2$$

Para el periodo de 40 días:

Utilidad = - \$4,044.4

Para el periodo de 60 días:

Utilidad = \$10,048.4

### CATALIZADOR 3

Para la capacidad del reactor se disminuye la alimentación para dar lugar a la cantidad requerida del catalizador.

$$\text{Razón de proporcionalidad} = \frac{900}{375 + 1000} = 0.655$$

Entonces se tiene:

$$\text{Alimentación : } 375 (0.655) = 246 \text{ Kg/hr}$$

$$\text{Catalizador: } 1000 (0.655) = 655 \text{ Kg}$$

### EGRESOS:

$$655 \text{ Kg } (22.5 \text{ \$/Kg}) = \$14,737.5$$

$$246 \text{ Kg } (0.088 \text{ \$/Kg}) = 21.65 \text{ \$/Hr}$$

**INGRESOS:**

$$147.6 \text{ Kg/Hr } (0.22 \text{ \$/Kg}) = 32.47 \text{ \$/Hr}$$

$$98.7 \text{ Kg/Hr } (0.066 \text{ \$/Kg}) = 6.49 \text{ \$/Hr}$$

Para el período de 20 días:

$$\text{Utilidad} = (38.96 - 21.65) \text{ \$/Kg} \times 24 \text{ hr/día} \times 20 \text{ días} - \\ \$14,737.5 = - \$6,428.7$$

Para el período de 40 días:

$$\text{Utilidad} = \$ 1,880.6$$

Para el período de 60 días:

$$\text{Utilidad} = \$10,188.9$$

Construyendo un árbol de decisiones, se tiene:

Cursos de acción:

**CATALIZADOR 1**

**CATALIZADOR 2**

**CATALIZADOR 3**

Eventos de cada curso de acción:

|   |         |
|---|---------|
|   | ∞ DIAS  |
| 1 | 40 DIAS |
|   | 20 DIAS |
|   | 60 DIAS |
| 2 | 40 DIAS |
|   | 20 DIAS |
|   | 60 DIAS |
| 3 | 40 DIAS |
|   | 20 DIAS |

Siguiendo los pasos 2 y 3 de la técnica de árboles de decisión se tiene:

|   |      |           |
|---|------|-----------|
|   | 0.20 | -31,347.5 |
| 1 | 0.50 | - 7,587.5 |
|   | 0.30 | 16,172.5  |
|   | 0.20 | -18,137.2 |
| 2 | 0.50 | - 4,044.4 |
|   | 0.30 | 10,048.4  |
|   | 0.20 | - 6,428.7 |
| 3 | 0.50 | 1,880.6   |
|   | 0.30 | 10,188.9  |

Resolviendo el árbol, los valores esperados son:

CATALIZADOR 1

$$VME_1 = (-31,347.5)(0.20) + (-7,587.5)(0.50) + (16,172.5)(0.30)$$

$$VME_1 = - \$5,211.5$$

$$VME_2 = (-18,137.2)(0.20) + (-4,044.4)(0.50) + (10,048.4)(0.30)$$

$$VME_2 = - \$2,635.12$$

$$VME_3 = (- 4,428.7)(0.20) + (1,880.6)(0.50) + (10,188.9)(0.30)$$

$$VME_3 = \$2,711.23$$

Tomando el valor más alto de los valores monetarios esperados, la decisión es elegir el catalizador 3.

#### 4.3. DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE

Esta clase de situaciones se presentan cuando la toma de decisiones se hace desconociendo las probabilidades de ocurrencia de las diversas estrategias del sistema bajo consideración. Para ilustrar esta situación, considérese:

Un Ingeniero ha tenido mucho éxito con su forma novedosa de fabricar y vender un cierto producto a un determinado sector de la industria. Al anticiparse en la producción de este producto a los pedidos del cliente, ha podido disminuir en mucho el tiempo de entrega en comparación con los negocios establecidos en la competencia. Aunque a los clientes les gusta mucho su método, y a vendido una gran cantidad de su producto, en ocasiones el Ingeniero se ha visto obligado a desechar gran parte de su producto debido a que la demanda fue inferior a lo que se había anticipado. Por esta razón, está buscando una política que pueda utilizar para decidir cuántas piezas de su producto ha de fabricar con el objeto de maximizar las utilidades.

El Ingeniero ha reducido sus alternativas a sólo 4 posibilidades de fabricar 150, 160, 170 o 180 piezas. Ha estudiado que los patrones previos de demanda para determinar el número de piezas que se solicitaron por

#### 4.3. DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE

Esta clase de situaciones se presentan cuando la toma de decisiones se hace desconociendo las probabilidades de ocurrencia de las diversas estrategias del sistema bajo consideración. Para ilustrar esta situación, considérese:

Un Ingeniero ha tenido mucho éxito con su forma novedosa de fabricar y vender un cierto producto a un determinado sector de la industria. Al anticiparse en la producción de este producto a los pedidos del cliente, ha podido disminuir en mucho el tiempo de entrega en comparación con los negocios establecidos en la competencia. Aunque a los clientes les gusta mucho su método, y a vendido una gran cantidad de su producto, en ocasiones el Ingeniero se ha visto obligado a desechar gran parte de su producto debido a que la demanda fue inferior a lo que se había anticipado. Por esta razón, está buscando una política que pueda utilizar para decidir cuántas piezas de su producto ha de fabricar con el objeto de maximizar las utilidades.

El Ingeniero ha reducido sus alternativas a sólo 4 posibilidades de fabricar 150, 160, 170 o 180 piezas. Ha estudiado que los patrones previos de demanda para determinar el número de piezas que se solicitaron por

pedido, en los últimos 100 días. Ha encontrado lo siguiente (y se ha redondeado el número de piezas al múltiplo de 10 más cercano):

|                             |     |     |     |     |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Número de piezas solicitado | 150 | 160 | 170 | 180 |
| Número de días              | 20  | 40  | 25  | 15  |

El Ingeniero ha determinado que muy pocas veces ha tenido una demanda inferior a 150 piezas o mayor a 180; por eso redujo las alternativas a las cuatro cantidades mencionadas por día. Este es un ejemplo del uso de política satisfaciente para reducir el número de alternativas).

El Ingeniero ha determinado que gana \$2 dólares por cada pieza que vende y pierde \$1 dólar por cada pieza que no vende. Con esta información es posible construir una tabla de utilidades para cada una de las políticas de número de piezas por fabricar y por cada nivel de ventas (tabla 1). En esta tabla, si la demanda de piezas es superior al número que se ha fabricado se asume que el cliente no espera y se pierden las utilidades que hubieran podido obtenerse.

Para ilustrar los cálculos de la tabla 1, considere el caso en el que se fabricaron 160 piezas pero se vendieron sólo 150. En esta situación, la utilidad bruta

sería de  $\$2 \times 150 = \$300$ , habiendo perdido  $\$10$  por las piezas que no se vendieron y, por ello, se obtendría una utilidad neta de  $\$290$ . Es posible utilizar la tabla 4.3.1 para determinar el número de piezas que deben fabricarse previamente para maximizar las utilidades de la fábrica.

Antes de decidir cuál es la política óptima, el ingeniero también está considerando mudar su fábrica a un nuevo local. Ha concluido que existen sólo tres alternativas de entre las que puede escoger. Estas son: permanecer donde está, mudarse a los Reyes, cerca de nuevos clientes, o mudarse a Xalostoc donde se rumora que se construirá un nuevo complejo industrial pensado para empresas que son consumidoras de su producto. Su decisión se verá influenciada por acciones externas sobre las cuales no tiene control. Estas acciones son las decisiones que otras personas tomarán. Además del nuevo complejo industrial que se rumora se construirá, existe también la duda de si la administración de la zona donde se ubica actualmente, cerrará los comercios consumidores existentes y enviará a estos a la nueva zona industrial. Con la ayuda de un asesor financiero, el Ingeniero ha pronosticado el valor actual de cada una de las decisiones, tomando en cuenta las dos acciones externas (que se consideran mutuamente excluyentes), junto con la posibilidad de que no ocurra ninguna de las dos acciones.

Estos valores se muestran en la tabla 4.3.2.

Puesto que esta decisión sobre ubicación se tomará sólo una vez, no existen datos previos que puedan utilizarse para auxiliar en la decisión. Sin embargo, de alguna manera el Ingeniero debe tomar una decisión.

TABLA 4.3.1  
TABLA DE UTILIDADES

| NUMERO DE PIEZAS<br>QUE SE FABRICAN<br>CON ANTICIPACION | DEMANDA DE PIEZAS |     |     |     |
|---|-------------------|-----|-----|-----|
|   | 150               | 160 | 170 | 180 |
| 150   | 300               | 300 | 300 | 300 |
| 160   | 290               | 320 | 320 | 320 |
| 170   | 280               | 310 | 340 | 340 |
| 180   | 270               | 300 | 330 | 300 |

TABLA 4.3.2  
VALORES PRESENTES DE LA DECISION DE UBICACION

| DECISION    | ACCION EXTERNA |                                     |                                      |
|-------------|----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
|             | NINGUNA        | CERRAR LOS<br>ANTIGUOS<br>COMERCIOS | CONSTRUIR<br>NUEVAS<br>INSTALACIONES |
| No mudarse* | +\$100,000     | +\$ 50,000                          | +\$ 20,000                           |
| Los Reyes   | +\$ 40,000     | +\$150,000                          | +\$ 25,000                           |
| Xalostoc    | -\$ 20,000     | +\$ 20,000                          | +\$200,000                           |

MODELO DE DECISION DEL PESIMISTA

Aplicando el uso del modelo de decisión del pesimista, considérese el resultado para la decisión de ubicación de la fábrica (tabla 4.3.3). Si se aplica ahora el paso 1 del modelo de decisión del pesimista a este problema se puede listar los resultados mínimos (tabla 4.3.4).

Si se aplica después el paso 2 del modelo, se maximizan los valores de la tabla 4.3.4 y se encuentra que la alternativa que se elige es A2 (mudarse a Los Reyes), que da un pago mínimo de \$25,000. (Esta es la alternativa marcada con un asterisco en la tabla 4). Es

decir, si el Ingeniero decidiera mudarse a Los Reyes, entonces el pago que podría esperar sería de \$25,000. Si eligiera cualquiera de las otras dos alternativas el pago podría ser menor que esto.

TABLA 4.3.4  
 TABLA DE PAGOS PARA EL PROBLEMA DE UBICACION  
 (DE LA TABLA 4.3.2)

| ALTERNATIVA                               | ESTADOS DE LA NATURALEZA |                                     |  |
|---|--------------------------|-------------------------------------|--|
|   | Sin<br>cambio<br>(N1)    | Se cierran<br>antiguos<br>comercios | Se construyen<br>nuevas<br>instalaciones |
| Permanecer en la<br>ubicación actual (A1) | +\$100,000               | +\$ 50,000                          | +\$ 20,000                               |
| Mudarse a Los Reyes (A2)                  | +\$ 40,000               | +\$150,000                          | +\$ 25,000                               |
| Mudarse a Xalostoc (A3)                   | -\$ 20,000               | +\$ 20,000                          | +\$200,000                               |

TABLA 4.3.5

PAGOS MINIMOS PARA EL PROBLEMA DE UBICACION

| ALTERNATIVA | PAGO MINIMO     |
|-------------|-----------------|
| A1          | +\$ 20,000 (N3) |
| A2*         | +\$ 25,000 (N3) |
| A3          | -\$ 20,000 (N1) |

En la figura 4.3.1 se ha planteado el problema en un árbol de decisión. En este caso existen tres ramas de decisión que corresponden a no mudarse, mudarse a Los Reyes y mudarse a Xalostoc. Para cada rama de decisión existen tres ramas de estados de la naturaleza asociados con un nodo de probabilidad. Esos corresponden a no mudarse, cerrar los comercios y construir nuevas instalaciones. Por último, para cada combinación de acción y alternativa existe un pago que se ha colocado en el extremo final de cada una de las ramas terminales. Para elaborar la tabla de pago mínimo para el modelo del pesimista, todo lo que se necesita hacer es elegir el pago mínimo asociado con cada rama de decisión.

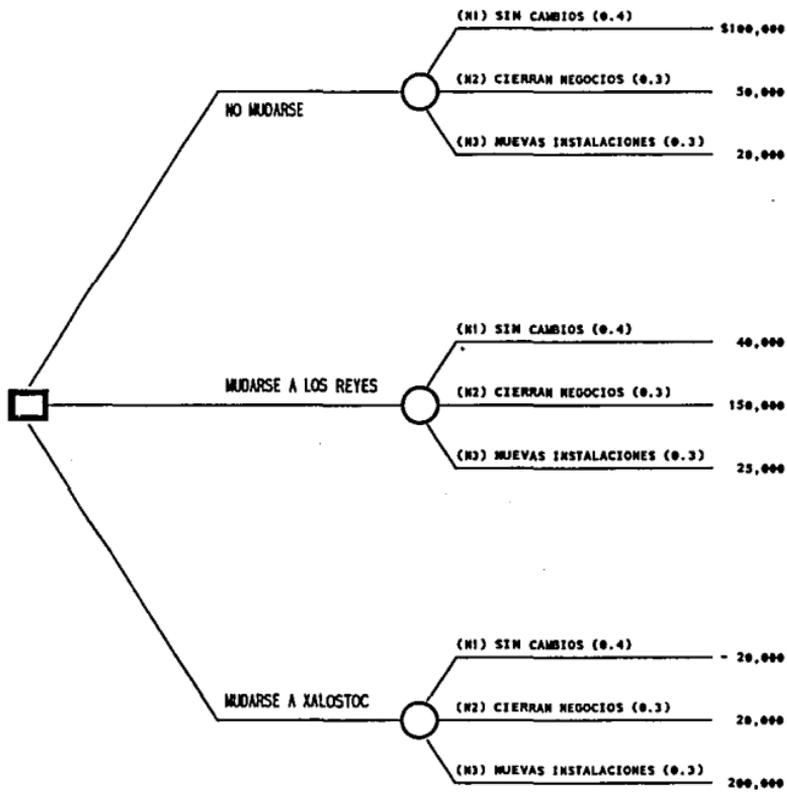


FIGURA 4.3.1.  
ARBOL DE DECISION PARA MUDARSE

## MODELO DE DECISION DEL OPTIMISTA

Aplicando el modelo de decisión del optimista para decidir si debe mudarse o no, el paso 1 de este modelo produce la lista que se muestra en la tabla 4.3.5.

Si después se aplica el paso 2 del modelo, se maximizan los valores de la tabla 4.3.5 y se encuentra que la alternativa elegida es la A3 (mudarse a Xalostoc) con un pago de \$200,000. Es decir, si el Ingeniero elige la alternativa de mudarse a Xalostoc, entonces el pago máximo que podría esperar es de \$200,000. Si seleccionara cualquier otra alternativa el pago sería en definitiva inferior a este valor.

TABLA 4.3.5  
PAGOS MAXIMOS

| ALTERNATIVA | PAGO MAXIMO     |
|-------------|-----------------|
| A1          | +\$100,000 (N1) |
| A2          | +\$150,000 (N2) |
| A3          | +\$200,000 (N3) |

Al igual que con el modelo de decisión del pesimista, resulta fácil utilizar un árbol de decisión en este modelo. El único cambio consiste en que, en vez de hacer una lista de pagos mínimos para cada rama de decisión, se hace una lista de los pagos máximos.

#### MODELOS DE DECISION DE MINIMIZACION DEL ARREPENTIMIENTO

Considerando el primer estado de la naturaleza del problema (no cambiarse) para el problema de ubicación de la fábrica, se tiene la tabla de pagos que se muestra en la tabla 4.3.6.

TABLA 4.3.6

#### PAGOS DEL PRIMER ESTADO DE LA NATURALEZA

| ALTERNATIVA | SIN CAMBIO (M\$) |
|-------------|------------------|
| A1          | +\$100,000       |
| A2          | +\$ 40,000       |
| A3          | -\$ 20,000       |

Usando los valores de la tabla 4.3.6 se determina que el máximo pago es de \$100,000 y ocurre para A1 (no mudarse). Tomando este valor y la ecuación 3.6 puede calcularse la pérdida de oportunidad para cada alternativa (véase tabla 4.3.7). La tabla que muestra los

valores de oportunidad para todos los estados de la naturaleza se denomina tabla de arrepentimientos y corresponde a la tabla 4.3.8.

TABLA 4.3.7

CALCULO DE LA PERDIDA DE OPORTUNIDAD PARA NI

| ALTERNATIVA | PAGO MAXIMO | - PAGO DE ALTERNATIVA | = PERDIDA DE OPORT. |
|-------------|-------------|-----------------------|---------------------|
| A1          | \$100,000   | \$100,000             | 0                   |
| A2          | \$100,000   | \$ 40,000             | \$60,000            |
| A3          | \$100,000   | -\$ 20,000            | \$120,000           |

TABLA 4.3.8

TABLA DE ARREPENTIMIENTO

| ALTERNATIVA     | SIN CAMBIO | CERRAR LOS     | CONSTRUIR          |
|-----------------|------------|----------------|--------------------|
|                 | (N1)       | ANTIGUOS       | NUEVAS             |
|                 |            | COMERCIOS (N2) | INSTALACIONES (N3) |
| No mudarse (A1) | 0          | \$100,000      | \$180,000          |
| Mudarse a Los   |            |                |                    |
| Reyes (A2)      | \$ 60,000  | 0              | \$175,000          |
| Mudarse a Xa-   |            |                |                    |
| lostoc (A3)     | \$120,000  | .\$130,000     | 0                  |

En el paso 2 del modelo se llega a la lista de valores máximos de pérdida de oportunidad que se muestra en la tabla 4.3.9. Utilizando el paso 3, se elige entonces la alternativa A3 (mudarse a Xalostoc) puesto que es el menor valor de la lista de pérdidas máximas de oportunidad con un valor de \$130,000. Esta alternativa esta marcada con un asterisco en la tabla 4.3.9.

TABLA 4.3.9  
VALORES DEL ARREPENTIMIENTO MAXIMO

| ALTERNATIVA | MAXIMA PERDIDA DE OPORTUNIDAD |
|-------------|-------------------------------|
| A1          | \$180,000 (N3)                |
| A2          | \$175,000 (N3)                |
| A3*         | \$130,000 (N2)                |

MODELO DE DECISION DE MAXIMIZACION DEL PAGO PROMEDIO

El pago promedio para las alternativas del problema está dado por la aplicación de la ecuación 3.7, obteniendo los siguientes resultados:

$$V_1 = (100,000 + 50,000 + 20,000)/3 = \$56,667 \quad (A1)$$

$$V_2 = (40,000 + 150,000 + 25,000)/3 = \$71,667 \quad (A2)$$

$$V_3 = (-20,000 + 20,000 + 200,000)/3 = \$66,667 \quad (A3)$$

Utilizando estos valores, quien toma las decisiones elabora una lista de valores promedio similar a la que se realizó en los tres modelos anteriores de decisiones. En este caso, esa lista se muestra en la tabla 4.3.10. Cuando se maximizan estos pagos promedio se elige la estrategia A2 (mudarse a Los Reyes). Esta alternativa aparece señalada con un asterisco en la tabla 4.3.10.

TABLA 4.3.10  
PAGOS PROMEDIO

| ALTERNATIVA | PAGOS PROMEDIO |
|-------------|----------------|
| A1          | \$56,667       |
| A2*         | \$71,667       |
| A3          | \$66,667       |

#### MODELO DE PROBABILIDADES SUBJETIVAS

Suponiendo que el Ingeniero esta satisfecho con los valores monetarios de la tabla de pagos como representación de las consecuencias de cada decisión, estima que existe una probabilidad de 0.4 de que no haya acciones externas (resultado 1), una probabilidad de 0.3 de que se cierren los antiguos comercios (resultado 2) y una probabilidad de 0.3 de que se construyan nuevas instalaciones (resultado 3). Ahora, es posible calcular los valores utilitarios esperados para cada decisión:

$$\begin{aligned}
 A1: \text{ VUE}_1 &= (0.4)(100,000) + (0.3)(50,000) + \\
 &\quad (0.3)(20,000) &= \$61,000 \\
 A2: \text{ VUE}_2 &= (0.4)(40,000) + (0.3)(150,000) + \\
 &\quad (0.3)(25,000) &= \$68,500 \\
 A3: \text{ VUE}_3 &= (0.4)(-20,000) + (0.3)(20,000) + \\
 &\quad (0.3)(200,000) &= \$58,000
 \end{aligned}$$

Utilizando el método de la probabilidad subjetiva, el Ingeniero elegiría la alternativa A2 (mudarse a Los Reyes).

Si se usa un árbol de decisión para representar esto el árbol se asemejaría al que aparece en la figura 4.3.1, excepto que ahora se incluye probabilidades en cada rama de resultados (figura 4.3.2). Esas probabilidades sólo se multiplican por el resultado que aparece al final de cada rama y se suman para todos los resultados de cada una de las ramas de estrategias con el objeto de calcular el valor esperado (VME o VUE) para cada alternativa.

#### ANÁLISIS BAYESIANO

Para comenzar un análisis bayesiano del problema, en primer lugar se necesita una matriz de decisión que muestre las consecuencias económicas de diversas decisiones. Para hacer esto, se amplía la tabla de utilidades 1 para convertirla en la tabla de utilidades

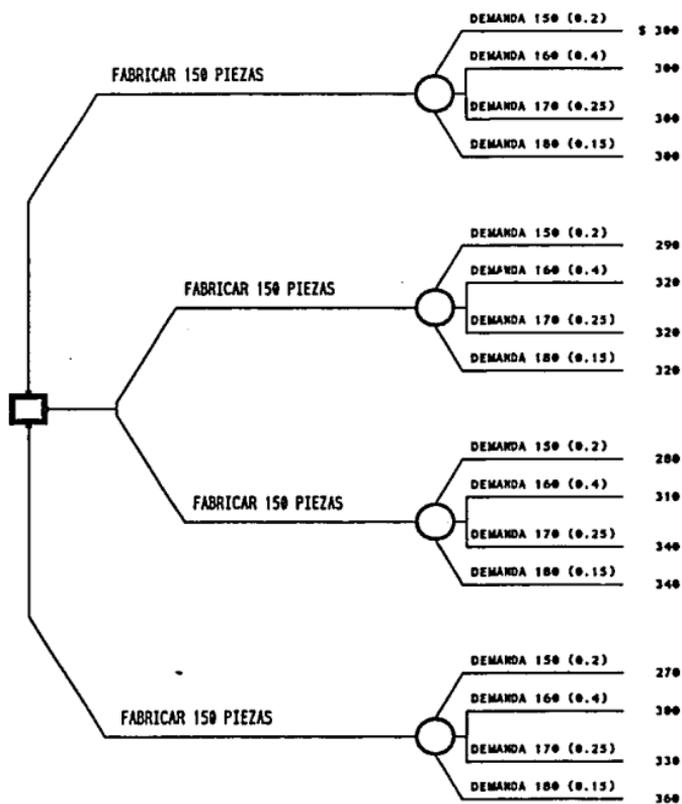


FIGURA 4.3.2.

ARBOL DE DECISION PARA FABRICACION DE PIEZAS

4.3.13. Esta tabla ampliada incluye los pagos para cada estado de la naturaleza y cada alternativa, y la porción de tiempo en que ocurrió cada estado de la naturaleza. Esta fracción se encuentra dividiendo el número de días de cada estado de la naturaleza entre el número total de días para todos ellos. Se estudiaron  $20 + 40 + 25 + 15 = 100$  días. Estas fracciones son equivalentes a probabilidades, dado que su suma es igual a uno y reflejan la proporción de tiempo que ocurrió cada estado de la naturaleza. Se considerará que se observará la misma proporción en el futuro.

TABLA 4.3.13  
TABLA DE UTILIDADES

| NUMERO DE PIEZAS<br>QUE SE FABRICAN<br>CON ANTICIPACION | NUMERO DE PIEZAS QUE SE SOLICITAN |      |      |      |
|---|-----------------------------------|------|------|------|
|   | 150                               | 160  | 170  | 180  |
| 150   | 300                               | 300  | 300  | 300  |
| 160   | 290                               | 320  | 320  | 320  |
| 170   | 280                               | 310  | 340  | 340  |
| 180   | 270                               | 300  | 330  | 360  |
| FRACCION DE TIEMPO                                      | 0.20                              | 0.40 | 0.25 | 0.15 |

Aplicando este modelo de decisión al problema de cuántas piezas fabricar con anticipación, se tienen los siguientes cálculos al aplicar la ecuación 3.1:

$$\begin{aligned} VME_1 &= (0.20)(300) + (0.40)(300) + (0.25)(300) + \\ & \quad (0.15)(300) &= \$300.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VME_2 &= (0.20)(290) + (0.40)(320) + (0.25)(320) + \\ & \quad (0.15)(320) &= \$314.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VME_3 &= (0.20)(280) + (0.40)(310) + (0.25)(340) + \\ & \quad (0.15)(340) &= \$318.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VME_4 &= (0.20)(270) + (0.40)(300) + (0.25)(330) + \\ & \quad (0.15)(360) &= \$310.50 \end{aligned}$$

Con estos valores monetarios esperados se elabora una lista en la cual se determina el máximo (ver tabla 4.3.12). Se encuentra que el VME es de \$318 y ocurre para una decisión de fabricar 170 piezas. La interpretación de este valor es que si el Ingeniero fabricará 170 piezas cada día, entonces su utilidad promedio a largo plazo sería de \$318 por día. Obsérvese que en ningún momento ocurriría este valor en realidad; es un valor promedio para una gran cantidad de aplicaciones de la alternativa bajo condiciones similares. Esta alternativa está marcada con un asterisco en la tabla 4.3.12.

**TABLA 4.3.12**  
**VALORES MONETARIOS ESPERADOS**

| ALTERNATIVA | VME       |
|-------------|-----------|
| 150 (A1)    | \$ 300.00 |
| 160 (A2)    | 314.00    |
| 170 (A3)    | 316.00*   |
| 180 (A4)    | 310.50    |

**EJEMPLO 2: LOCALIZACION DE LA PLANTA**

Fundidora de Autopartes, S.A., promueve un proyecto para la construcción de una nueva planta de fundición de partes automotrices con una inversión de \$450'000,000.00. El objetivo de la empresa es satisfacer los requerimientos de una sus filiales así como los de diversas plantas armadoras de automóviles en el país.

Actualmente la empresa se encuentra ubicada en el Distrito Federal. Su localización resulta inconveniente por estar dentro de una zona residencial y de alta densidad de población. Por esto se tomó la decisión de construir la nueva planta fuera del Distrito Federal, además de las necesidades de crecimiento que la empresa tiene.

En función del Plan Nacional de Desarrollo Industrial (Plan DI), se considera como alternativas de localización los municipios inmediatos a los siguientes sitios: Lerma, Edo. de México; Querétaro, Gro.; Saltillo, Coah y Puebla, Pue.

Para esta evaluación se consideran los siguientes supuestos:

1. Una generación de 351 empleos, 278 de los cuales corresponden a obreros y 73 a empleados.
2. Un consumo de energía eléctrica de \$1,079.00 por tonelada producida.
3. En cuanto a reglamentaciones locales para el control de la contaminación, se tiene que éstas son más severas en Puebla y Querétaro; en Saltillo hay más facilidades y en Lerma aún no existe una política definida (se sabe que el gobierno estatal está tratando de estimular la instalación de industrias y no obstaculizar el proceso).

Considerando la información contenida en las tablas siguientes, determinar la localización más adecuada para la nueva planta, empleando una escala de calificación de 1 a 4.

TABLA 4.3.13

| LOCALIZACION | ZONA (PLAN D1) | SALARIO MINIMO ANUAL |
|--------------|----------------|----------------------|
| LERM III B   | 180,675        |                      |
| QUERETARO    | I B            | 206,955              |
| SALTILLO     | II             | 187,535              |
| PUEBLA       | III B          | 159,870              |

TABLA 4.3.14

INFRAESTRUCTURA DE LAS DIFERENTES CIUDADES

| CIUDAD    | CARRETERAS | FFCC | TELEX | CD. IND. | AGUA       | COMBUSTIBLE |
|-----------|------------|------|-------|----------|------------|-------------|
| LERMA     | REGULARES  | SI   | SI    | SI       | ESCASA     | SI          |
| QUERETARO | BUENAS     | SI   | SI    | SI       | SUFICIENTE | SI          |
| SALTILLO  | REGULARES  | SI   | NO    | NO       | ESCASA     | SI          |
| PUEBLA    | BUENAS     | SI   | SI    | NO       | SUFICIENTE | SI          |

**TABLA 4.3.15**  
**DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LOS PROVEEDORES**

| MATERIA PRIMA               | CHATARRA                                     | ARENA SILICA  | BENTO-NITAS                    | GRAFITO ENESCAMAS     | FERROSLICATO    | PINTURAS Y DIVERSOS |
|-----------------------------|--|---------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|
| LOCALIZACION DE PROVEEDORES | CD. MEX.<br>TOLUCA<br>MEX. TEXAS<br>E. U. A. | JUANITA, VER. | D. F.<br>DUAD. MONT.<br>PUEBLA | D. F.<br>QUADAL MONT. | TEZIUTLAN, VER. | D. F.<br>MONT.      |
| VIAS DE ABASTECIMIENTO      | CAMION                                       | FFCC          | CAMION                         | CAMION                | CAMION          | CAMION              |

**TABLA 4.3.16**  
**DISTANCIAS ENTRE PROVEEDORES Y SITIOS DE LOCALIZACION**

| PROVEEDOR         | SITIO |            |          |        |
|-------------------|-------|------------|----------|--------|
|                   | LERMA | QUERRETARO | SALTILLO | PUEBLA |
| GUADALAJARA, JAL. | 564   | 361        | 673      | 609    |
| JUANITA, VER.     | 912   | 1,066      | 1,067    | 731    |
| MEXICO, D. F.     | 56    | 211        | 864      | 127    |
| MONTERREY, N. L.  | 941   | 739        | 85       | 1,076  |
| PUEBLA, PUE.      | 181   | 338        | 901      | -      |
| TEZIUTLAN, PUE.   | 375   | 532        | 1,185    | 196    |
| TOLUCA, MEX.      | 10    | 199        | 846      | 191    |

TABLA 4.3.17

CARACTERISTICAS DEL MERCADO (EN TONELADAS)

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS POSIBLES CONFIGURACIONES DE CLIENTELA

| AÑO  | CHATARRA | ARENA<br>SILICA | BENTO-<br>NITAS | GRAFITO<br>ESCAMAS | FERRO<br>SILICATO | PINTURA<br>DIVERSO | FUNDICION<br>DE HIERRO |       |
|------|----------|-----------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------------|-------|
|      |          |                 |                 |                    |                   |                    | BRUTO                  | NETO  |
| 1989 | 590      | 7505            | 378             | 345                | 321               | 321                | 12088                  | 10382 |
| 1990 | 18310    | 13138           | 654             | 506                | 555               | 555                | 20430                  | 17421 |
| 1991 | 18700    | 13483           | 671             | 612                | 570               | 570                | 10805                  | 18278 |

TABLA 4.3.19

DISTANCIAS ENTRE SITIOS DE LOCALIZACION Y CLIENTES (KM)

| SITIO     | CLIENTE     |        |           |        |        |     | SN. JUAN<br>DEL RIO |
|-----------|-------------|--------|-----------|--------|--------|-----|---------------------|
|           | GUADALAJARA | MEXICO | MONTERREY | PUEBLA | TOLUCA |     |                     |
| LERMA     | 564         | 54     | 041       | 181    | 10     | 172 |                     |
| QUERETARO | 361         | 211    | 788       | 338    | 103    | 31  |                     |
| SALTILLO  | 673         | 804    | 85        | 001    | 846    | 670 |                     |
| PUEBLA    | 690         | 127    | 1076      | -      | 101    | 307 |                     |

## SOLUCION

Para determinar la localización de la planta, se ha seguido una variante del método de probabilidades subjetivas.

A. Seleccionar, en base a la información disponible, los factores locacionales determinantes y factibles de ser evaluados. En el caso propuesto, serían:

1. Cercanía de mercados
2. Cercanía de insumos
3. Costo de mano de obra
4. Incentivos fiscales
5. Disposiciones locales para el control de la contaminación
6. Infraestructura de servicios de apoyo industrial
7. Servicios públicos

Los factores que no se escogieron por ser independientes de la localización, serían:

1. Costo del terreno
2. Aspectos legales
3. Clima

B. Una vez seleccionados los factores determinantes hay que establecer una jerarquización; es decir, asignarles un valor de acuerdo a su importancia. Para este tipo de industria podrían ser, en base a la información disponible:

|  |      |
|--|------|
| 1. Cercanía de mercado                                       | 25%  |
| 2. Cercanía de insumos                                       | 25%  |
| 3. Costo de mano de obra                                     | 20%  |
| 4. Incentivos fiscales                                       | 5%   |
| 5. Disposiciones locales para el control de la contaminación | 5%   |
| 6. Infraestructura serv. de apoyo                            | 10%  |
| 7. Servicios públicos  | 10%  |
| t o t a l  | 100% |

C. Asignar calificaciones a cada sitio de ubicación posible y para cada factor, estableciendo una escala de valores de 1 a 4.

1. Cercanía de mercado:

De acuerdo a la distribución geográfica de los clientes (tabla 4.3.17), se localiza un 83% de mercado en un área de aproximadamente 200 km de radio alrededor de la Ciudad de México. Para simplificar el análisis conviene considerar únicamente las posibles

localizaciones que satisfagan la condición de estar dentro de esta Área. Lo anterior automáticamente le asigna el último lugar a Saltillo.

Para determinar el lugar con mejor ubicación en cuanto a mercado, se puede construir la tabla siguiente, en donde se analizan la cantidad de km recorridos por unidad vendida en cada una de las localizaciones.

UBICACION DE LERMA:

|                   |             |   |         |
|-------------------|-------------|---|---------|
| Para Toluca       | 1,442 (10)  | = | 14,420  |
| Para D.F.         | 2,767 (54)  | = | 149,418 |
| Para Puebla       | 1,552 (181) | = | 280,912 |
| Para S.J. del Río | 2,855 (172) | = | 491,060 |
|                   |             |   | <hr/>   |
|                   |             |   | 935,810 |

UBICACION EN QUERETARO:

|                   |             |   |           |
|-------------------|-------------|---|-----------|
| Para Toluca       | 1,442 (193) | = | 278,306   |
| Para D.F.         | 2,767 (211) | = | 583,837   |
| Para Puebla       | 1,552 (338) | = | 524,576   |
| Para S.J. del Río | 2,855 (31)  | = | 88,505    |
|                   |             |   | <hr/>     |
|                   |             |   | 1,475,224 |

#### UBICACION EN PUEBLA:

|                   |             |   |           |
|-------------------|-------------|---|-----------|
| Para Toluca       | 1,442 (191) | = | 275,422   |
| Para D.F.         | 2,767 (127) | = | 351,409   |
| Para Puebla       | 1,552 ( 0)  | = | 0         |
| Para S.J. del Río | 2,855 (307) | = | 876,485   |
|                   |             |   | <hr/>     |
|                   |             |   | 1'503,316 |

Se puede concluir que el punto más cercano a los mercados es Lerma.

#### CALIFICACION

|            |   |
|------------|---|
| LERMA      | 4 |
| QUERRETARO | 3 |
| SALTILLO   | 1 |
| PUEBLA     | 2 |

#### 2. Cercanía de insumos:

De acuerdo al programa de producción (tabla 4.3.18), las principales materias primas son la chatarra y la arena sílica. En la tabla 4.3.15 se tiene la ubicación de los proveedores, siendo ésta la zona metropolitana del D.F., la zona industrial del Valle de Toluca y Juanita, Ver. La tabla 4.3.16 da la distancia entre proveedores y

ubicaciones posibles; por lo tanto, se puede dar ahora una calificación en base a la cercanía.

#### CALIFICACION

|           |   |
|-----------|---|
| LERMA     | 4 |
| QUERETARO | 2 |
| SALTILLO  | 1 |
| PUEBLA    | 3 |

3. La mano de obra se evaluará en base a su costo promedio (salario mínimo general: S.M.G.).

|           | S.M.G.  | CALIFICACION |
|-----------|---------|--------------|
| LERMA     | 180,675 | 2            |
| QUERETARO | 206,955 | 1            |
| SALTILLO  | 167,535 | 3            |
| PUEBLA    | 159,870 | 4            |

4. Incentivos fiscales. Estos se otorgan de acuerdo a la zona del Plan D1.

|           | ZONA<br>(PLAN D1) | CALIFICACION |
|-----------|-------------------|--------------|
| LERMA     | III B             | 1            |
| QUERETARO | I B               | 4            |
| SALTILLO  | II                | 3            |
| PUEBLA    | III B             | 1            |

5. En vista de las diversas políticas para controlar la contaminación se podría establecer la siguiente escala:

|           | NORMAS    | CALIFICACION |
|-----------|-----------|--------------|
| LERMA     | blandas   | 4            |
| QUERETARO | severas   | 1            |
| SALTILLO  | moderadas | 3            |
| PUEBLA    | severas   | 1            |

6. Infraestructura:

De acuerdo a los atributos de cada ciudad (tabla 4.3.14) y en base a la existencia y calidad de los elementos de apoyo industrial se fijaron las siguientes calificaciones:

**CALIFICACION**

|           |   |
|-----------|---|
| LERMA     | 2 |
| QUERETARO | 4 |
| SALTILLO  | 1 |
| PUEBLA    | 3 |

7. Servicios públicos:

Al estar cerca de grandes centros urbanos, tanto Puebla como Queretaro cuentan con excelentes servicios.

Saltillo sería el menos favorecido y Lerma cuenta con servicios aceptables; gracias a su relativa cercanía con la Ciudad de México y Toluca.

#### CALIFICACION

|           |   |
|-----------|---|
| LERMA     | 3 |
| QUERETARO | 4 |
| SALTILLO  | 2 |
| PUEBLA    | 4 |

D. Una vez que se dispone de toda la información anterior, se procede a multiplicar cada calificación por el valor de su ponderación que se les había asignado previamente a cada factor. Al sumar estas calificaciones ponderadas, el lugar que obtenga la calificación más alta dará la mejor ubicación posible para el proyecto.

Para facilitar los cálculos se construye una tabla como la que se muestra a continuación:

TABLA 4.3.20

| FACTOR                    | PONDERACION | LERMA        | QUERRETARO   | SALTILLO     | PUEBLA       |
|---------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| MERCADO                   | 25%         | 4(100)       | 3( 75)       | 1( 25)       | 2( 50)       |
| INSUMOS                   | 25%         | 4(100)       | 2( 50)       | 1( 25)       | 3( 75)       |
| MANO DE OBRA              | 20%         | 2( 40)       | 1( 20)       | 3( 60)       | 4( 80)       |
| INC. FISCAL               | 5%          | 1( 5)        | 4( 20)       | 3( 15)       | 1( 5)        |
| CONTAMINACION             | 5%          | 4( 20)       | 1( 5)        | 3( 15)       | 1( 5)        |
| INFRAESTRUC               | 10%         | 2( 20)       | 4( 40)       | 1( 10)       | 3( 30)       |
| SERV. PUB.                | 10%         | 3( 30)       | 4( 40)       | 1( 20)       | 4( 40)       |
| <b>CALIFICACION TOTAL</b> |             | <b>(315)</b> | <b>(250)</b> | <b>(170)</b> | <b>(285)</b> |

LOS NUMEROS ENTRE PARENTESIS SON EL PRODUCTO DE LA CALIFICACION POR EL FACTOR DE PONDERACION.

CONCLUSIONES. Conforme al procedimiento descrito, el estudio concluye que la localización de Fundidora Autopartes, S.A., en el municipio de Lerma, Edo. de México, resulta ser la más favorable bajo los supuestos aquí considerados.

NOTA: LOS SUPUESTOS PLANTEADOS Y LAS CONSIDERACIONES GEOGRAFICAS O POLITICAS UTILIZADAS EN ESTE PROBLEMA HAN SIDO PREPARADAS PARA FINES DIDACTICOS Y NO REFLEJAN NECESARIAMENTE UNA SITUACION REAL.

CAPITULO QUINTO  
PLANEACION DE LA VIDA PERSONAL

Varias lecciones de la experiencia con la planeación estratégica han sido analizadas, y son aplicables a la planeación de áreas fuera del mundo de negocios. Una de estas áreas importantes es la planeación personal.

Bonnie Strickland y Steve Nowicki, en base a sus estudios realizados, concluyeron que "los perdedores de la vida" tienden a creer que el factor suerte es el elemento decisivo en lo que le sucede a uno y que no puede hacerse nada al respecto. Por otra parte, aquellas personas que tienen éxito en la vida creen que ellos pueden ejercer cierto control sobre su destino. Este capítulo está dirigido más bien para el segundo caso que para el primero.

No es difícil tomar una decisión con respecto a un aspecto de la vida, la cual provocará un cambio, pero tales decisiones fragmentarias, a pesar de que pueden mejorar la vida, no representan el mejor método para resolver la cuestión de qué tipo de vida se desea y cómo se pueden lograr las ideas. Cómo inventar el propio destino.

Cuando alguien se hace estas preguntas, el problema que preocupará a su mente es: ¿Dónde empiezo? ¿Qué elementos de mi personalidad, circunstancias y perspectivas futuras debo tomar en cuenta? ¿Qué puedo decir acerca de ellos? Y puesto que puedo soñar, ¿cómo puedo realizar mis sueños?

Existe una manera de contestar estas preguntas con la probabilidad de que una persona de hecho puede tomar decisiones que ayudarán a realizar un futuro deseado. A pesar de que no hay una seguridad de que esto suceda, la planeación estructurada que se plantea, promete la posibilidad de que uno pueda influir en su propio futuro.

La clave para la planeación personal es saber dónde empezar. Si se considera que el propósito central de cada individuo es la maximización de la autosatisfacción durante la vida, éste puede servir como punto de partida para la planeación de una vida. Con estos objetivos es posible proceder con la planeación de la vida personal, como se indica en la figura 5.1

La figura puede utilizarse para otros planes personales a largo plazo. En vez de "maximizar la autosatisfacción personal para toda una vida", lo cual ahora se encuentra en el cuadro superior, pueden incluirse otros objetivos. El modelo es igualmente

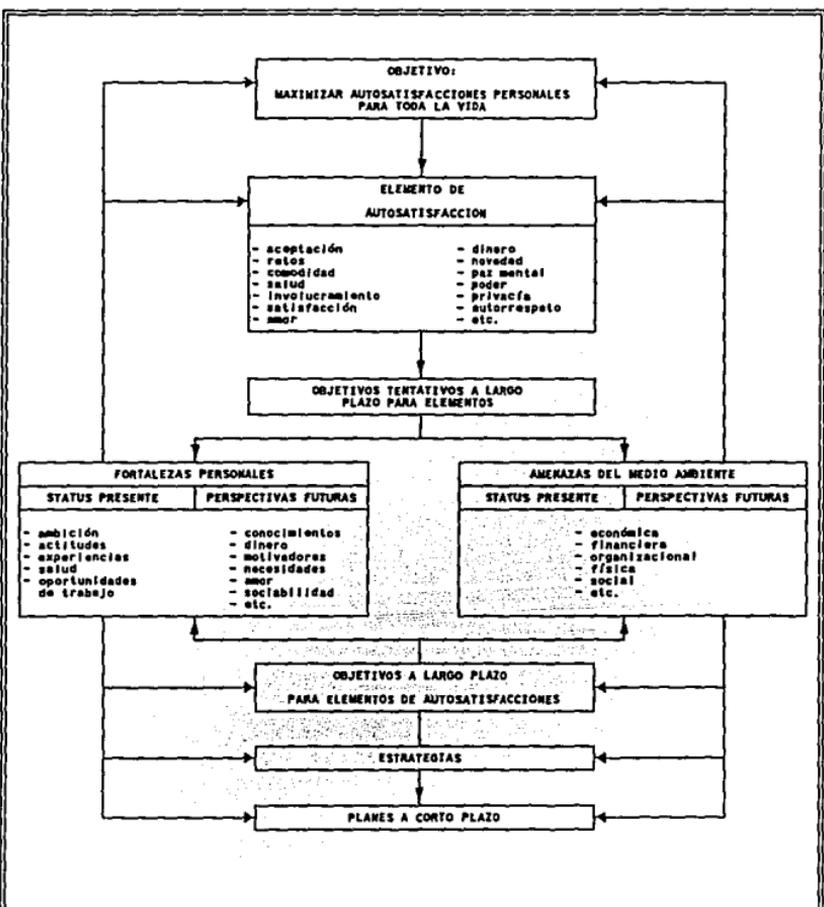


FIGURA 5.1. UN MODELO CONCEPTUAL DE LA PLANEACION DE LA VIDA PERSONAL

FUENTE: STEINER, GEORGE A. "PLANEACION ESTRATEGICA". 7ta. IMPRESION, EDIT. C.E.C.S.A. MEXICO, 1986. p. 385.

apropiado para objetivos de desarrollo profesional como para planes personales para toda la vida.

El siguiente paso en el proceso es identificar los principales elementos que deben tomarse en cuenta al determinar la forma en que se puede mejorar la autosatisfacción personal. Varios de estos elementos se presentan en el modelo. Es importante estar consciente de la amplia gama de factores a considerarse, ya que éste es un paso crucial. Una persona no puede considerar todos estos elementos en la planeación, así mismo puede y debe tratar con los más importantes.

Con cierta frecuencia a los factores identificados en los cuadros denominados potencialidades y debilidades personales, y oportunidades y limitaciones del medio ambiente, deberían establecerse objetivos tentativos para los elementos identificados como los más relevantes.

Estos objetivos tentativos deben ser evaluados contra el análisis de situación de potencialidades y debilidades personales, oportunidades y limitaciones del medio ambiente. Los cuadros respectivos en la figura identifican aquellos tipos de factores que deben tomarse en cuenta. Para las potencialidades y debilidades personales, al igual que las oportunidades y limitaciones del medio ambiente, la evaluación debería hacerse en los

términos de tanto condiciones presentes con respecto a cada factor y perspectivas futuras. La primera evaluación debería realizarse lo mas honesto y obvio posible. La segunda incluye los pronósticos del futuro; este esfuerzo debería involucrar mucho pensamiento e investigación, pero no un esfuerzo de estudio exhaustivo.

Con base en esta evaluación es posible desarrollar objetivos a largo plazo mas firmes para aquellos elementos identificados por el individuo como importantes en sus autosatisfacciones futuras. Al preparar estos objetivos para el periodo seleccionado, el planeador no debería tratar de establecer metas detalladas para todos los elementos o todas las partes de todo elemento. La razón es que esto daría lugar a una cantidad de preguntas extraordinarias, las cuales son tan difíciles de entender que el proceso de planeación se volvería imposible de manejar.

Los objetivos cuantitativos pueden establecerse para ciertos elementos y otros pueden fijarse en términos generales, o cualitativos.

Una vez establecidos los objetivos, el proceso puede continuar con la identificación y evaluación de estrategias para lograr los primeros. El planeador muy

posiblemente encuentra adecuado ir de los objetivos a las estrategias y viceversa, en cuanto a las debilidades, potencialidades, oportunidades y limitaciones identificados en el análisis de situación. Pensando en estrategias para lograr la meta, se puede identificar un nuevo curso de acción factible que a lo mejor resulta mucho más potencial. Entonces los objetivos pueden presentarse, o si no es posible diseñar una estrategia que tenga posibilidad de lograr el objetivo, éste debe limitarse. A este proceso se le llama iteración.

El siguiente paso consiste en formular planes específicos para los próximos meses para poner en práctica estrategias que logren los objetivos a un plazo mayor. Aquí, los planes deberían ser muy específicos. La planeación a largo plazo es considerada un ejercicio vano si el proceso no resulta en la toma de mejores decisiones actuales. Podría ser interesante especular acerca de lo que podría pasar, aunque no pasará mucho menos de que se tomen decisiones específicas para emprender acciones en el futuro inmediato.

Para que este tipo de planeación sea útil, hay que seguir cuatro principios fundamentales:

1. Debe escribirse el plan. El tipo de planeación delineado en el presente no puede realizarse sin cierta dedicación ya que el proceso es demasiado complicado para ser elaborado solo en la mente.
2. Todo el esfuerzo deberá hacerse para evitar detalles excesivos. Este tipo de planeación no puede llevarse a cabo si es demasiado amplio en su alcance y detalles. La complejidad de tal planeación fácilmente puede volverse imposible de manejar.
3. Los planes deberían de ser factibles; esto significa que los objetivos, estrategias y planes detallados deberían ser realistas y dentro de lo posible, a diferencia de las metas engañosas y estrategias imposibles para lograrlo.
4. El plan debería revisarse y rehacerse una vez al año, o al menos cada dos. Se ha descubierto que el proceso de planeación no es efectivo si los planes se elaboran y se convierten en normas fijas. Los medios ambientes cambian constantemente y en vista de esto, los planes deberían adaptarse periódicamente.

Cabe mencionar que no existe una manera única para desarrollar un plan vitalicio. El proceso puede iniciarse en cualquier punto indicado en la figura. Se puede

empezar por objetivos para después volverlos a elaborar mediante pruebas contra otros pasos indicados en la figura. El potencial que puede proporcionar este proceso, sería el mismo para todos si es realizado con cuidado y con una política general para asegurar que los beneficios personales derivados del proceso sean superiores a los costos de tiempo y esfuerzo involucrados en la realización de la planeación.

## CONCLUSIONES

La teoría de las decisiones proporciona un marco de referencia para el análisis de una amplia variedad de problemas. Este marco establece que es necesario un sistema de clasificación de los problemas de decisión basado en la cantidad de información que se tiene disponible respecto al problema y establece, además, un criterio de decisión.

Es importante comprender que el análisis de decisiones no proporciona una visión completamente objetiva de los problemas puesto que algunos aspectos en este tipo de análisis necesitan juicio personal, ya sea al estructurar el problema, valorar las probabilidades, asignar utilidades e incluso, en la toma misma de decisiones.

Los modelos propuestos para la toma de decisiones no señalan el curso de acción que ha de seguirse en la solución de un problema, ni puede garantizarse que la alternativa elegida sea siempre la más favorable. Sin embargo, sí proporciona una estructura para todo este proceso y pueden ser útiles para evitar que tales decisiones sean arbitrarias o inconsistentes al no basarse en todos los datos disponibles.

El análisis de varias opciones, considera a aquellos factores que influyen sobre éstas, tales como las relaciones comerciales, políticas, sociales, etc., así como la experiencia, la creatividad y la habilidad de la persona encargada de tomar la decisión.

Los temas cubiertos en este trabajo han sido seleccionados de forma tal, que sean de utilidad tanto para el estudiante como para el empresario, ya que se presentan teorías, definiciones y criterios que ayudan a ubicar al ingeniero y darle a conocer la gran responsabilidad que adquieren las personas que toman decisiones.

Las aplicaciones prácticas señaladas, son sólo una muestra de las muchas que pueden aparecer en el ejercicio profesional del Ingeniero Químico y presentan los métodos de selección de la decisión a seguir en un problema determinado, de una manera sencilla, entendible y fácil de aplicar por lo que la persona encargada de tomar decisiones podrá utilizarlas con suma facilidad.

Durante el ejercicio profesional, el Ingeniero Químico tiende a desarrollar procedimientos y técnicas para con ello planear y desarrollar ideas y proyectos. Para esto se hace necesaria la aplicación de modelos de decisión. Cuando se inicia la concepción del problema,

surge la planificación estratégica , aquí los árboles de decisiones se convierten en una herramienta útil pues tomándolos como base puede surgir la etapa en que se determinan los posibles cursos de acción (nivel operativo). Una vez que se han analizado y elegido las posibles alternativas que den solución al problema planteado, es posible elegir la alternativa que dé los resultados esperados (nivel táctico). Esta última parte es el punto real de la toma de decisiones en que la aplicación de los modelos de decisión que este trabajo ha sugerido, encuentra utilidad. El modelo a seguir debe elegirse en función de la información que se tenga disponible, además de considerar la experiencia o intuición de quien toma decisiones.

## BIBLIOGRAFIA

1. CLELAND, DAVIS I. "MANUAL PARA LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS". EDIT. C.E.C.S.A., 1990. p. 345.
2. CORZO, MIGUEL ANGEL. "INTRODUCCION A LA INGENIERIA DE PROYECTOS". EDIT. LIMUSA, 7a. REIMPRESION, 1983. p. 77, 113, 133-139.
3. FULMER, ROBERT M. "ADMINISTRACION MODERNA". EDIT. DIANA, 3a. EDICION, 1986. p. 193,235.
4. GOBLE, FRANK G. "LA TERCERA FUERZA. LA PSICOLOGIA PROPUESTA POR ABRAHAM MASLOW". EDIT. TRILLAS, 4a. REIMPRESION, 1988. p. 63.
5. GOULD, F.J. "INVESTIGACION DE OPERACIONES EN LA CIENCIA ADMINISTRATIVA". 3a. ED. EDIT. PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA. MEXICO, 1992. p. 224-225, 614, 640.
6. KATZ, FREEMONT E. "ADMINISTRACION EN LAS ORGANIZACIONES. ENFOQUE DE SISTEMAS Y CONTINGENCIAS". EDIT. MC-GRAW HILL, 1990. 157-161, 625-638.

7. KEPNER, CHARLES H. "EL DIRECTIVO RACIONAL. ENFOQUE SISTEMATICO A LA RESOLUCION DE PROBLEMAS Y LA TOMA DE DECISIONES". EDIT. MC GRAW HILL. MEXICO, 1970. p. 62-66.
8. KONNTZ, HAROLD. "CURSO DE ADMINISTRACION MODERNA. UN ANALISIS DE SISTEMAS Y CONTINGENCIAS DE LAS FUNCIONES ADMINISTRATIVAS". EDIT. MC-GRAW HILL, 6a. EDICION, 1981. p. 505-610.
9. MARQUES, MA. JOSE. "PROBABILIDAD Y ESTADISTICA PARA CIENCIAS QUIMICO-BIOLÓGICAS". U.N.A.M. MEXICO, 1988. p. 241.
10. RHEAULT, JEAN PAUL. "INTRODUCCION A LA TEORIA DE LAS DECISIONES". EDIT. LIMUSA, 1982. p. 36.
11. RIOS GARCIA, VICTOR. "INVESTIGACION DE OPERACIONES". INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL, 1982. p. 13-21, 31-35, 60, 76.
12. ROBBINS, STHEPEN P. "ADMINISTRACION. TEORIA Y PRACTICA". EDIT. PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA. MEXICO, 1987. p. 69, 122-126.

13. ROSCOE DAVIS, K. "MODELOS CUANTITATIVOS PARA ADMINISTRACION". GRUPO EDITORIAL IBEROAMERICANA. MEXICO, 1986. p. 3,7-17, 535-546, 606.
14. SOLIS ROSALES, RICARDO. "APUNTES DE FINANZAS III". FACULTAD DE CONTADURIA Y ADMINISTRACION. U.N.A.M. p. 165.
15. STRINER, GEORGE A. "PLANEACION ESTRATEGICA". 7ta. IMPRESION. EDIT. C.E.C.S.A. MEXICO, 1986. p. 20-27.
16. INFOTEC. "STRATEGY PROCESS". 1988
17. INFOTEC. "INFORMATION AND COMPETITIVE ADVENTAGE". PALN R., VOL. 16 NUM. 5, 1988.