

7
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EL PROCESO DE ANALISIS JERARQUICO Y LA TOMA DE DECISIONES

REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERIA (INVESTIGACION DE OPERACIONES)
SOLIS MEXICANO, ANASTACIO

CIUDAD UNIVERSITARIA 1992.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

RESUMEN

La presente tesis describe un método que permite abordar problemas de toma de decisiones en situaciones no estructuradas complejas. Esta metodología ha sido probada ampliamente, se apoya básicamente en los conocimientos y experiencias que el usuario posea acerca de la problemática. No es simplemente una técnica, se trata de un procedimiento general para tratar con problemas no estructurados, en donde la toma de decisiones resulta compleja por las múltiples componentes involucradas.

El Procedimiento de Análisis Jerárquico (PAJ) proporciona los medios requeridos para pensar de forma diferente ante la solución de problemas, habilitándonos para tomar decisiones efectivas ante supuestos complejos, al simplificar y motivar nuestro proceso natural de toma de decisiones. Básicamente el PAJ es un método que divide a los problemas complejos de situaciones no estructuradas en sus diversos componentes, reorganizándolos en un orden jerárquico y asignando valores numéricos acorde a la importancia relativa, para después aplicar un proceso de cálculo que sintetiza los juicios; el propósito es determinar qué variables de la problemática poseen mayor prioridad, para de esta forma ejercer las acciones que nos permitan la consecución de situaciones o resultados deseados. La necesidad de asignar valores numéricos a las variables del problema permite a los tomadores de decisiones mantener patrones de pensamiento coherentes, para de esta forma alcanzar una conclusión. El PAJ también brinda una forma efectiva de toma de decisiones en grupo, mediante la imposición de una disciplina en el proceso de pensamiento grupal. Las aplicaciones más importantes del procedimiento están relacionadas con la planeación, asignación de recursos y toma de decisiones con beneficio/costo; para ello se recomienda prestar especial interés en la estructuración del problema (en forma jerárquica), así como en la asignación de prioridades.

El reporte se desarrolla como sigue: En el primer capítulo se describen las bases del proceso de análisis jerárquico, mientras que en el segundo se analizan y estructuran las jerarquías de una variedad de problemas. El tercer capítulo efectúa el correspondiente análisis del PAJ para casos específicos. El cuarto capítulo se centra en aspectos de planeación y el último en la solución de conflictos. Las conclusiones se detallan en el capítulo seis y se desarrolla un anexo en el que se describen los conceptos analíticos usados y el programa de computadora.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	i
INTRODUCCIÓN	1
1. EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO	3
1.1 ¿Qué es el Proceso de Análisis Jerárquico?	3
1.2 Principios de un Pensamiento Analítico	5
1.3 El PAJ: Un Método Flexible para la Toma de Decisiones	7
1.4 Las Jerarquías: Una Herramienta de la Mente	8
2. FORMULACIÓN DE PROBLEMAS	13
3. METODOLOGÍA NUMÉRICA DEL PAJ	21
3.1 Asignación de Valores y Síntesis de Prioridades	21
3.2 Obtención de Prioridades Relativas	24
3.3 Ejemplos Ilustrativos	28
4. PLANEACIÓN	45
4.1 El Proceso de Planeación	45
4.2 Planeación Prospectiva: El Futuro de la Educación Superior en los E.U.	47
4.3 Planeación Retrospectiva: Estudio de un Sistema de Transporte en el Sudán	54
4.4 Planeación Prospectiva-retrospectiva: El Futuro de la Industria Acerera de los Estados Unidos	58
5. SOLUCIÓN DE CONFLICTOS	71
5.1 El Enfoque Prospectivo y Retrospectivo	71
5.2 Ejemplo de Solución de Conflictos	72
6. CONCLUSIONES	83
ANEXO	85
BIBLIOGRAFÍA	97

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la toma de decisiones, que cotidianamente enfrenta una organización, se ha vuelto más compleja, debido a la multiplicidad de factores involucrados, tanto cualitativos como cuantitativos, así como la necesidad de mantener consistencia en las decisiones que se emiten. Por otra parte, el juicio empleado en cada situación problemática depende de la totalidad de experiencias e impresiones del problema, aunque existen aspectos que son difíciles de justificar lógicamente y rigurosamente. Es por ello que al tratar con problemas no estructurados en lo social, económico y político, necesariamente debemos jerarquizar nuestras prioridades respecto a los aspectos o factores que se manejan. También es conveniente efectuar concesiones que permitan lograr acuerdos, aunque es difícil evitar que surjan diferencias respecto a los objetivos planteados, particularmente ante supuestos complejos donde un amplio margen de error es posible cometer.

Los tomadores de decisiones suelen llegar a confundirse ante la diversidad de información que se les proporciona y a la diferencia de opiniones o hechos contradictorios que suelen surgir, lo que hace difícil lograr un compromiso. También se ha observado que el proceso de pensamiento intuitivo, tan útil en las rutinas de la vida diaria, puede conducirnos a resultados equivocados ante situaciones complejas, donde la fuente de recursos y opiniones son diversas. De ahí la necesidad de articular y poner en claro las suposiciones, para ver si lo que pensamos y sentimos nos conduce a los resultados que deseamos.

La mayoría de las personas cree que la vida es tan compleja que para dar solución a los problemas es necesario una forma complicada de pensamiento; sin embargo, pensar en forma sencilla resulta ya embarazoso, véase la dificultad que se tiene al tratar de examinar una colección de ideas sencillas al mismo tiempo. Entonces, ¿cómo es de esperarse que alguien pueda abordar los problemas complejos, que implican gran cantidad de factores? Lo que se requiere no es una forma de pensamiento complicado, más bien se necesita ver a los problemas en forma estructurada, a través de una configuración que refleje la interacción e interdependencia de los factores y que nos permita pensar de manera sencilla. Esta forma de pensamiento debe ser accesible y confiable a cualquiera que tenga un problema de toma de decisiones, sin restringir nuestra capacidad innata de razonamiento.

Más y más personas encuentran difícil depositar su confianza en la forma de pensamiento intuitivo, que caracterizan a las decisiones de los líderes, ante situaciones complejas; sin embargo, los mecanismos interiores de los tomadores de decisiones necesitan ser articulados y comprendidos. A semejanza del lenguaje mismo y de las reglas de pensar que han sido organizadas (sistematizadas), de igual manera necesitamos organizar nuestro proceso de pensamiento, para que nos conduzca a buenas decisiones. Debemos ser capaces de decir que dada la información de una situación problemática, estamos de acuerdo con el método de toma de determinaciones (aunque no necesariamente con la calidad de la decisión); con ello se tendría una herramienta común, en vez de estar tratando a los problemas de toma de decisión como un fenómeno complicado o místico.

La metodología del análisis jerárquico permite efectuar decisiones considerando el entendimiento de lo "precausal", esto es, según los sentimientos y juicios que tenemos sobre las variables o factores que afectan la problemática. Es por ello que cuando se elabora una jerarquía de la problemática, habrá que incluir los suficientes detalles relevantes, que permitan describir el problema como un todo; se debe considerar las condiciones que rodean al problema, identificar los atributos que contribuyen a la solución; identificar a los participantes del problema. El reordenar las metas, atributos, supuestos e implicaciones de una jerarquía sirve para dos propósitos: a) proporciona un punto de vista general de las relaciones complejas inherentes en la problemática y b) permite a los tomadores de decisiones valorar si las personas están comparando supuestos del mismo orden de magnitud.

En la primera sección del capítulo se induce al procedimiento o proceso de análisis jerárquico, mientras que en la segunda se describen los principios básicos en que se basa. Las características básicas de este proceso se discuten en la tercera sección y se analiza en detalle el concepto de jerarquía y su relación con el proceso de pensamiento.

1.1 ¿Qué es el Proceso de Análisis Jerárquico?

Empezaremos a involucrarnos en el proceso de análisis jerárquico (PAJ) considerando la siguiente problemática. A una cierta región ribereña se le presenta la posibilidad de urbanización, con las consecuencias que ello implica ¿La cuestión es qué acciones deberían tomar las personas de dicha región para preservar la calidad del medio ambiente?, ¿estarían dispuestos a la urbanización, así como inversión de dinero para prevenir el deterioro?, ¿ó debería limitarse el proceso de urbanización?.

Los planificadores que estuvieron a cargo del problema optaron por el uso del PAJ y para ello primeramente se definió cuidadosamente la situación –incluyendo todos los elementos relevantes–. Después se estructuró a dichos elementos en una jerarquía de niveles (figura 1–1). En esta estructura el nivel superior contiene el objetivo global, que es el de proteger la calidad del medio ambiente, mientras que el nivel inferior contiene los planes alternativos que contribuyen positiva o negativamente al objetivo principal, a través de sus impactos en los criterios intermedios (niveles). En el presente caso las alternativas a considerar son: A) dejar al área sin urbanización; B) permitir una urbanización parcial; y C) tolerar una urbanización total. Un nivel abajo del foco u objetivo principal se encuentran los dos criterios básicos de evaluación, que son: 1) criterio de estética, que se subdivide en tres propiedades: Nivel de vida, inalterabilidad y no ruidos y disturbios; 2) criterio hidrológico, que se subdivide

en: no-inundaciones, calidad del agua y canales de conducciones naturales. Esta jerarquía, en forma gráfica describe la interdependencia de los elementos en el problema; obsérvese que se aislan los factores relevantes, así como de que se desglozan en un contexto amplio de sus relaciones con los demás elementos del sistema.

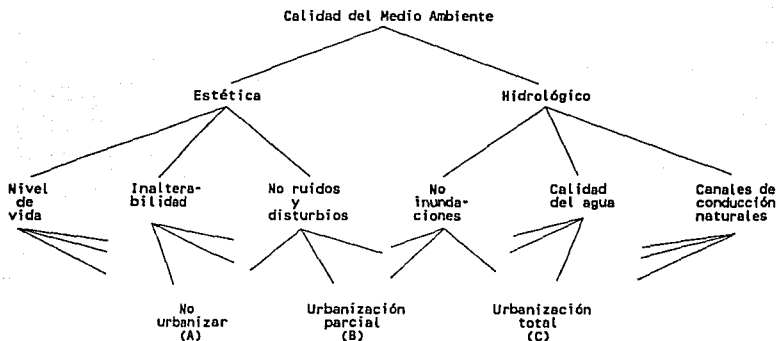


Figura 1-1. Jerarquía de la Región Ribereña del Río Brandwine.

Después de desarrollar la jerarquía, los planificadores juzgaron la importancia relativa de los elementos por pares, calificando dichos juicios mediante una asignación de números que varían del 1 al 9. Para aquellos supuestos que se encuentran en un callejón sin salida, dada la diferencia de juicios en las personas, debe ponerse especial cuidado, ya que estas suelen defender sus puntos de vista con diferente intensidad. Con frecuencia las palabras o argumentos lógicos por sí solos no son capaces de expresar las sutilezas de un sentir profundo de las cosas, pero dichas diferencias pueden ser medidas a través de números, como se verá posteriormente. Después de debatir con compromisos, los planificadores determinaron la prioridad de los elementos en la jerarquía, los cuales se sintetizaron, a través de un proceso matemático, para así obtener un conjunto de prioridades relativas. El plan o alternativa con mayor deseabilidad será aquel de mayor prioridad; para el caso de nuestro ejemplo –aunque aquí no se muestran las operaciones– fue el plan B.

Conviene señalar que, como en la mayoría de los problemas, los juicios de importancia relativa de cada uno de los elementos fue hecha por personas que conocían la problemática. En general, el PAJ brinda un procedimiento para la prueba de consistencia en juicios, pues aún los expertos suelen cometer errores.

1.2 Principios de un Pensamiento Analítico

En la solución de problemas mediante el análisis lógico se distinguen tres principios: principio de desarrollo de jerarquías, asignación de prioridades y consistencia lógica. Estos están presentes en el proceso de análisis jerárquico y una descripción de los mismos se da a continuación.

Desarrollo de Jerarquías

El hombre es capaz de percibir cosas e ideas, los identifica para después comunicarlas; para un conocimiento detallado, la mente estructura las realidades complejas en sus partes constitutivas y éstas a su vez en otras partes, y así sucesivamente en la estructura jerárquica. El número de partes en una estructura jerárquica variará entre cinco y nueve; en el problema anterior, el objetivo de calidad del medio ambiente se estructuró en seis elementos: nivel de vida, inalterabilidad, no-ruidos y disturbios, no-inundaciones, calidad del agua y canales de conducción naturales. Al agrupar la realidad en elementos homogéneos y subdividir éstos a su vez en otros subgrupos podemos integrar una gran cantidad de información, que sirve para estructurar un problema y formar un escenario completo, que contemple al sistema como un todo.

Asignación de Prioridades

También el hombre posee la habilidad de percibir las relaciones que existen entre las cosas que observa, compara por pares cuestiones similares de acuerdo a ciertos criterios, para así discriminar según una intensidad de preferencias. Después sintetiza sus juicios, ya sea a través de la imaginación o con el empleo del PAJ, para generar el conocimiento del sistema como un todo.

En el ejemplo anterior los planificadores establecieron relaciones entre los elementos de cada nivel de la jerarquía, al comparar los mismos por pares; dichas relaciones representan el impacto relativo de los elementos sobre el nivel inmediato superior. El resultados del proceso de discriminación es un vector de prioridades, o de importancia relativa, de los elementos con respecto a cada propiedad. La comparación de pares de elementos es efectuada para cada nivel. La etapa final es considerar a toda la jerarquía; al ponderar los vectores de prioridades, el resultado es un conjunto de prioridades netas que ponderan a los elementos del último nivel; esto es, las alternativas de solución.

Consistencia Lógica

El hombre tiene la habilidad de establecer relaciones entre objetivos e ideas que resulten coherentes. Consistencia significa dos cosas, la primera es que ideas u objetos similares sean agrupados acorde a su homogeneidad y relevancia; por ejemplo, el mármol y la uva pueden ser agrupados por su tersura, pero no por su sabor. El segundo es lo relacionado con la intensidad de las relaciones que guardan las ideas u objetos; así por ejemplo, si el criterio es "lo dulce" y se dice que la miel es cinco veces más dulce que el azúcar y que el azúcar es dos veces más dulce que la melaza; entonces, para ser consistentes, la miel es diez veces más dulce que la melaza; por otra parte, si se dice que la miel es cuatro veces más dulce que la melaza se estará cayendo en inconsistencia, por lo que habrá necesidad de repetir el proceso, si es que se desea obtener mayor exactitud.

Al hacer uso de los principios anteriormente descritos, el PAJ incorpora los aspectos cualitativo y cuantitativo; lo cualitativo para definir al problema y su jerarquía, y lo cuantitativo para expresar juicios y preferencias consistentemente; el proceso está diseñado para integrar estas propiedades duales de manera coherente.

La Necesidad de Medir en Forma Generalizada

De igual forma que somos capaces de distinguir y medir relaciones físicas, como longitud, tiempo, entre otros, debemos ser capaces de distinguir las relaciones entre las cosas abstractas; pues contamos con lo necesario para sentir y discriminar las relaciones que guardan los elementos de un problema, esto permitirá determinar que elementos poseen mayor impacto sobre los resultados deseados. Al tratar con aspectos concretos como la reparación de un automóvil es posible sentir la variabilidad de impactos a través de nuestros sentidos, al escuchar fallar el motor o revisarlo. Es por lo que para determinar la intensidad de los impactos de los componentes de un sistema debemos realizar algún tipo de medición (con base a escalas), que cuente con unidades como kilogramo, segundo, metro, entre otros. Sin embargo, sucede que las escalas tradicionales están limitadas cuando se trata de medir las ideas; lo anterior es importante ya que los aspectos sociales, políticos, entre otros, no fácilmente (por no decir nunca) podemos ponderarlos, como solemos hacer con los aspectos físicos o económicos. La cuestión es ¿qué podemos hacer? Podemos idear una escala para medir cualidades intangibles, a semejanza de lo que se hace con las cualidades físicas.

Esta nueva forma de ponderar cualidades intangibles deberá servir inclusive en áreas donde ya se tienen unidades de medida, para así poder validar el método. Los ejemplos que describiremos muestran el uso de la nueva escala.

1.3 El PAJ: Un Método Flexible para la Toma de Decisiones

El proceso de análisis jerárquico es un modelo flexible que permite a los individuos o grupo de individuos compartir ideas para definir un problema, así como la ponderación de la solución deseada. También prueba la sensibilidad de la solución o resultados, ante cambios en la información. El método está diseñado para manejar la naturaleza humana, por lo que no fuerza a una forma de pensamiento, que podría violar nuestros mejores juicios. El PAJ es una herramienta poderosa, pues permite abordar problemas tan complejos como los de tipo político y socioeconómico.

El PAJ incorpora los juicios y valores de las personas en una forma lógica. Para ello depende de la imaginación, experiencia y conocimientos, para estructurar la jerarquía de un problema en base a la lógica, intuición y experiencia, para así generar juicios. El PAJ muestra cómo conectar los elementos con aquellas partes del problema, para la obtención de resultados que contemple los aspectos como un todo; es un proceso para identificar, entender y establecer la interacción de los componentes de un sistema en forma global.

Para definir problemas complejos y desarrollar juicios sensatos, el PAJ debe ser un proceso repetitivo o iterativo en el tiempo; pues, difícilmente podría esperarse soluciones instantáneas ante problemas complejos, en donde interviene un largo período de tiempo. El método es lo suficientemente flexible como para permitir revisiones –ya sea para expandir los elementos de la jerarquía o efectuar cambios en sus juicios. Cada iteración considera el surgimiento de una hipótesis y su respectiva valuación; donde los refinamientos progresivos de hipótesis conducen a un mejor entendimiento del sistema.

Como característica relevante, el PAJ proporciona una estructura de participación en grupo, ante la toma de decisiones o solución de problemas. Como es de esperarse, las ideas y juicios pueden ser cuestionados para su fortalecimiento o debilitamiento, mediante las evidencias que otras personas presentan. La manera de dar forma a realidades no estructuradas es a través de una participación, transacción y compromiso. En otras palabras, la conceptualización de cualquier problema mediante un proceso de análisis jerárquico requiere que uno considere ideas, juicios y hechos aceptados por otros, como aspectos esenciales de un problema. Una participación en grupo puede contribuir a la validación global de los resultados, aunque quizá no sea fácil su implementación, si los puntos de vista divergen ampliamente.

Se afirma que el PAJ puede ser aplicado a problemas reales y es particularmente útil en asignación de recursos, planeación, análisis de impactos políticos y solución de conflictos.

1.4 Las Jerarquías: Una Herramienta de la Mente

Los sistemas complejos pueden comprenderse mejor mediante un desmembramiento del problema en sus partes constitutivas, estructurando los elementos jerárquicamente y efectuando la combinación de juicios (sintetización) en base a la importancia relativa de los elementos de cada nivel, para obtener un conjunto de prioridades globales.

Las jerarquías son una herramienta fundamental de la mente humana. Esto implica identificar los elementos que intervienen en un problema, formando grupos homogéneos con los elementos y rearreglando estos elementos en diferentes niveles. Las jerarquías más simples son las lineales, que ascienden o descienden de un nivel a otro, tal como sucede en las jerarquías de la física, por ejemplo los átomos en moléculas, las moléculas en materia y así en forma sucesiva; las más complejas son las jerarquías de redes, que poseen elementos interactuantes, tal como los sistemas que representan el proceso de aprendizaje en un niño.

Clasificación de las Jerarquías

Las jerarquías pueden dividirse en dos clases: estructural y funcional. En las jerarquías estructurales los sistemas complejos se estructuran por sus partes constitutivas, en orden ascendente, según sus propiedades estructurales, tal como tamaño, forma, color o edad. Una jerarquía estructural del universo podría ser el conceptualizar a éste como compuesto de galaxias, estas a su vez de constelaciones, sistemas solares, planetas y así hasta llegar a átomos, protones. Las jerarquías estructurales están íntimamente ligadas con la forma en que nuestro cerebro analiza lo complejo, al particionar los objetos que percibimos a través de nuestros sentidos en "racimos" (agrupamiento de elementos), subracimos y así hasta pequeños subracimos.

En contraste, las jerarquías funcionales dividen al problema complejo en sus partes constitutivas, acorde a una relación esencial. Cada conjunto de elementos en una jerarquía funcional ocupa un nivel en la jerarquía. El nivel superior, al que denominaremos foco, consta de un único elemento: que es el objetivo general. Los niveles subsecuentes pueden tener diversos elementos, aunque su número es por lo general –entre cinco y nueve–.

Como los elementos de un nivel se comparan entre sí, por pares de acuerdo al criterio que se encuentra en el nivel superior, los elementos de un nivel deben ser del mismo orden de magnitud o importancia; si surge una disparidad entre ellos y ésta es grande, entonces los elementos pertenecen a niveles diferentes; por ejemplo, no podemos efectuar una comparación precisa entre dos tipos de trabajo, cuya realización difiere en dificultad por un factor de 100, pues nuestros juicios subjetivos pueden conducirnos a errores significativos. Debido a que las jerarquías representan la forma en que nuestra mente analiza lo complejo,

las jerarquías deben ser suficientemente flexibles para poder tratar con lo complejo. Los niveles en una jerarquía deben estar conectados, a semejanza de las células que se unen para formar un tejido y realizar cierta función.

Desarrollo de Jerarquías

No existe una regla general para la construcción de jerarquías; lo que se brinda a continuación no constituye un marco predefinido, es más bien un estímulo al pensamiento acerca de qué jerarquía seleccionar, cuántos niveles y tipo de elementos incluir en los niveles; el número de niveles y elementos pueden ser más o menos el mismo que se muestran en los ejemplos aquí descritos.

La variedad de los ejemplos que se muestran sugieren enfoques con que pueden abordarse los problemas mediante del PAJ; pues lo único que nos limita es nuestra experiencia y sentir de las cosas, y procurar evitar no autolimitarnos por lo marcado en un diccionario. Un lenguaje limitado en vocabulario presenta problemas de ambigüedad y puede no representar adecuadamente las experiencias humanas; reconocer dichas limitaciones puede conducirnos a innovar y crear un vocabulario, así como otros símbolos, como sucede en las computadoras.

El enfoque para construir jerarquías depende del tipo de decisión a efectuar; por ejemplo, si se trata de escoger entre alternativas, debemos partir del nivel inferior, listando las alternativas; el nivel próximo podría consistir de los criterios para juzgar las alternativas. Ejemplo suponga que se tiene la posibilidad de elegir la compra de un carro (figura 1-2). Las alternativas formarán el nivel inferior de la jerarquía. Los criterios en términos de qué las alternativas serán juzgadas generarán el segundo nivel, que podría incluir: salario adecuado, prestigio, necesidades básicas, comodidad, satisfacción de otros requerimientos, ahorro considerable de gastos y libertad de preocupaciones. Las prioridades de estos criterios podrían juzgarse en términos de su contribución al foco, que es "satisfacción total".

Obsérvese que una vez desarrollada la jerarquía, no significa que ésta sea la definitiva, pues puede variar con miras a incorporar nuevos criterios, que con anterioridad no habían sido considerados como importantes. Después de jerarquizar los criterios y se calculen las prioridades globales, podríamos aún tener dudas acerca de la decisión final, en este caso podría acudirse nuevamente al PAJ para efectuar, si se desea, algunos cambios en nuestros juicios acerca de la importancia relativa de los criterios. Con esto y si la alternativa que teníamos previamente aún resulta ir de repunte, en las prioridades globales, podríamos decir que ésta sería la elección correcta.

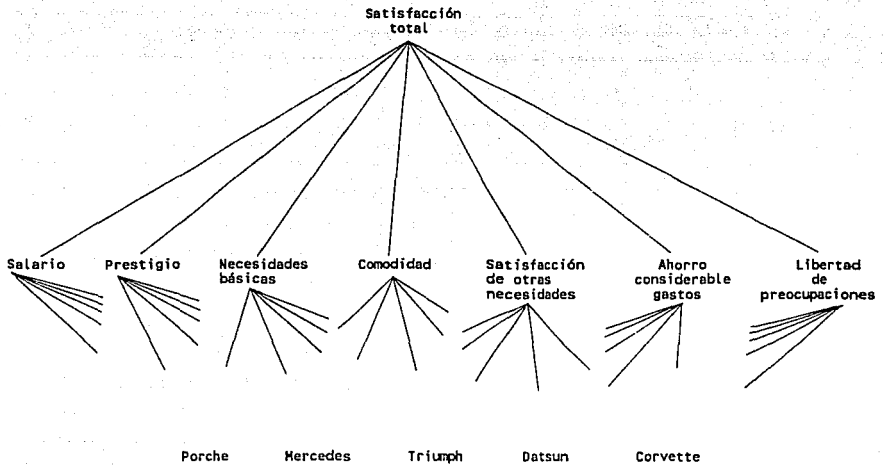


Figura 1-2. Jerarquía para elegir un carro deportivo.

En ocasiones los criterios mismos deben ser examinados a detalle, esto es posible si se inserta un subcriterio entre los criterios y las alternativas. Por ejemplo, para elegir una escuela entre tres posibles alternativas, diversos criterios pueden ser empleados, como: educación, cultural y aspecto social (figura 1-3). El criterio educativo podría ser subdividido en subcriterios de: a) calidad del profesorado, 2) nivel estándar de los estudiantes, 3) disciplina, 4) nivel escolar y 5) ambiente de aprendizaje; los otros subcriterios de forma similar pueden ser subdivididos. En estos casos los subcriterios deben ser comparados en términos del conjunto al cual pertenecen y no con algún otro criterio. En tal caso la jerarquía se le denomina incompleta, debido a que los subcriterios no se comparan en términos de todo los criterios del nivel superior.

No existe límite en el número de niveles de una jerarquía; pues si se tiene dificultad al comparar los elementos de un nivel en términos de los elementos del nivel superior, lo que debería preguntarse es en qué términos pueden compararse, para así generar un nivel intermedio que facilite las comparaciones, obteniéndose con ello mayor precisión en los juicios. Después de lo anterior puede hacerse nuevamente la pregunta: ¿Qué tanto contribuye un elemento respecto a otro, en la satisfacción del criterio del nivel superior?.

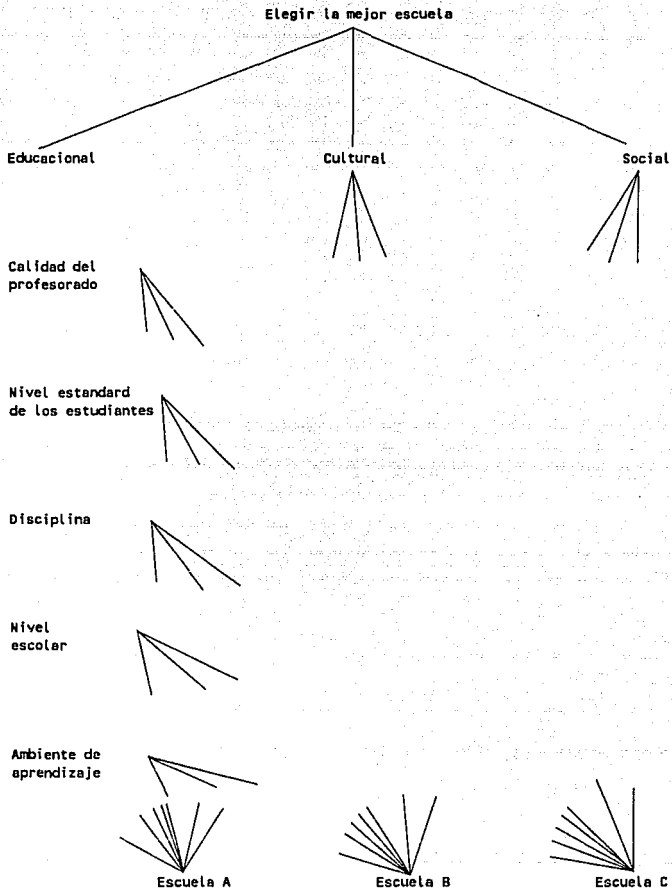


Figura 1-3. Jerarquía para elegir la mejor escuela.

La profundidad de los detalles depende de qué tanto conocimiento se tenga acerca del problema y qué tanto se gana al hacer uso de los conocimientos, sin necesidad de cansar a la mente.

El proceso de análisis jerárquico busca apoyar nuestro proceso natural de pensamiento, en la conceptualización y análisis de problemas de toma de decisiones. Es un proceso que identifica parámetros y actitudes básicos del pensamiento humano y los sintetiza. Emplea de manera congruente los aspectos cualitativos y cuantitativos que subyacen en una problemática. Una manera de familiarizarnos con el arte de formulación de problemas, esto es, con el formato del PAJ, es describir una variedad extensa de problemas y su correspondiente formulación. Los ejemplos que a continuación se describen consideran diversas problemáticas y se espera que sirvan de experiencia para el análisis de otros problemas.

Ejemplo 1: Rentar o comprar un equipo. Se tiene necesidad de adquirir un equipo para las actividades de una compañía y el problema es decidirse por rentar o comprarlo. Un primer paso para tomar una decisión adecuada es expresar explícitamente los factores que en ello intervienen. Usando la metodología del análisis jerárquico, la problemática quedaría representada como se muestra en la figura 2-1, donde pueden observarse los distintos factores involucrados y los niveles jerárquicos correspondientes.

Al asignar prioridades –expresadas en forma numérica– a los elementos de un nivel respecto al factor de un nivel previo y determinar la prioridad compuesta, es posible, en forma relativa, determinar la contribución de los factores de un nivel al bienestar global de la compañía. Haciendo extensiva esta lógica, a todos los niveles, podremos determinar qué alternativa es preferible. Obsérvese que este ejemplo considera tanto beneficios tangibles como intangibles, a diferencia del enfoque clásico que solo considera aspectos cuantitativos y difiere los cualitativos al juicio final del tomador de decisiones.

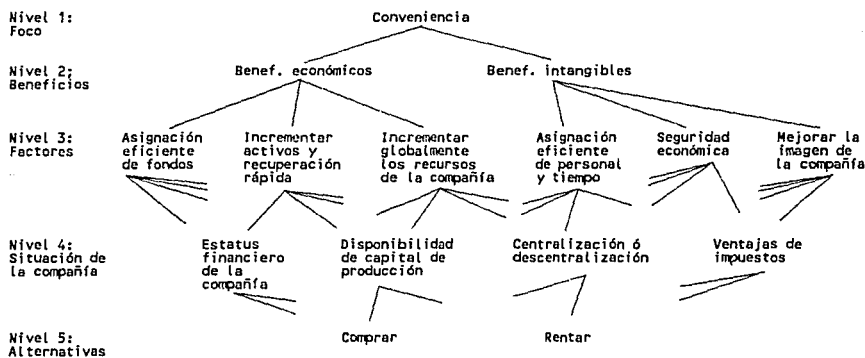


Figura 2-1. Jerarquía para decidir si comprar o rentar.

Ejemplo 2: Selección de personal. Considere la problemática de escoger una persona para ocupar un puesto directivo. Suponga que dicha selección evalúa la educación del aspirante así como sus habilidades gerenciales, técnicas y personales. Se evalúa los resultados que podrían obtenerse de cada una de estas habilidades para cada uno de los candidatos. Una manera de efectuar esta decisión es usando el análisis jerárquico concretado en la figura 2-2. Una vez que todos los candidatos han sido entrevistados y el grupo se ha reducido al mínimo, de tal forma que los candidatos estén en igualdad de posibilidades, se jerarquizan con respecto a cada característica. La prioridad compuesta de cada candidato representará la superioridad relativa de él o ella, respecto a los restantes, en base a los juicios empleados. Esto conllevará a la mejor decisión.

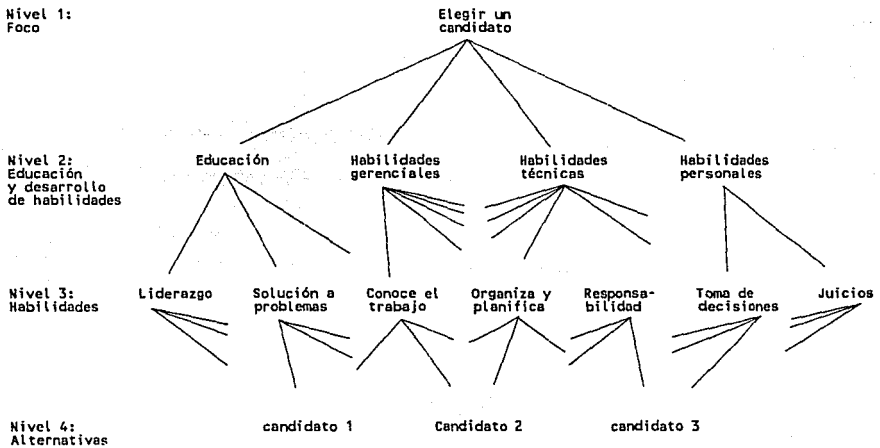


Figura 2-2. Jerarquía para elegir un candidato a gerente.

Ejemplo 3: Elegir una carrera profesional. Suponga que desea elegir la carrera profesional que satisfaga los aspectos intelectuales, financieros y personales que usted se plantea. Como es de esperarse, estos aspectos requieren de aprendizaje, desarrollo personal, ambiente de trabajo, compañerismo y prestigio del campo de estudio. Analizando a cada una de las posibles profesiones bajo este esquema, podemos representar la problemática –usando el enfoque de análisis jerárquico– como se muestra en la figura 2-3, donde pueden observarse los distintos niveles en que han sido colocados los diversos factores que afectan la selección.

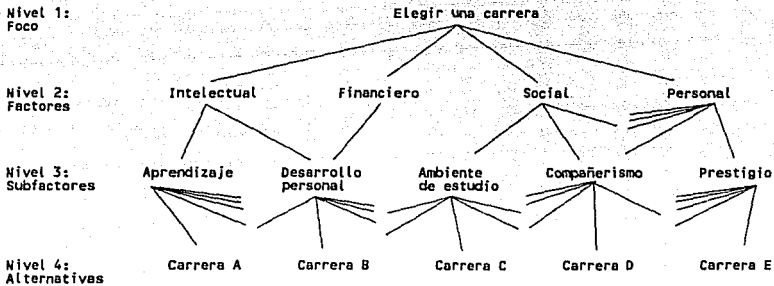


Figura 2-3. Jerarquía para elegir una carrera.

Ejemplo 4: Seleccionar una escuela. Un problema semejante al discutido en el ejemplo anterior, es la selección de la escuela donde realizar los estudios que uno requiere, de acuerdo a los intereses y criterios que se juzgan convenientes. Una forma esquemática de representar esta problemática se muestra en la figura 2-4.

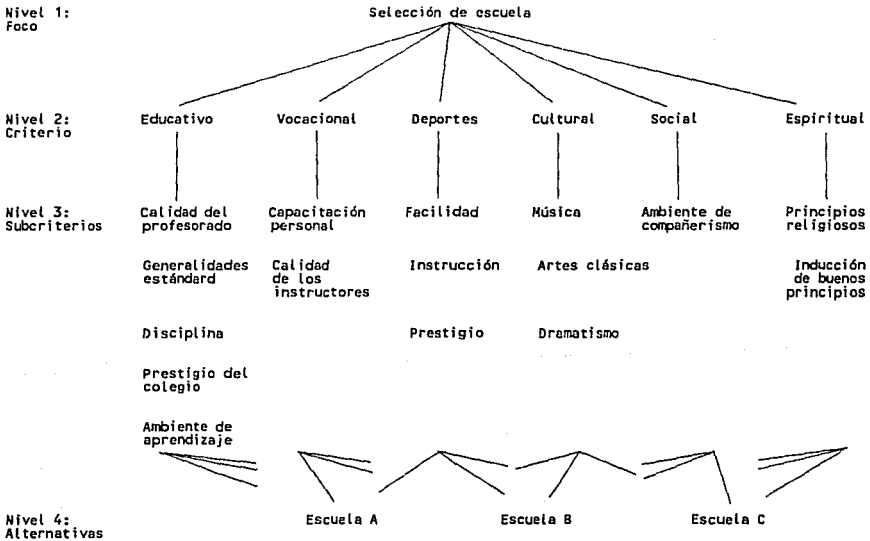


Figura 2-4. Jerarquía para elegir la mejor escuela.

Ejemplo 5: Elegir un equipo de cómputo. En la selección de un equipo de cómputo para las tareas cotidianas de la oficina se deben considerar tanto beneficios como costos involucrados. Un análisis de esta decisión se muestra en la figura 2-5, donde pueden observarse los factores involucrados y los niveles asignados en la jerarquía para la toma de decisiones. El análisis de beneficios se efectúa separado del análisis de costos y al final se calcula la relación beneficio/costo para cada alternativa.

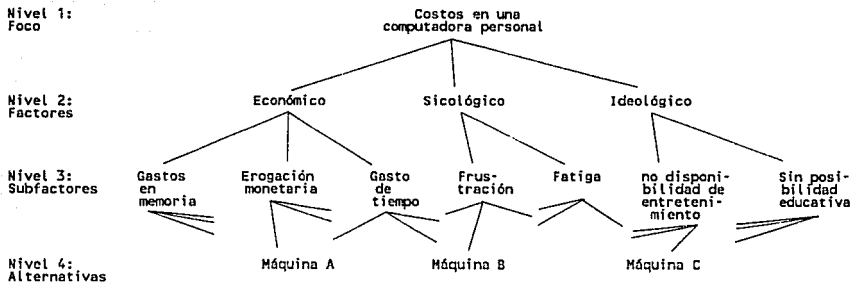
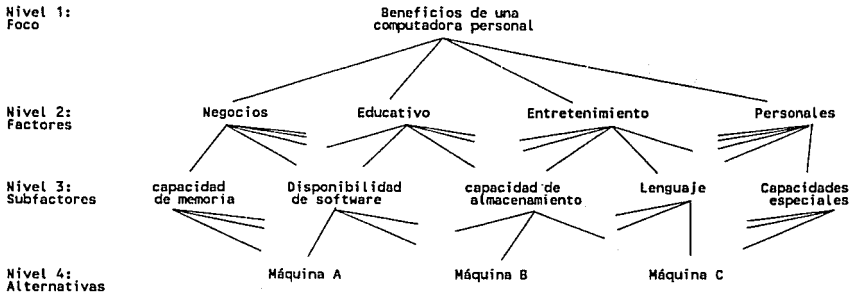


Figura 2-5. Jerarquías para seleccionar una computadora personal.

Ejemplo 6: Decidir por un procesador de textos. Suponga que tenemos un computador y que se desea elegir el programa procesador de textos que resuelva las tareas de una oficina. Un análisis de beneficios y costos –por separado– asociado a cada una de las alternativas y factores considerados se muestra en la figura 2-6. La toma de decisiones final se efectúa basada en la relación beneficio/costo.

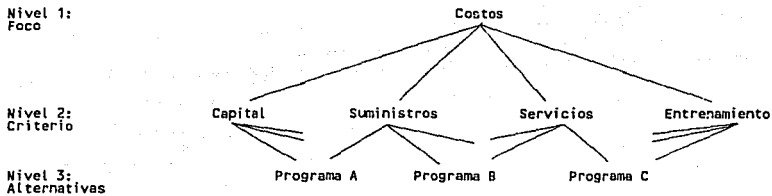
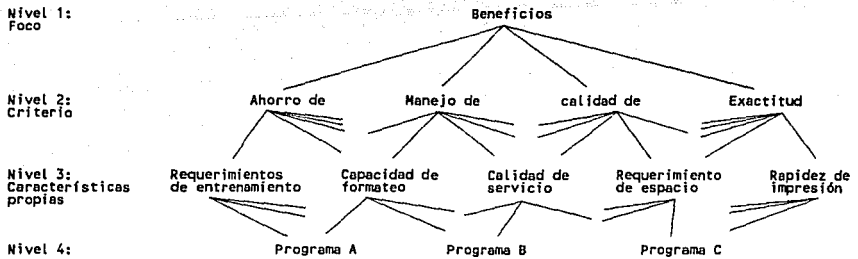


Figura 2-6. Jerarquía para elegir un procesador de textos.

Ejemplo 7: Selección en proyectos de inversión. En el caso de selección de un proyecto de inversión financiera, es usual considerar el criterio de beneficio/costo asociado a los proyectos disponibles. Un ejemplo de esta problemática se tiene en la figura 2-7. En la jerarquía de beneficios se consideran tres posibles escenarios, que tienen acción directa en el futuro del proyecto. Es probable que la compañía base sus decisiones en cierto número de consideraciones, cuyos impactos dependen de los escenarios. Debido a que las prioridades globales son un reflejo de la importancia relativa de los factores, los proyectos se jerarquizan acorde a su contribución con estos factores. Las prioridades globales resultantes indicarán una medida relativa de los beneficios que se obtienen de ellos.

En la jerarquía de costos, se determina la importancia relativa de los factores que la compañía podría evitar o minimizar. La superioridad global resultante de los proyectos dará medida de la contribución negativa de estos proyectos. La relación beneficio/costo indicará la superioridad de los beneficios sobre los costos en forma de escala. El proyecto con mayor beneficio marginal de beneficio/costo será la mejor elección.

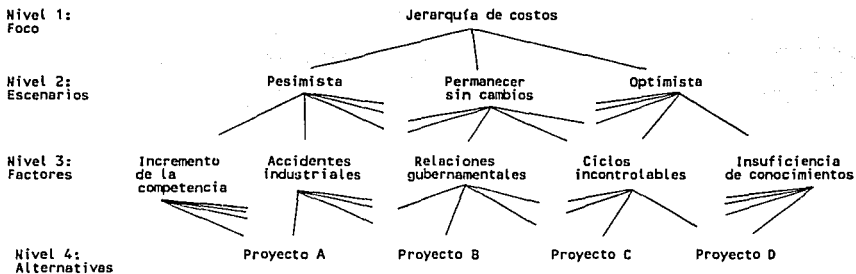
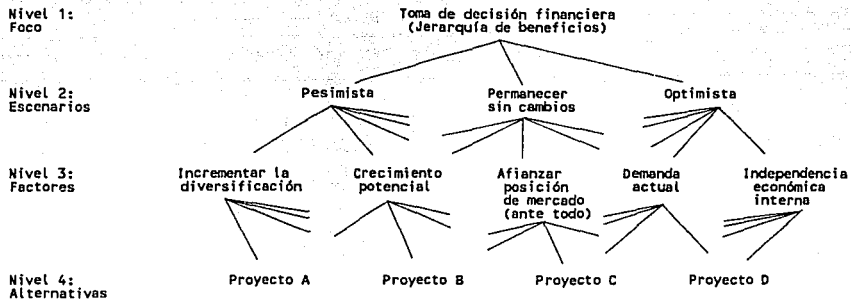


Figura 2-7. Jerarquía de toma de decisión financiera.

Ejemplo 8: Elección de una estrategia de mercado. Considere la problemática de seleccionar una estrategia de mercado para una empresa que maneja diversos productos. La decisión de la compañía depende de ciertos factores externos que son determinantes, ya sea para mantener su estatus, esperar un escenario optimista o pesimista. En su decisión la compañía toma en cuenta el crecimiento económico y riesgos, en base a los escenarios vislumbrados, según lo que se desea producir.

Al asignar prioridades a los factores de un nivel, con relación a los factores del nivel superior, y determinando prioridades globales, se haya la influencia relativa, factibilidad, importancia o contribución, según lo amerite el caso. La prioridad de cada curso de acción, es por lo tanto una medida relativa de la postura de producción para el mercado, que permiten lograr el "bienestar general de la compañía".

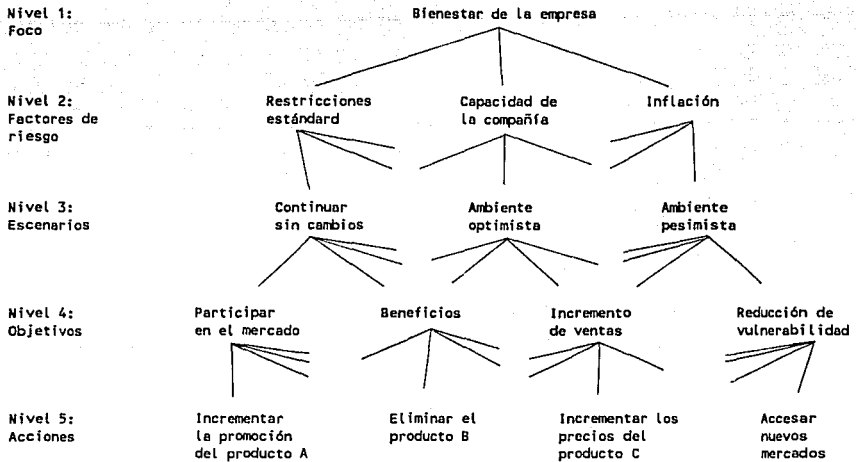


Figura 2-8. Jerarquía para elegir una estrategia de mercado.

Ejemplo 9: Elección de una estrategia de operación industrial.

Considere la problemática de planificar el horario de operación de las industrias, con el propósito de ahorrar energéticos. Una descripción conceptual de los criterios y alternativas considerados se tiene en la figura 2-9. Con base a lo anterior las alternativas de modificación se jerarquizan según los criterios del nivel superior, para determinar qué tanto se ven afectadas en términos relativos. Las prioridades globales resultantes indicarán la deseabilidad de las alternativas y la más alta prioridad indicará la decisión más aceptable.

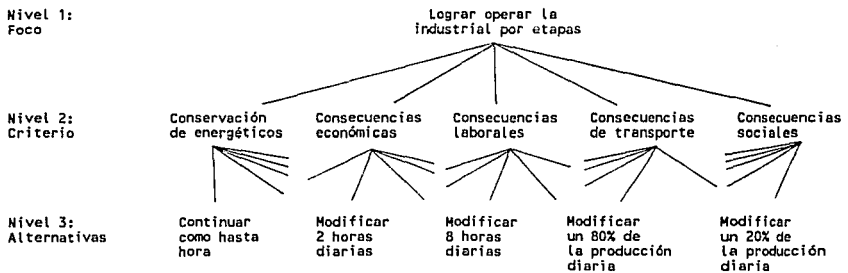


Figura 2-9. Jerarquía para planificar horarios de operación industrial.

Ejemplo 10: Elección de una estrategia económica. Considere la problemática de planificación del desarrollo económico de un país en vías de desarrollo, donde la fuente principal de ingresos proviene de la venta de petróleo. Aunque el petróleo juega un papel importante en la economía del país, se tiene previsto que esto no sucederá para el año 2000; por lo que los planificadores del país deben desarrollar y evaluar una estrategia que contemple tal situación, usando una estructura jerárquica (figura 2-10).

Para tal propósito, primero se identificaron dos escenarios factibles en base a una economía libre de petróleo, mismos que se priorizan para determinar cual de los dos posee una influencia más dominante. Segundo, los sectores más importantes de la economía se priorizan, para ver el grado en que son importantes, de acuerdo a las hipótesis. Las políticas contempladas se priorizan con respecto a cada sector de la economía, para determinar cual resulta ser más efectiva. Por último, las estrategias factibles se priorizan en relación con las políticas, de acuerdo a beneficios. Las prioridades globales resultantes de las políticas como estrategia indicarán a los planificadores cual de todas las alternativas es la más efectiva y que es la que hay que apoyar en forma general.

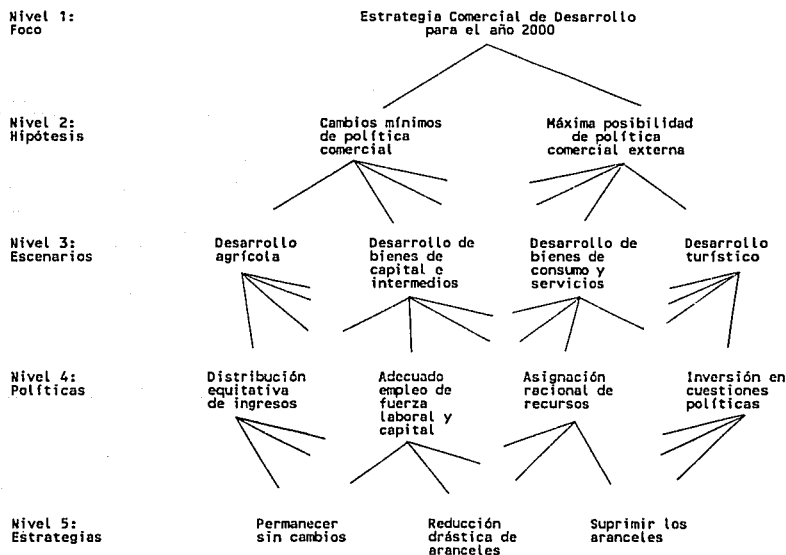


Figura 2-10. Jerarquía para planificar una estrategia económica.

El presente capítulo completa el proceso de análisis jerárquico al mostrar la manera en que se asignan prioridades entre los elementos de una jerarquía, sintetizando nuestros juicios la través de un proceso de cálculo) para producir un conjunto (vector) de prioridades relativas. También se verificará la consistencia de tales juicios para así llegar a una decisión final en base a los resultados que se obtienen del proceso de cálculo.

Los teóricos en sistemas resaltan que las relaciones que se dan entre problemas pueden siempre ser analizadas si se toma a pares, para relacionarlos entre sí acorde a ciertos atributos que tengan en común. El objetivo es encontrar diversas características que tengan una conexión. Este enfoque causal para entender lo complejo se complementa con el enfoque de sistemas, cuyos objetivos son determinar los subsistemas en los que las partes se vean conectadas. Como puede verificarse el PAJ, trata con ambos enfoques simultáneamente. El pensamiento sistémico está orientando a la estructuración de las ideas jerárquicamente y el enfoque causal (o explicativo) está orientado a la comparación a pares de los elementos en una jerarquía, para así permitirnos obtener una síntesis.

Los juicios que solemos aplicar al proceso de comparación a pares, combinan el pensamiento lógico con el sentir, que se desarrollan de la experiencia. El procedimiento matemático que se describe en esta unidad es uno de los más eficientes para llegar a una solución, en comparación con lo que se obtiene en forma intuitiva; aunque el resultado final no sea precisamente el más exacto. Si los resultados que se alcanzan a través del PAJ no satisfacen el juicio lógico de la experiencia, de aquellos tomadores de decisiones bien informados y experimentados, se hace necesario repetir el proceso reestructurando la jerarquía y mejorando los juicios.

3.1 Asignación de Valores y Síntesis de Prioridades

El primer paso en la asignación de prioridades es efectuar una comparación por pares –que consiste en comparar los elementos de un nivel mismo en base a criterios. En el proceso de comparación se genera una matriz que resume nuestras preferencias, cuya estructura permite calcular prioridades relativas, efectuar una prueba de consistencia y obtener información adicional.

Considérese el proceso de comparación por pares para un nivel X de una jerarquía. Sea el criterio C , el cual es empleado para la comparación por pares, y suponga que los elementos

comparar son: A_1, A_2, \dots, A_7 ; esto es, supóngase que se tienen siete elementos. Rearreglando a tales elementos en forma matricial respecto al criterio C podemos escribir:

C	A ₁	A ₂	.	.	.	A ₇
A ₁	1					
A ₂		1				
.			.			
.				.		
.					.	
A ₇						1

Figura 3-1. Matriz ejemplo de comparación a pares.

El proceso consiste en compara el elemento A_1 de la columna izquierda de la matriz con los elementos A_1, A_2, \dots, A_7 del renglón de la parte superior con respecto a la propiedad C; se efectúa el mismo procedimiento para el elemento A_2 , hasta el elemento A_7 , de la columna izquierda. Para comparar los elementos preguntase: ¿qué tan fuerte es este elemento o actividad (para contribuir, dominar, influenciar, satisfacer o beneficiar) con respecto a la propiedad del elemento con que está siendo comparado? Si el criterio que se está empleando para comparar es de carácter probabilístico puede hacerse la pregunta: ¿qué tan probable o deseable es un elemento con respecto al otro? Si los elementos son comparados por su preferencia entonces preguntase: ¿con qué cantidad se encuentra, domina, afecta, entre otros, esta propiedad? Al estarse haciendo la proyección de resultados deseables preguntase: ¿qué elemento es más probable que influya en los resultados?

Para llenar numéricamente la matriz se emplean dígito que representan la importancia relativa de un elemento sobre el otro, respecto a la propiedad o criterio C. La tabla 3-1 muestra la escala de comparación a pares que se hará uso, en ella se define y explican el significado al asignar valores entre el 1 y el 9 de nuestros juicios, en el proceso de comparar a pares. La experiencia ha demostrado que una escala de nueve elementos es razonablemente exacta para reflejar el grado con que podemos discriminar la intensidad de las relaciones existentes entre elementos. Cuando se emplea la escala en áreas sociales, psicología o contexto político, exprese primeramente los juicios en forma verbal y posteriormente tradúzcase a valores numéricos; su validez podrá ser probada a través de una prueba de consistencia, que será descrita posteriormente, por comparación con los buenos resultados arrojados por otros métodos que se hayan aplicados.

Como es esperarse, al comparar un elemento consigo mismo, por ejemplo A_1 con A_1 , el valor numérico será 1, es por lo que en la diagonal de la matriz de comparaciones se tendrá este tipo de valores. Es importante prestar adecuada atención en el significado de los valores al momento de una comparación por pares, para así obtener resultados satisfactorios.

Tabla 3-1. Escala de valores para la comparación a pares entre elementos.

Intensidad de importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia de ambos elementos	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad.
3	Débil importancia de un elemento sobre otro	La experiencia y juicios levemente favorecen a un elemento sobre el otro.
5	Esencial o importancia fuerte de un elemento sobre el otro	La experiencia y juicios fuertemente favorecen a un elemento sobre el otro.
7	Importancia demostrada de un elemento sobre el otro	Un elemento fuertemente favorecido, cuyo dominio está demostrado en la práctica.
9	Absoluta la importancia de un elemento sobre el otro	La evidencia que favorece a un elemento sobre el otro es del mayor orden posible de afirmación.
2, 4, 6 y 8	Valores intermedios entre los juicios adyacentes.	un compromiso es necesario entre los dos juicios.
Recíprocos	Si la actividad i posee uno de los valores descritos y cuando éste es comparado con la actividad j , entonces j será poseedor del valor recíproco respectivo cuando sea comparado con i .	

Ejemplo: Elegir un tipo de automóvil

Supóngase que se desea decidir cual de tres carros nuevos -Chevrolet, Thunderbird y Lincoln- comprar, según el criterio comodidad. La matriz de comparación por pares, según apreciaciones de X persona que resulta para el criterio "comodidad" es:

Comodidad		C	T	L
Chevrolet	(C)	1	1/2	1/4
Thunderbird	(T)	2	1	1/2
Lincoln	(L)	4	2	1

Figura 3-2. Matriz de comparación para tres tipos de carro.

En dicha matriz se tienen nueve entradas, tres de las cuales son 1's, tres son valores recíprocos, lo cual nos deja libre tres entradas que son los juicios que tenemos que hacer. En general, si la matriz tiene n elementos, entonces los juicios que se tienen que hacer son $(n \times n - n) / 2$. Es por ello que en nuestro ejemplo se tiene: $(3 \times 3 - 3) / 2 = (6) / 2 = 3$

La matriz se llenó de la siguiente forma. Se preguntó: ¿qué tan cómodo es el Chevrolet con relación a un Thunderbird?, ¿qué tan cómodo es el Chevrolet con relación a un Lincoln? y ¿qué tan cómodo es el Thunderbird con relación al Lincoln?, en base a la experiencia se tiene que el Chevrolet es 0.5 de cómodo respecto al Thunderbird y 0.25 de cómodo respecto al Lincoln, y el Thunderbird es 0.5 de cómodo respecto al Lincoln. Para este ejemplo solo son necesarias tres comparaciones, pues las tres restantes son valores recíprocos; por ejemplo, al comparar el Thunderbird con el Chevrolet resulta que el Thunderbird es 2 veces más cómodo que el Chevrolet; al comparar el Lincoln con el Chevrolet da que es 4 veces más cómodo y el Lincoln contra el Thunderbird resulta dos veces más cómodo; aquí puede verse que estos valores son recíprocos.

3.2 Obtención de Prioridades Relativas

Obtener el conjunto de prioridades relativas en un problema de decisiones se deben tomar en consideración las prioridades asignadas a los elementos, en forma simultánea, para de esta forma aplicar un procedimiento de cálculo que sintetiza los juicios. Con ello se obtiene un número que indicará la prioridad relativa del elemento asociado. Existen varias formas de calcular tales prioridades, lo que a continuación se muestra es un método manual; para matrices del orden mayor que 3 se recomienda hacer uso del programa presente en el anexo. El procedimiento es como sigue: dada la matriz de comparaciones por pares se obtiene la suma de cada columna y se divide cada elemento por la respectiva suma. Finalmente, se suman los valores de los elementos por renglón y se dividen entre el número de elementos. Los valores así obtenidos representan una medida de las preferencias de cada alternativa.

Para el problema de carros, descrito anteriormente, el proceso de síntesis de prioridades relativas se reduce a

Comodidad	C	T	L
C	1	1/2	1/4
T	2	1	1/2
L	4	2	1
Total/columna	7	3.5	1.75

Figura 3-3. Sintetización de juicios

Comodidad	C	T	L
C	1/7	1/7	1/7
T	2/7	2/7	2/7
L	4/7	4/7	4/7

Figura 3-4. Matriz normalizada.

Por último, se suman los valores por renglón y se divide entre el número de elementos que se suman, es decir:

$$\frac{1/7 + 1/7 + 1/7}{3} = 1/7 = 0.14$$

$$\frac{2/7 + 2/7 + 2/7}{3} = 2/7 = 0.29$$

$$\frac{4/7 + 4/7 + 4/7}{3} = 4/7 = 0.57$$

Estos valores fraccionarios, que al sumarse dan la unidad, es lo que denominamos prioridad relativa, y en este ejemplo sencillo por no tener más niveles representan la medida total de nuestras preferencias hacia las alternativas, según los juicios individuales que se asignaron a las mismas. De los resultados anteriores, la prioridad relativa asociada al Chevrolet, Thunderbird y Lincoln son: 0.14, 0.29 y 0.57 respectivamente. Como puede verse el carro de mayor prioridad (preferencia) es el Lincoln, le sigue el Thunderbird; en este caso el Lincoln es cuatro veces más preferido que el Chevrolet y dos veces con relación al Thunderbird.

Prueba de Consistencia

En un problema de toma de decisiones es importante conocer qué tan buena es nuestra consistencia, pues no es deseable que las decisiones estén en juicios de poca consistencia; esto hace que nuestros juicios tengan un carácter ambiguo o aleatorio. Por ejemplo, si usted prefiere las manzanas a las naranjas, pero las naranjas las prefiere a los plátanos, entonces es consistente que se diga que usted prefiere las manzanas a los plátanos. Sin embargo resulta que las preferencias de los individuos suele cambiar según la hora del día, estación del año u otras circunstancias; en el caso de las frutas puede llegarse a preferir los plátanos a las manzanas.

¿Qué tanto daño puede ocasionar la inconsistencia? En cierto grado es natural que no seamos perfectamente consistentes; ya que al integrar nuevas experiencias, nuestras relaciones previas pueden cambiar. Pero si fuésemos capaces de programarnos a nunca cambiar, estaríamos renuentes a aceptar nuevas ideas; sin embargo, todo el conocimiento que el hombre ha obtenido se apoya en una consistencia perfecta y una consistencia tolerable.

Como suele ocurrir, existen actividades en la que la asignación de prioridades deben mantener cierta consistencia, para de esta forma generar respuestas válidas en el mundo real. El PAJ mide la inconsistencia global de los juicios asignados, mediante una "relación de

consistencia". El valor de la relación de consistencia deberá ser cuando más del 10%, pues si se tiene una inconsistencia de más del 10% indicará que nuestros juicios tienen un carácter aleatorio, mismo que habrá que revisar.

Retomando el ejemplo de los tres carros que se comparan según el criterio "comodidad". Supóngase que durante la asignación de prioridades y al comparar el Chevrolet con los demás carros se mantienen los mismo valores, pero al comparar el Thunderbird con el Lincoln se comete el error de asignar el valor de 0.25, por lo que el valor recíproco (tercer renglón, segunda columna) será de 4 (ver figura 3-5).

Comodidad	C	T	L
C	1	1/2	1/4
T	2	1	1/4
L	4	4	1

Figura 3-5. Matriz inconsistente.

Siguiendo los pasos descritos anteriormente para calcular la consistencia se tiene:

Comodidad	C	T	L	Suma/renglón	Suma promedio/renglón
C	1/7	1/11	1/6	0.40	0.40/3 = 0.13
T	2/7	2/11	1/6	0.63	0.63/3 = 0.21
L	4/7	8/11	4/6	1.97	1.97/3 = 0.66

Figura 3-6. Matriz normalizada, suma por renglones y prioridades relativas.

El vector de prioridades resultante es 13, 21 y 66 por ciento. Según se puede apreciar, el vector de prioridades es aproximadamente igual al obtenido en el juicio previo; no obstante existen pequeñas diferencias, y la situación se complica. Cuando los juicios resultan perfectamente consistentes, los valores del vector de prioridades deben ser idénticos. Un comentario de esto es que aunque la preferencia hacia el Chevrolet no ha cambiando mucho, no sucede lo mismo al comparar el Thunderbird con respecto al Lincoln.

Cuando se tiene inconsistencia, según se observa, el valor de las preferencias cambian. La pregunta es ¿qué tan significativo es este cambio? Una forma de verificar la inconsistencia es multiplicar la matriz inconsistente por su vector de prioridades y sumar las componentes de este vector producto, según se muestra en la figura 3-7.

Comodidad	C(0.13)	T(0.21)	L(0.66)
C	1	0.5	0.25
T	2	1	0.25
L	4	4	1

Comodidad	C(0.13)	T(0.21)	L(0.66)	Suma/renglón
C	0.13	0.11	0.17	0.41
T	0.26	0.21	0.17	0.64
L	0.52	0.84	0.66	2.02

Figura 3-7. Totalización de entradas.

Ahora dividiendo:

$$\begin{bmatrix} 0.41 \\ 0.64 \\ 2.02 \end{bmatrix} \div \begin{bmatrix} 0.13 \\ 0.21 \\ 0.66 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.15 \\ 3.05 \\ 3.06 \end{bmatrix}$$

Sumando los elementos del vector columna resultante y dividiéndolo entre el número de elementos que entran en la suma, se obtiene:

$$\frac{3.15 + 3.05 + 3.06}{3} = \frac{9.26}{3} = 3.09$$

Por convención, al valor resultante lo denominaremos λ_{\max} (valor característico principal ó raíz de Perron); a lo que corresponderá un índice de consistencia (IC) calculado como:

$$\frac{(\lambda_{\max} - n)}{n-1} = \frac{3.09 - 3}{2} = \frac{0.09}{2} = 0.045$$

Este valor resultante lo comparamos con un valor de tablas¹; donde se obtiene que el valor de índice de consistencia para $n=3$ es 0.58 y la relación $0.045/0.58 = 0.08$ es un valor menor de 10 %, lo que indica un valor de consistencia bueno. Mientras más cerca esté λ_{\max} de n , mayor será la consistencia del decisor.

3.3 Ejemplos Ilustrativos

Ejemplo 1: Bienestar Total (Sicológico)

Supóngase que se desea determinar los elementos que tienen mayor influencia en el "bienestar total" de un individuo. La persona analizada fue cuestionada únicamente acerca de sus experiencias en la niñez, en relación a los siguientes elementos para cada nivel (claro está que un historial psicológico más completo podría incluir mayor número de aspectos en cada nivel).

- Nivel 1: Bienestar total (BT)
- Nivel 2: Respeto propio (R)
Sentido de seguridad (S)
Habilidad de adaptación (H)
- Nivel 3: Muestra de afecto a personas (M)
Ideas de severidad y éxito (I)
Disciplina actual (D)
Énfasis de adaptación personal con otros (E)
- Nivel 4: Influencia de la madre (IM)
Influencia del padre (IP)
Influencia de ambos (IA)

La estructura jerárquica asociada al ejemplo se muestra en la figura 3-8.

¹ Si juicios numéricos fuesen generados aleatoriamente entre los rangos de 1/9, 1/8, 1/7, ..., 1/2, 1, 2, ..., 9 y mediante el uso de la matriz recíproca podemos generar aleatoriamente el promedio de consistencia correspondiente, que según fuese el orden de la matriz aleatoria que se genere, nuestros juicios en forma numérica serían:

Orden de la matriz:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor de prueba	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Nivel 1:
Foco

Nivel 2:

Nivel 3:

Nivel 4:

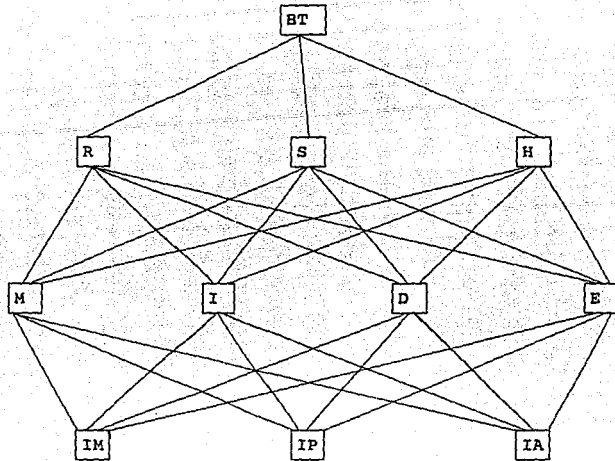


Figura 3-8. Jerarquía de "bienestar total" psicológico.

Las respuestas de una comparación a pares, dispuesta en forma matricial, y sus correspondientes vectores de prioridades y valores característicos principales se dan a continuación.

Para el nivel 2

BT	R	S	H
R	1	6	4
S	1/6	1	3
H	1/4	1/3	1

de donde $\alpha = (WR, WS, WH) = (0.701, 0.193, 0.106)$ y $\lambda_{\max} = 3.26$

Nivel 3

R	M	I	D	E
M	1	6	6	3
I	1/6	1	4	3
D	1/6	1/4	1	1/2
E	1/3	1/3	2	1

(0.604, 0.213, 0.064, 0.119)

S	M	I	D	E
M	1	6	6	3
I	1/6	1	4	3
D	1/6	1/4	1	1/2
E	1/3	1/3	2	1

(0.604, 0.213, 0.064, 0.119)

H	M	I	D	E
M	1	6	6	3
I	1	6	6	3
D	1	6	6	3
E	1	6	6	3

(0.127, 0.281, 0.128, 0.463)

Con lo que

$$\beta = \begin{matrix} & & R & S & H \\ \begin{matrix} WM \\ WI \\ WD \\ WE \end{matrix} & \begin{bmatrix} .604 & .604 & .127 \\ .213 & .213 & .281 \\ .064 & .064 & .128 \\ .119 & .119 & .463 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Nivel 4

H	IM	IP	IA	I	IM	IP	IA	D	IM	IP	IA	E	IM	IP	IA
IM	1	9	4	IM	1	1	1	IM	1	9	4	IM	1	5	5
IP	1/9	1	8	IP	1	1	1	IP	1/9	1	1/4	IP	1/5	1	1/3
IA	1/4	1/8	1	IA	1	1	1	IA	1/6	4	1	IA	1/5	3	1
(0.721,0.210,0.069,)				(0.333,0.333,0.333,)				(0.713,0.061,0.176)				(0.701,0.097,0.202)			

Con lo que

$$\mu = \begin{matrix} & & M & I & D & E \\ \begin{matrix} WIM \\ WIP \\ WIA \end{matrix} & \begin{bmatrix} .721 & .333 & .713 & .701 \\ .210 & .333 & .061 & .097 \\ .069 & .333 & .176 & .202 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Las prioridades relativas final se determina al efectuar el producto $\alpha\beta\mu$; es decir:

madre: .635
 padre: .209
 ambos: .156

Que representa el grado con que tales factores influyen en el bienestar del individuo estudiado. Vale la pena mencionar que si alguna terapia habrá de aplicarse, esto deberá incluir el que se le aconseje ver más a su padre, para valancear la fuerte influencia maternal.

Ejemplo 2: Elegir un Centro de Trabajo

Para adentrarnos en problemas más complejos considérese ahora el siguiente ejemplo. Una profesionista, que recientemente se ha doctorado, ha sido invitada a trabajar por tres empresas; la cuestión es ¿por cuál empresa decidirse? En la figura 3-9 se muestra la estructura del problema y en ella se aprecian los elementos que intervienen, en forma jerárquica. El nivel uno corresponde al foco o criterio global del problema, que es "satisfacción en el centro de trabajo; en el nivel dos se incluyen los criterios de evaluación de los centros de trabajo; y en el nivel tres se colocan las tres fuentes de trabajo alternativas. Este ejemplo corresponde a una estructura jerárquica completa, pues los elementos de cada nivel son evaluados por cada uno de los elementos del nivel superior.

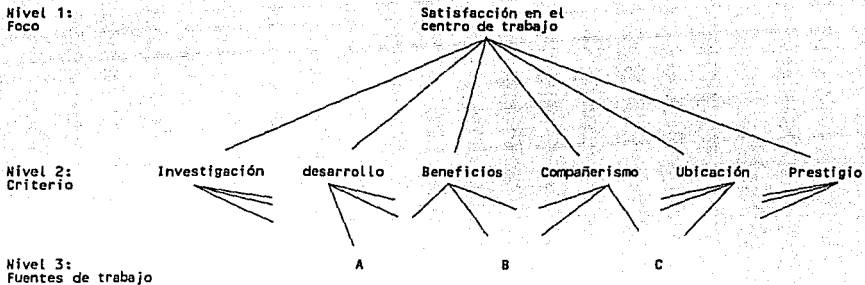


Figura 3-9. Jerarquía para elegir entre tres posibles centros de trabajo.

En la etapa de discriminación, nuestro personaje primero efectúa una comparación a pares entre los elementos del segundo nivel (con respecto al criterio del primer nivel); por ejemplo, según sus intereses siente que investigación es igualmente importante que la ubicación del centro de trabajo, pero puede ser significativamente más importante que lo referente a compañerismo. En la figura 3-10 se muestran los valores que representan los juicios de nuestro personaje.

Satisfacción en el centro de trabajo	Investigación	Desarrollo	Beneficios	Compañerismo	Ubicación	Prestigio	Vector de prioridades
Investigación	1	1	1	4	1	1/2	0.16
Desarrollo	1	2	2	4	1	1/2	0.19
Beneficio	1	1/2	1	5	3	1/2	0.19
Compañerismo	1/4	1/4	1/5	1	1/3	1/3	0.05
ubicación	1	1	1/3	3	1	1	0.12
Prestigio	2	2	2	3	3	1	0.30

Figura 3-10. Satisfactores que contribuyen a un buen ambiente de trabajo.

Para cada centro de trabajo se efectúa un análisis de juicios (asignación de valores) y se obtienen sus vectores de prioridades.

Investigación	A	B	C	Vector de prioridades	Desarrollo	A	B	C	Vector de prioridades
A	1	1/4	1/2	0.14	A	1	1/4	1/5	0.10
B	4	1	3	0.63	B	4	1	1/2	0.33
C	2	1/3	1	0.24	C	5	2	1	0.57

Beneficios	A	B	C	Vector de prioridades
A	1	3	1/3	0.32
B	1/3	1	1	0.22
C	3	1	1	0.46

Compañerismo	A	B	C	Vector de prioridades
A	1	1/3	5	0.28
B	3	1	7	0.65
C	1/5	1/7	1	0.07

Ubicación	A	B	C	Vector de prioridades
A	1	1	7	0.47
B	1	1	7	0.47
C	1/7	1/7	1	0.07

Prestigio	A	B	C	Vector de prioridades
A	1	7	9	0.77
B	1/7	1	5	0.17
C	1/9	1/5	1	0.05

Figura 3-11. Seis matrices que comparan a tres centros de trabajo.

Con base a lo anterior se efectúa la comparación global, es decir:

	Investigación (0.16)	Desarrollo (0.19)	Beneficios (0.19)	Compañerismo (0.05)	Ubicación (0.12)	Prestigio (0.30)	Vector de prioridades (global)
A	0.14(0.16)	+ 0.10(0.19)	+ 0.32(0.19)	+ 0.28(0.05)	+ 0.47(0.12)	+ 0.77(0.30)	= 0.40
B	0.63	+ 0.33	+ 0.22	+ 0.65	+ 0.47	+ 0.17	= 0.34
C	0.24	+ 0.57	+ 0.46	+ 0.07	+ 0.07	+ 0.05	= 0.26

Figura 3-12. Determinación de prioridades relativas(globales).

Hemos visto como establecer juicios (valores) entre los elementos de una estructura jerárquica y como obtener el vector de prioridades relativas de un sistema, cuando los elementos en cada nivel son independientes. Con frecuencia los elementos de una jerarquía son interdependientes, la cuestión es ¿qué se debe tomar en cuenta para resolver estos traslapes? Básicamente existen dos tipos de interdependencia en los elementos de una jerarquía: interdependencia aditiva e interdependencia sinérgica.

Interdependencia Aditiva

En una interdependencia aditiva, como la efectuada anteriormente, cada elemento contribuye con una parte propia, en forma directa y traslapando o interactuando con otros elementos.

El impacto total puede ser estimado si se examinan los impactos independientemente y después en forma conjunta. Los efectos de esta forma de traslape simple pueden ser calculados con precisión, ya que se puede decir qué tanto contribuyen los elementos debido a sus propiedades individuales y qué tanto debido a otros efectos, por acción de los elementos entre sí. Por ejemplo, la maquinaria y tamaño de superficie en una granja agrícola contribuyen a la producción; pero la maquinaria permite a los agricultores cultivar mayor superficie. En la práctica las personas por no involucrarse en realizar cálculos complejos brindan poca importancia a lo referente a interdependencia aditiva, sustituyéndola por lo que según ellos juzgan correcto. Para nuestro ejemplo, a la mecanización podría asignársele mayor prioridad que lo referente a tamaño de la superficie.

Interdependencia Sinérgica

En una interdependencia sinérgica, el impacto por la interacción de los elementos es mayor que la suma de impactos provocados por los simples elementos. En la práctica este tipo de interdependencia ocurre con mayor frecuencia, que la interdependencia aditiva. La coalición de poderes y el matrimonio son ejemplo de relación sinérgica.

El PAJ cuenta con un medio sencillo y directo para medir la interdependencia en una jerarquía. La idea básica es que siempre que exista interdependencia cada criterio se convierte en un objetivo y todos los criterios se comparan acorde a su contribución con aquel objetivo (criterio). Esto generará un conjunto de prioridades dependientes, que indican la dependencia relativa de cada criterio con los demás criterios. Estas prioridades a su vez se ponderarán con la prioridad independiente de cada criterio que se obtiene de la jerarquía y los resultados se suman para cada renglón, obteniéndose así el valor de la interdependencia.

Ejemplo 3: Análisis del Problema de Rescate de Rehenes en Teherán

Es común que las decisiones de altos funcionarios políticos estén basadas en las recomendaciones de expertos y juicios propios. El expresidente Carter en alguna ocasión dijo que cuando había que tomar alguna decisión crucial entre dos alternativas, sus expertos estaban por igual divididos, por lo que la decisión final la tomó él. Esto da a entender que si la decisión de los expertos fuera exacta y completa, los líderes representarían algo superfluo. Sin embargo, a pesar de la diferencia en opiniones, los expertos generan aspectos que estimulan a los tomadores de decisiones y les hace poner atención en los supuestos que se habfan negado a considerar.

Algunos Antecedentes

La gran mayoría de los secretarios de E.U. esquivaban la decisión de rescatar a los rehenes en Irán. El 28 de abril de 1980 se tomó la decisión de rescatar a los 53 rehenes americanos retenidos en Teherán, donde habían permanecido desde noviembre de 1979. La misión consistió de un plan complicado que involucraba tropas, aviación y helicópteros; para hacer una larga travesía, aterrizar en el desierto, marchar a Teherán, rescatar a los rehenes y regresar a salvo.

Según informes, las altas esferas de seguridad no estuvieron informados de como había sido tomada la decisión. Se dijo que Carter reunió a asesores expertos para formular un plan con diferentes opciones, discutió dicho plan con sus consejeros íntimos, a quienes los consultó con el propósito de poner en claro sus ideas, pero la decisión final fue tomada por él.

Análisis de la Toma de Decisiones

El ejemplo que nos ocupa puede ser dividido en dos partes. La primera implica identificar la mejor opción militar, que se evalúa acorde a su probabilidad de éxito. La segunda corresponde a la decisión de Ir o No-Ir, en base a los conocimientos de los expertos.

La probabilidad de éxito fue determinado por expertos militares, quienes consideraron los siguientes factores.

- **Desplazamiento:** Llegar al desierto, trasladarse a Teherán y llegar a la embajada.
- **Rodear la zona:** Adentrarse con el escuadrón, crear confusión mediante alboroto y localizar a los rehenes.
- **Rescatar:** Someter a los captores, transferirse a los aviones y abandonar territorio (evitando enfrentarse con las fuerzas iraníes).

En tal situación la importancia del factor militar y la probabilidad de éxito de la misión fue probablemente más importante que la reacción de los aliados o de Rusia. El resultado más favorable del análisis fue para una probabilidad de éxito media, por lo que la decisión de Carter estuvo basada en algo que tenía una probabilidad de éxito media. La estructura jerárquica que muestra tanto la probabilidad de éxito militar como la decisión de Ir o No-Ir se muestra en la figura 3-13.

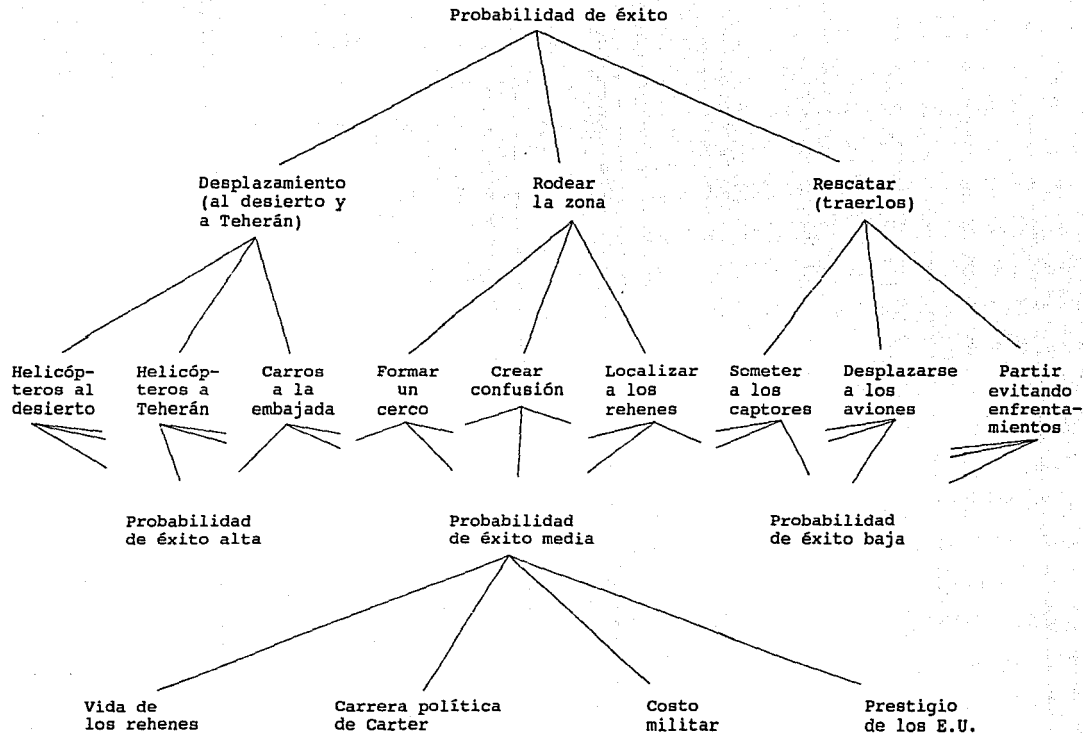


Figura 3-13. Jerarquía para decidir si Ir o No-Ir a rescatar rehenes a Teherán

Para tomar la decisión de Ir o No-Ir puede decirse que en la mente de Carter estuvo presente lo siguiente:

- **Vida de los rehenes:** El interés del presidente porque los 53 rehenes fuesen rescatados.
- **Carrera política:** Al presidente Carter le interesaba la probabilidad de éxito ante la posibilidad de reelección.
- **Costo militar:** Al presidente le preocupaba la posibilidad de pérdida de soldados en la operación.
- **Prestigio de los E.U.:** Al presidente le interesaba mantener la imagen de potencia, como elemento de política exterior.

Cada uno de los factores difieren en sus impactos, es más, su importancia cambia según la probabilidad de éxito. A continuación se muestra el proceso de comparación a pares. La figura 3-14, por ejemplo, muestra que "la vida de los rehenes" posee mayor dominio sobre lo que es "costo militar", según puntos de vista de Carter.

Probb. éxito medio	1	2	3	4	Probabilidad
1. Vida de los rehenes	1	1/3	5	1/3	0.15
2. Carrera política de Carter	3	1	7	4	0.54
3. costo militar	1/5	1/7	1	1/6	0.05
4. Prestigio de los E.U.	3	1/4	6	1	0.26

Figura 3-14. Prioridad relativas de los factores.

En la figura 3-13 se observa que los dos factores principales son "carrera política de Carter" y "prestigio de los E.U.". El prestigio de los E.U. quizá sea importante porque haya que dejar asentado el poderío, no obstante que se tenga una probabilidad de éxito media. El factor subjetivo "carrera política de Carter" es el factor de mayor prioridad.

Para cada factor se consideran los siguientes aspectos: ¿Qué alternativa (Ir o No-Ir) es más favorable tomando en consideración el hecho de una probabilidad de éxito media? Los resultados se muestran en la figura 3-15 a la 3-18.

Vida de los rehenes	I	N	Prioridad
Ir	1	1	0.5
No-Ir	1	1	0.5

Figura 3-15. Prioridad de "vida de los rehenes".

Carrera política de Carter	I	N	Prioridad
Ir	1	3	0.75
No-Ir	1/3	1	0.25

Figura 3-16. Prioridad de "Carrera política de Carter".

Costo militar	I	N	Prioridad
Ir	1	1/7	0.125
No-Ir	7	1	0.875

Figura 3-17. Prioridad de "Costo militar".

Prestigio de los E.U.	I	N	Prioridad
Ir	1	4	0.8
No-Ir	1/4	1	0.2

Figura 3-18. Prioridad de "Prestigio de los E.U."

En la decisión de Ir o No-Ir el factor "vida de los rehenes" estuvo dividida por igual, una posible razón es que la vida de los rehenes no se encontraba en peligro inmediato. Respecto a "Carrera política de Carter" se observa que el presidente manifestaba gran preferencia por desarrollar la operación, ya que se aproximaban las elecciones presidenciales y según sondeos el presidente tenía poca oportunidad de reelección; una operación exitosa mejoraría su imagen para con el público, y en caso de no tener éxito éste no le ocasionaría mucho daño en comparación con los beneficios si se tiene éxito. La importancia de "costo militar" y "prestigio de los E.U" según intereses de Carter son de alguna forma aparentes. La composición de factores ponderados en relación a las alternativas de Ir/No-Ir es

Ir: 69

No-Ir: 31

Se observa que el factor "carrera política de Carter" fue el dominante de la situación. Aplicando un análisis de sensibilidad se obtiene que si el 75 por ciento a favor de Ir, bajo dicho factor, es reducido a un 38 por ciento, los resultados de Ir/No-Ir se mantendrán similares; por lo que un estimador del 75% puede considerarse aceptable.

Para ir un poco más allá en el análisis, se examinarán los resultados según una probabilidad de éxito baja; los resultados se muestran en la tabla 3-1.

Tabla 3-1. Prioridad relativa según una probabilidad de éxito baja.

Factor	Prioridad dado una probabilidad de éxito media	Prioridad dado una probabilidad de éxito baja
Vida de los rehenes	0.15	0.35
Carrera política de Carter	0.54	0.39
costo militar	0.05	0.10
Prestigio de los E.U.	0.26	0.16

En esta consideración de baja probabilidad de éxito, el factor "vida de los rehenes" es más importante, en tanto que "carrera política de Carter" se reduce significativamente.

La influencia de estos factores en la decisión de Ir/No-Ir se muestran en la tabla 3-2.

El resultado de una decisión bajo "poca probabilidad de éxito" (recomendado por los expertos) genera los siguientes resultados:

Ir: 0.41 No-Ir: 0.59

La variación que se observa, respecto al primer resultado obtenido, se debe al énfasis que se le da a "vida de los rehenes." Solo si la vida de los rehenes está claramente en peligro se tomaría la decisión de Ir a rescatarlos. Por otra parte, "la carrera política de Carter" se ve mermada su importancia, debido a que una operación militar con poca oportunidad de éxito constituye poca ayuda para Carter.

Efectuando un análisis con los datos que se han generado, se tiene que para Carter, el factor subjetivo es lo relacionado con su carrera -que en total obtiene un 54%- . Es probable que el predominio de los factores hayan sido percibidos por los asesores de Carter; quizá y a pesar de todo el secretario (de esos tiempos) Vance se tuvo que resignar ante la toma de decisiones de Carter, que fue la de Ir a rescatar a los rehenes. Es probable que la carrera política de Carter no figura como importante en el análisis efectuado por Vance; es lógico que el pudo haber tenido otras razones políticas de interés.

Tabla 3-2. Influencia de los factores en la decisión de Ir o No-Ir al rescate de los rehenes en Teherán.

Factor	Probabilidad media		Probabilidad Baja	
	Ir	No-Ir	Ir	No-Ir
Vida de los Rehenes	0.50	0.50	0.20	0.80
Carrera política de Carter	0.75	0.25	0.75	0.25
Costo milita	0.125	0.875	0.10	0.90
Prestigio militar	0.80	0.20	0.25	0.75

Ejemplo 4: Determinación en la Preferencia de los Consumidores

Cierta compañía desea determinar la preferencia en los consumidores, sobre tres tipos de papel servilleta. Los atributos de mayor relevancia en las preferencias de los consumidores son: 1) suavidad, 2) absorción, 3) precio, 4) tamaño, 5) diseño y 6) resistencia. Los tres tipos de papel son: X, Y y Z, que poseen los atributos mencionados pero en diferentes porcentajes: alto (A), medio (M) y bajo (B). El caso es que los consumidores suelen hacer su elección con base a precios, más que a un conocimiento profundo del producto, por lo que resulta conveniente distinguir a los productos de los atributos, según una variación pequeña en la intensidad de los atributos. La jerarquía resultante se muestra en la figura 3-19.

El problema es resuelto usando la siguiente estrategia:

Paso 1: Se determina la preferencia de los consumidores según atributos y se desarrolla una matriz de comparación por pares (figura 3-20).

Deseabilidad del producto	S	A	P	T	D	R	Prioridad
S	1	1/4	1/5	1/4	5	1/6	0.0570
A	4	1	1/3	3	6	1/2	0.1679
P	5	3	1	4	7	3	0.3837
T	4	1/3	1/4	1	5	1/5	0.1002
D	1/5	1/6	1/7	1/5	1	1/7	0.0269
R	6	2	1/3	5	7	1	0.2643

$$\lambda_{\max} = 6.66; \quad IC = 0.12$$

Figura 3-20. Matriz que compara deseabilidad de atributos.

Paso 2: Se determina la preferencia de los consumidores según intensidad de los atributos, desarrollando seis matrices que comparan a pares la intensidad con respecto a cada atributo (figura 3-21).

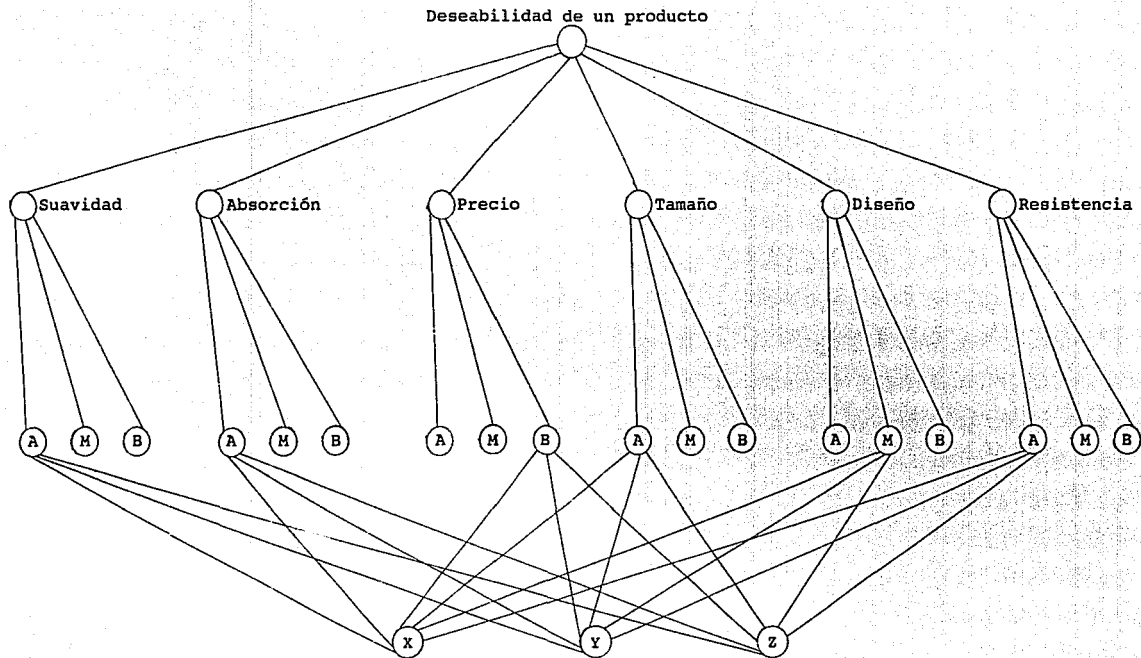


Figura 3-19. Jerarquía para determinar la preferencia en consumidores.

Suavidad	A	M	B	Prioridad
A	1	5	8	0.7257
M	1/5	1	5	0.2122
B	1/8	1/5	1	0.0621

$$\lambda_{\max} = 3.15; IC = 0.07$$

Absorción	A	M	B	Prioridad
A	1	7	9	0.7608
M	1/7	1	7	0.1912
B	1/9	1/7	1	0.0480

$$\lambda_{\max} = 3.33; IC = 0.16$$

Precio	A	M	B	Prioridad
A	1	1/7	1/9	0.0480
M	7	1	1/7	0.1912
B	9	7	1	0.7608

$$\lambda_{\max} = 3.33; IC = 0.16$$

Tamaño	A	M	B	Prioridad
A	1	3	5	0.6267
M	1/3	1	4	0.2797
B	1/5	1/4	1	0.0936

$$\lambda_{\max} = 3.09; IC = 0.04$$

Diseño	A	M	B	Prioridad
A	1	1/5	2	0.1786
M	5	1	5	0.7089
B	1/2	1/5	1	0.1125

$$\lambda_{\max} = 3.05; IC = 0.03$$

Resistencia	A	M	B	Prioridad
A	1	7	9	0.7608
M	1/7	1	7	0.1912
B	1/9	1/7	1	0.0480

$$\lambda_{\max} = 3.33; IC = 0.16$$

Figura 3-21. Matrices que comparan niveles de intensidad.

Con base a lo anterior se sintetizan los juicios para obtener el conjunto de prioridades globales que indican la preferencia en los consumidores.

Paso 3: Las prioridades de las intensidades (A, M y B) se disponen por columna, según se observa en la tabla 3-3.

Tabla 3-3. Prioridad de los atributos.

	(0.0570) Suavidad	(0.1679) Absorción	(0.3837) Precio	(0.1002) Tamaño	(0.0269) Diseño	(0.2643) Resistencia
A	0.7257	0.7608	0.0480	0.6267	0.1786	0.7608
M	0.2122	0.1912	0.1912	0.2797	0.7089	0.1912
B	0.0621	0.0480	0.7608	0.0936	0.1125	0.0480

Se multiplica a cada columna por la prioridad correspondiente al atributo, obteniéndose así un vector de prioridades ponderadas de las intensidades (tabla 3-4).

Tabla 3-4. Vector de prioridad de las intensidades.

	Suavidad	Absorción	Precio	Tamaño	Diseño	Resistencia
H	0.0413	0.1278	0.0184	0.0628	0.0048	0.2011
M	0.0121	0.0321	0.0734	0.0280	0.0190	0.0505
L	0.0035	0.0081	0.2919	0.0094	0.0030	0.0127

Paso 4: Para cada columna se selecciona el elemento con mayor prioridad, para obtener el vector de intensidad de atributos deseados:

A-Suavidad	A-Absorción	B-Precio	A-Tamaño	M-Diseño	A-Resistencia
0.0413	0.1278	0.2919	0.0628	0.0190	0.2011

Sumando los elementos de este renglón y dividiendo a cada elemento por el total de la suma, con esto se obtiene el vector de prioridades normalizados de la intensidad de los atributos.

A-Suavidad	A-Absorción	B-Precio	A-Tamaño	M-Diseño	A-Resistencia
0.0556	0.1717	0.3924	0.0844	0.0256	0.2703

Paso 5: Se determina la deseabilidad del producto mediante el desarrollo de matrices que comparan los tres tipos de papel servilleta (X, Y y Z), en relación con la intensidad de la deseabilidad de los atributos (figura 3-22).

A-Suavidad	X	Y	Z	Prioridad
X	1	5	7	0.7147
Y	1/5	1	5	0.2185
Z	1/7	1/5	1	0.0668

$$\lambda_{\max} = 3.18; IC = 0.09$$

A-Absorción	X	Y	Z	Prioridad
X	1	2	7	0.5659
Y	1/2	1	8	0.3727
Z	1/7	1/8	1	0.0614

$$\lambda_{\max} = 3.08; IC = 0.04$$

B-Precio	X	Y	Z	Prioridad
X	1	1/4	1/7	0.0727
Y	4	1	1/5	0.2050
Z	7	5	1	0.7223

$$\lambda_{\max} = 3.12; IC = 0.06$$

A-Tamaño	X	Y	Z	Prioridad
X	1	2	1	0.4126
Y	1/2	1	1	0.2599
Z	1	1	1	0.3275

$$\lambda_{\max} = 3.05; IC = 0.03$$

M-Diseño	X	Y	Z	Prioridad
X	1	2	1	0.4067
Y	1/2	1	3	0.3695
Z	1	1/3	1	0.2238

$$\lambda_{\max} = 3.37; IC = 0.18$$

A-Resistencia	X	Y	Z	Prioridad
X	1	4	6	0.6817
Y	1/4	1	4	0.2363
Z	1/6	1/4	1	0.0819

$$\lambda_{\max} = 3.11; IC = 0.05$$

Figura 3-22. Matrices que comparan tres papeles servilletas, según deseabilidad de los atributos.

Paso 6: Se agrupan las prioridades que reciben los tres tipos de papel, respecto a la intensidad de los atributos (por columna) y se multiplica cada columna por el vector normalizado obtenido en el paso 4. Esto genera el vector de prioridades que tienen relación con la intensidad de los atributos deseados (tabla 3-5 y 3-6).

Tabla 3-5. Estimación global de atributos en los productos.

	(0.0556) A-Suavidad	(0.1717) A-Absorción	(0.3924) B-Precio	(0.0844) A-Tamaño	(0.0256) M-Diseño	(0.2703) B-Resistencia
X	0.7147	0.5659	0.0727	0.4126	0.4067	0.6817
Y	0.2185	0.3727	0.2050	0.2599	0.3695	0.2363
Z	0.0668	0.0614	0.7223	0.3275	0.2238	0.0818

Tabla 3-6. Estimación global ponderada de atributos en los productos.

	A-Suavidad	A-Absorción	B-Precio	A-Tamaño	M-Diseño	A-Resistencia
X	0.0397	0.0972	0.0285	0.0348	0.0104	0.1842
Y	0.0121	0.0640	0.0804	0.0219	0.0095	0.0639
Z	0.0037	0.0105	0.2834	0.0277	0.0057	0.0221

Paso 7: En la tabla 3-6 se suman los renglones para obtener la prioridad global que reciben los tres tipos de papel; con ello se obtiene las siguientes prioridades:

$$X=0.3949 \quad Y=0.2519 \quad Z=0.3532$$

Con base a estos resultados, se observa que el tipo de papel servilleta por el que se optaría es del tipo X.

Ejemplo 5: Estimación del Impacto Económico de las Ventas en una Compañía

Una aplicación del PAJ para estimar la discriminación del porcentaje de ventas en una compañía, que se ve afectada por la crisis económica, recesión e inflación es considerado a continuación.

Primero se dividen las ventas de la compañía –una empresa manufacturera de equipo pesado (taladros de perforación petrolera y maquinaria para construcción)– en los intervalos que van de: 0–5 por ciento, 5–10 por ciento, 10–15 por ciento y 15–20 por ciento; dichos intervalos corresponden a la posible disminución de ventas. Después se elabora una matriz que compara los criterios de: crisis energética, recesión e inflación, a pares en relación al futuro de las ventas (figura 3-23).

Futuro de las ventas	CE	R	I	Prioridad
Crisis energética	1	7	1	0.4667
Recesión	1/7	1	1/7	0.0666
Inflación	1	7	1	0.4667

$$\lambda_{max}=3.0; \quad IC=0.00$$

Figura 3-23. Matriz para comparar criterios relacionados con el futuro de las ventas.

Ahora se desarrollan las matrices que comparan las ventas respecto a los criterios.

Crisis energética	0-5	5-10	10-15	15-20	Prioridad
0-5	1	1/5	1/7	1/5	0.0518
5-10	5	1	1/3	1/4	0.1451
10-15	7	3	1	1/3	0.2904
15-20	5	4	3	1	0.5127

$$\lambda_{\max}=4.337; IC=0.11$$

Recesión	0-5	5-10	10-15	15-20	Prioridad
0-5	1	2	5	7	0.5232
5-10	1/2	1	3	5	0.2976
10-15	1/5	1/3	1	3	0.1222
15-20	1/7	1/5	1/3	1	0.0570

$$\lambda_{\max}=4.069; IC=0.02$$

Inflación	0-5	5-10	10-15	15-20	Prioridad
0-5	1	2	5	7	0.5232
5-10	1/2	1	3	5	0.2976
10-15	1/5	1/3	1	3	0.1222
15-20	1/7	1/5	1/3	1	0.0570

$$\lambda_{\max}=4.069; IC=0.02$$

Figura 3-24. Matrices para comparar las ventas con los criterios.

Efectuando cálculos se tiene que las prioridades globales de los intervalos son (respectivamente):

$$0.3033 \quad 0.2264 \quad 0.2007 \quad 0.2697$$

Para obtener el valor esperado de las ventas afectadas por crisis energética, recesión e inflación, multiplicamos el punto medio de lo interesado por la prioridad del intervalo; por ejemplo, para el punto medio de 0-5 es 2.5; es decir:

$$(2.5 \times 0.3033) + (7.5 \times 0.2264) + (12.5 \times 0.2007) + (17.5 \times 0.2697) = 9.685\%$$

Este ejemplo muestra como aplicar el proceso de análisis jerárquico para estimar números, que en este caso es un porcentaje.

La versalidad del Proceso de Análisis Jerárquico se demuestra en su aplicación a problemas de planeación de sistemas complejos, donde los enfoques prospectivo y retrospectivo son usados en combinación. La aplicación de esta técnica permite estimular y ponderar diversidad de escenarios y medios, para alcanzar un futuro deseado. Este capítulo se desarrolla como sigue: la primera sección describe brevemente algunas peculiaridades del proceso de planeación, para proceder en las últimas secciones al análisis de casos reales.

4.1 El Proceso de Planeación

La planeación es una actividad dinámica cuyo propósito es la consecución de objetivos. Un enfoque usual de planeación es proyectar hacia lo que se ve factible o probable. El futuro proyectado se determina analizando el estado actual del sistema, así como las personas o instituciones –los actores– que están en pro de ciertas metas e implantan determinadas políticas para el logro de objetivos. Este proceso descriptivo para estimar el futuro probable es lo que se denomina planificación prospectiva.

Las personas suelen concentrarse más en propósitos y deseos, en vez de lo que es probable acerca de un futuro; por ello trabajan con información del pasado, para determinar los medios que le permitan lograr el futuro deseado. Dicho futuro es alcanzado al aplicar políticas que permiten influir sobre los actores, de tal forma que los motive a rebasar obstáculos que surgen en la consecución de los resultados. Este proceso normativo o prescriptivo es lo que denominaremos planeación retrospectiva.

Para mayor efectividad, los procesos de planeación prospectiva y retrospectiva pueden unirse para formar un proceso combinado de planeación prospectivo–retrospectivo. Bajo esta forma de planeación, el futuro deseado se proyecta mediante una planeación prospectiva, después a través del proceso retrospectivo se plantean las políticas necesarias que permitan el logro del futuro deseado y factible. Estas políticas se agregan al conjunto de políticas existentes, mismas que han de probarse para analizar sus efectos en la proyección del futuro deseado –etapa que denominaremos segundo proceso de planeación prospectiva–. Con base a lo anterior, un futuro deseable se establece nuevamente y las políticas necesarias para la consecución se determinan en una segunda iteración del proceso de planeación retrospectiva. Este proceso puede repetirse tantas veces como sea necesario, para así obtener mayor convergencia del futuro deseable. Esta forma de planeación prospectiva–retrospectiva se debe realizar dentro de dos límites: el primero es dejar asentado en el presente a los actores y disponibilidad de recursos, y el segundo es precisar los objetivos a perseguir en el futuro.

Los procesos prospectivos y retrospectivos no necesitan ser simétricos; por ejemplo, en un viaje espacial la acción de lanzar y regresar al lugar de partida puede ser analizado como un proceso prospectivo-retrospectivo. El punto de partida es un lugar fijo y el punto de regreso orbital se calcula de tal forma que el vehículo aterrice lo más próximo al punto de partida; no obstante lo anterior, diferentes consideraciones se ven implicadas. En un proceso prospectivo lo referente a alta velocidad y efecto gravitatorio son los factores críticos, por lo que es importante conocer que tanta fuerza gravitacional es ejercida sobre la nave. En el proceso retrospectivo la resistencia del aire y la necesidad de usar paracaídas (u otro dispositivo desacelerador) así como el calor y la tolerancia de la parte frontal expuesta a la fricción (material), son los factores importantes. Estos factores están presentes en la etapa de lanzamiento, pero no son críticos. Como podrá imaginarse ambos conjuntos de factores deberán ser tomados en cuenta al estarse resolviendo el problema de viajes espaciales.

El número de niveles a considerar en la estructuración de una jerarquía en un proceso de análisis prospectivo-retrospectivo (como proceso de planeación) dependerá del conocimiento de las personas sobre el problema.

Desarrollo de Escenarios

En una planificación efectiva, el desarrollo de escenarios debe ser incluido así como la interacción correcta del sistema con su medio ambiente social, político, tecnológico y los respectivos factores económicos. En el desarrollo de escenarios habrá que cuidarse del uso irracional de la imaginación, para no caer en una proyección con carácter de ciencia ficción.

En general dos tipos de escenarios se distinguen al planificar y resolver un problema: exploratorio y previsorio. Un escenario exploratorio parte del presente para de ahí avanzar hacia el futuro, proyectando resultados alternativos según capacidad del presente.

Un escenario previsorio fija la factibilidad y deseabilidad del futuro, al contrario de un escenario exploratorio que parte del futuro para llegar al presente, descubriendo que alternativas y acciones son necesarias para la consecución de tal futuro.

Las dos formas de desarrollo de escenarios pueden combinarse para formar lo que denominaremos "escenario compuesto", el cual deberá contener las propiedades de ambos escenarios, apropiadamente mezclados o enfatizados. Dado que el futuro lo conforma una variedad de fuerzas o intereses, donde cada uno busca el cumplimiento de sus objetivos; cada escenario compuesto deberá incluir: 1) los actores que tienen influencia en el futuro, 2) los objetivos y 3) las políticas a desarrollar en cada escenario, para la consecución de los objetivos. Para asegurar buenos resultados en el logro del futuro deseado, la prioridad de los factores debe ser medida de acuerdo a su importancia.

El desarrollo de escenarios en un proceso de análisis jerárquico implica la estructuración de jerarquías y el proceso de asignar prioridades, con su correspondiente sintetización. En la solución de problemas, primeramente se identifican los factores relevantes, para después arreglar los escenarios, actores, objetivos y políticas en forma jerárquica para su priorización. El resultado del análisis deberá ser por sí sólo razonable y de fácil interpretación.

4.2 Planeación Prospectiva: El Futuro de la Educación Superior en los E.U.

Considere un experimento llevado a cabo por 28 catedráticos, en los E.U., la mayoría de ellos relacionados con las "ciencias exactas." El experimento consistió en construir escenarios ponderados de carácter exploratorio así como un escenario compuesto que describa el futuro probable de la educación superior en los E.U. en el periodo comprendido entre 1985 y el año 2000.

Desarrollo de la Jerarquía

La figura 4-1 muestra la estructura jerárquica de los factores, actores y objetivos motivadores, que el equipo consideró que afectarían la forma de educación superior de 1985 al año 2000. No se dieron definiciones estrictas de los diversos términos, aunque durante la elaboración de la jerarquía (que tomó aproximadamente nueve horas de trabajo) se generaron comentarios acerca de la intención de los significados. Los siete escenarios que surgieron son:

- SC: Proyección sin cambios (cambios ligeros en relación al presente);
- CT: Educación con carácter técnico (desarrollo de aptitudes);
- ET: Educación para todos (educación subsidiada);
- EE: Educación elitista (educación para los que tienen dinero o talento excepcionales);
- EP: Educación con carácter público (propiedad del gobierno);
- T: Educación tecnológica (poco uso del salón y uso mayoritario de computadoras); y
- CS: Clases impartidas en salón (no orientada a investigación).

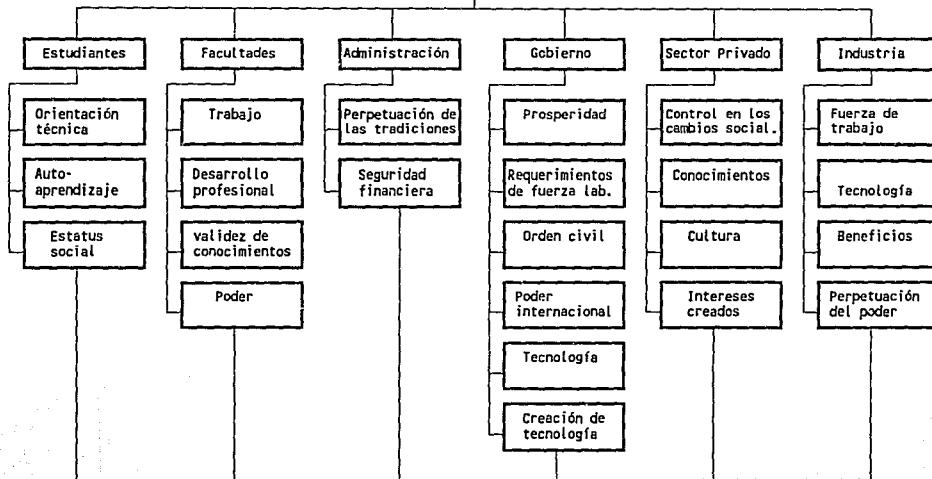
Nivel 1:

Futuro de la educación superior en los E.U., 1985-2000

Nivel 2:
Factores
principales

Económico Político Social Tecnológico

Nivel 3:
Actores



Nivel 4:
Escenarios
de contraste

SC CT ET EE EP T CS

Composición de escenarios

Escenario compuesto

Figura 4-1. Jerarquía de elementos que influyen en la educación superior.

Con el propósito de ponderar los diferentes factores, actores y objetivos motivadores considerados en la estructuración jerárquica procedemos como sigue:

Primeramente se desarrolló una matriz de comparación a pares de los factores, acorde a su influencia relativa en la educación superior. Los resultados obtenidos en este paso se muestran en la figura 4-2 y permiten contestar la pregunta: ¿Qué factores poseen el mayor impacto sobre la educación superior en los E.U.?

Educación superior	E	P	S	T	Vector de prioridades
Económico	1	4	3	5	0.549
Político	1/4	1	1/3	1	0.106
Social	1/3	3	1	2	0.236
Tecnológico	1/5	1	1/2	1	0.109

IC = 0.02

Figura 4-2. Comparación a pares de factores.

Como segundo paso se procedió a calcular las matrices de comparación a pares de los actores, de acuerdo a cada uno de los factores considerados en el siguiente nivel. Los pasos a detalle se omiten y solo los resultados obtenidos se presentan como figura 4-3.

	E(0.55)	P(0.11)	S(0.24)	T(0.11)	Impacto
Estudiantes	0.04	0.04	0.10	0.02	0.05
Facultad	0.02	0.04	0.07	0.10	0.05
Administración	0.06	0.03	0.04	0.03	0.05
Gobierno	0.47	0.49	0.41	0.23	0.46
Sector privado	0.12	0.12	0.12	0.16	0.14
Industria	0.28	0.27	0.26	0.44	0.34

Figura 4-3. Comparación a pares de actores.

Obsérvese que asociada a cada columna se tienen, respectivamente, asociados a los factores: Económico, Político, Social y Tecnológico, a los actores. Usando el valor relativo resultante para cada factor es sencillo calcular el impacto de cada actor. Obsérvese que el gobierno e industria ocupan el 80% del impacto sobre los factores primarios que afectan la educación superior en los E.U. Basados en esta consideración, se decidió emplear únicamente estos dos actores para obtener las ponderaciones (prioridades) de los escenarios propuestos.

Podría emplearse más actores, y los procesos de cálculos son los mismos, pero la cantidad de trabajo se incrementa considerablemente.

Para determinar la importancia relativa de los componentes básicos de los actores: gobierno e industria. Los resultados (sin entrar a cálculos detallados) son:

	Gobierno(0.46)	Impacto
Prosperidad	0.20	0.09
Orden civil	0.52	0.24
Fuerza de trabajo	0.09	0.04
Poder internacional	0.11	0.05
Tecnología	0.05	0.01
Creación de oportunidades	0.03	0.01

	Industria(0.34)	Impacto
Fuerza de trabajo	0.04	0.01
Tecnología	0.08	0.03
Beneficios	0.33	0.11
Perpetuación del poder	0.55	0.19

De esto se observa que los objetivos más influyentes son: prosperidad y orden civil, para el caso de gobierno, y en el caso de la industria: beneficios y perpetuación en el poder. Haciendo uso de estos cuatro objetivos y normalizando las ponderaciones se obtiene el siguiente vector de prioridades:

0.15	Prosperidad
0.38	Orden civil
0.17	Beneficios
0.30	Perpetuación del poder

Ahora los escenarios se ponderan respecto a estos cuatro objetivos. Para ello se realiza lo siguiente:

	Prosperidad (0.15)	Orden civil (0.38)	Beneficios (0.17)	Perp/poder (0.30)	Impacto
Esc. 1	0.129	0.125	0.067	0.062	0.096
Esc. 2	0.329	0.180	0.309	0.306	0.259
Esc. 3	0.275	0.369	0.028	0.026	0.191
Esc. 4	0.041	0.033	0.331	0.330	0.174
Esc. 5	0.149	0.177	0.048	0.085	0.122
Esc. 6	0.032	0.050	0.129	0.075	0.068
Esc. 7	0.045	0.065	0.089	0.115	0.081

Se observa que el segundo escenario posee la mayor de las ponderaciones: 0.259. Esto significa que es el escenario más fuertemente favorecido por el equipo de investigadores. Una explicación a este escenario podría ser:

La educación superior en los E.U. a partir de 1985 debe tener carácter técnico-vocacional. Habrá mayor número de estudiantes, que mostrarán menor grado de brillantez (en forma de IQ), por lo que mostrarán menor actitud influenciadora hacia la institución, pero no tendrán problemas para conseguir trabajo después de graduarse.

Habrá mayor número de facultades con más o menos el mismo nivel intelectual, pero se dejará de rumorar acerca de la forma de gobierno en las universidades. La seguridad de trabajo mejorará un poco, pero habrá menor libertad académica, debido a una menor orientación de educación académica. La administración poseerá mayor control sobre las cosas, con lo que se incrementará considerablemente la eficiencia (menor desgaste estudiantil). Las escuelas estarán más accesibles, pero la función de cultura general se verá disminuida de algún modo. La disponibilidad de fondos económicos y otros recursos mejorará notablemente.

Por último, el curriculum vite tendrá una orientación vocacional (habilidades); habrá menor experiencia de aprendizaje, que se compensa con beneficios de por vida. El tiempo requerido para completar un programa de estudios se reducirá considerablemente y la validez del grado será el mismo que el del presente. El costo por estudiante se incrementará escazamente y los alumnos presentarán menor tendencia a la investigación.

El Escenario Compuesto

Procederemos ahora a la especificación y asignación de prioridades del escenario compuesto sobre la educación superior en E.U. Los componentes de este escenario compuesto se describen en la tabla 4-1, donde además se establece su medida de acuerdo a un intervalo de valores de -5 a 5 para coincidir con la escala de comparación a pares de valores subjetivos, que sólo dispone de valores comprendidos entre 1-9. Los valores de dicha tabla son el resultado de un censo entre los participantes.

Tabla 4-1. Siete escenarios y la medida de sus características

Características	1 SC	2 CT	3 ET	4 EE	5 EP	6 T	7 CS
Estudiantes:							
1: Número	-2	+2	+4	-3	-1	+2	-2
2: Tipo (IQ)	-1	-2	-3	+3	-1	-2	-1
3: Funciones	+1	-1	0	+1	0	-2	+2
4: Trabajo	+1	+4	-3	+4	+1	-2	+1
Facultad:							
1: Número	-2	+2	+4	-3	-1	-5	-4
2: Tipo (Doctorado)	+1	0	-2	+3	+1	+2	-3
3: Función (papel en el campo)	-2	-3	-2	+1	-2	-5	-5
4: Seguridad de trabajo	-2	+1	+2	-3	-1	-4	-4
5: Libertad de cátedra	0	-2	0	+3	-1	-4	-5
Instituciones:							
1: Número	-1	+2	+2	-3	-1	-4	-1
2: Tipo (académico /no académico)	-1	-4	-3	+3	-1	-3	-3
3: Gobierno	+2	+4	+1	-2	+2	5	5
4: Eficiencia	+2	+3	-2	+4	-1	-1	0
5: Accesibilidad	0	+2	+5	-3	+2	+4	+1
6: Entretenimiento	0	-2	+3	+3	+1	-3	-1
7: Disponibilidad de fondos y otros recursos	-1	+2	+2	-2	0	-1	-3
Educación:							
1: Currículum (aprendizaje de por vida)	1	-2	+2	+3	+1	0	-1
2: Duración de los estudios	0	-3	+2	0	+1	+2	0
3: Valor del grado	-1	0	-2	+4	-1	-2	-2
4: Costo por estudiante	+3	+3	+3	+4	+2	-1	-1
5: Investigación para las universidades	+1	-1	-1	+3	+1	-3	-4

Escala: -5 ↔ 5

Un cero en la tabla 4-1 representa el Status Quo (permanecer sin cambios) en la opinión del grupo. Un número positivo representa el grado de incremento con respecto al presente. Un número negativo representa el grado de decremento. Por ejemplo, en la posición "Institución-gobierno" se tiene el valor 5 para el escenario 6. Esto significa que el equipo pensó que debería existir un fuerte control administrativo (con relación al estado actual de las cosas) si se adopta una educación superior con carácter tecnológico de 1985 en adelante. Por otra parte, si el escenario tres (educación para todos) fuese el que prevaleciera, se presentaría una disminución de un grado (educacionalmente hablando) si lo comparamos con el valor actual.

Usando las ponderaciones relativas de cada escenario, podemos sintetizar las prioridades de los componentes del escenario compuesto único como se muestra en la tabla 4-2.

Tabla 4-2. Siete escenarios con la medida de sus características

Características	(0.096)	(0.259)	(0.191)	(0.174)	(0.122)	(0.068)	(0.081)	Ponderación compuesta
	1 SC	2 CT	3 ET	4 EE	5 EP	6 T	7 CS	
Estudiantes:								
1: Número	-2	+2	+4	-3	-1	+2	-2	0.42
2: Tipo (IQ)	-1	-2	-3	+3	-1	-2	-1	1.0
3: Funciones	+1	-1	0	+1	0	-2	+2	0.03
4: Trabajo	+1	+4	-3	+4	+1	-2	+1	1.32
Facultad:								
1: Número	-2	+2	+4	-3	-1	-5	-4	-0.22
2: Tipo (Doctorado)	+1	0	-2	+3	+1	+2	-3	0.25
3: Función (papel en el campo)	-2	-3	-2	+1	-2	-5	-5	-2.12
4: Seguridad laboral	-2	+1	+2	-3	-1	-4	-4	-0.79
5: Libertad de cátedra	0	-2	0	+3	-1	-4	-5	-0.97
Instituciones:								
1: Número	-1	+2	+2	-3	-1	-4	-1	-0.19
2: Tipo (académico /no académica)	-1	-4	-3	+3	-1	-3	-3	-1.75
3: Gobierno	+2	+4	+1	-2	+2	5	5	2.06
4: Eficiencia	+2	+3	-2	+4	-1	-1	0	1.09
5: Accesibilidad	0	+2	+5	-3	+2	+4	+1	1.55
6: Entretenimiento	0	-2	+3	+3	+1	-3	-1	0.41
7: Disponibilidad de fondos y otros recursos	-1	+2	+2	-2	0	-1	-3	0.64
Educación:								
1: Currículum (aprendizaje de por vida)	1	-2	+2	+3	+1	0	-1	0.50
2: Duración de los estudios	0	-3	+2	0	+1	+2	0	-0.14
3: Valor del grado	-1	0	-2	+4	-1	-2	-2	-0.20
4: Costo por estudiante	+3	+3	+3	+4	+2	-1	-1	2.43
5: Investigación para las universidades	+1	-1	-1	+3	+1	-3	-4	0.24

Escala: -5 → 5

Una interpretación del escenario compuesto, a partir de sus características, puede ser:

La educación superior en los E.U. a partir de 1985 tendrá escasos incrementos, si es que los hay. Los estudiantes mostrarán en forma insignificante una disminución en su eficiencia (IQ), ante una medida de los exámenes estandarizados de la actualidad y desempeñarán casi el mismo papel en cuanto a su influencia en política universitaria. Las oportunidades de trabajo después de graduarse mejorarán un poco.

Las características de las facultades serán casi las mismas que las de la actualidad, en los aspectos de número de doctorados que se obtienen y seguridad laboral. Sin embargo, las facultades desempeñarán considerablemente un menor papel en lo que a su carácter de cultura universal corresponde, pues manifestarán una menor libertad académica.

El número de instituciones de educación superior no cambiará mucho. En definitiva, mostrarán menor libertad académica y los procesos de administración en ellos mostrarán un mayor control. Habrá un ligero incremento de eficiencia (menor desgaste estudiantil). El acceso a las escuelas mejorará, pero la función de cultura y entretenimiento de las instituciones serán más o menos las mismas. Prácticamente no habrá necesidad de incremento en recursos financieros.

La calidad de aprendizaje de por vida en el curriculum vite no sufrirá muchos cambios, así como la necesidad de prolongar el tiempo de estudio para obtener el grado. En general todo costo se verá incrementado significativamente. El número de facultades dedicadas a investigación se verá reducida al mínimo.

4.3: Planeación Retrospectiva: Estudio de un Sistema de Transporte en el Sudán

Este caso es extraño de un proyecto ambicioso de planificación estratégica en el Sudán, llevado a cabo en 1985, cuyo propósito era desarrollar un sistema de transporte. En aquellos años Sudán disponía de una población de más o menos 18 millones, pero con una capacidad de producción de alimentos básicos de varios cientos de millones; con dicha capacidad productiva sería capaz de abastecer a África y el Medio Oriente. Un grupo de expertos de aproximadamente 20 individuos estuvieron trabajando por un periodo de dos años, para definir, analizar y desarrollar escenarios al respecto; ocasionalmente tuvieron participación los ministros de relaciones exteriores, transporte y oficiales de la Comisión de Planificación del Sudán. A la etapa de estudio le fue precedida un basto intento de recopilación de información y de desarrollo de modelos econométricos. El resultado fue un escenario compuesto de carácter previsorio, de donde se extrajeron los requerimientos de transporte y sus prioridades.

Desarrollo de la Jerarquía

Cuando los planificadores de un país deciden que región proyectar, se encuentran que en la consecución de metas hay que enfrentarse a recursos limitados; por lo que deben partir estableciendo objetivos, tomando en cuenta el futuro económico, de salud, educación, defensa y todo aquello probable. Con lo anterior se determina un conjunto de escenarios probables, mismos que se priorizan acorde a su deseabilidad.

En la figura 4-4 se muestra la estructura jerárquica para el sistema de transporte en el Sudán; tal estructura jerárquica es incompleta, debido a que en el cuarto nivel de la estructura jerárquica los proyectos se evalúan en términos de su contribución con la región y no para cada una de las regiones.

Nivel 1:
Beneficio
Nacional

Nivel 2:
Escenarios

Nivel 3:
Regiones

Nivel 3:
Proyectos en
las regiones

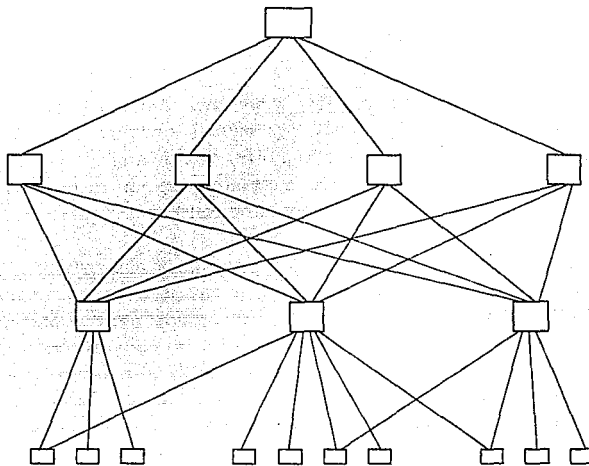


Figura 4-4. Jerarquía para el proyecto "sistema de transporte en el Sudán".

El desarrollo del futuro probable se basó en una comparación a pares, depositándolos en una matriz, de los escenarios por separado, en base a su factibilidad y deseabilidad; para ello se tomo en consideración las diversas fuerzas que dan forma a la sociedad sudanesa. Primeramente se desarrolló un escenario del país Sudán, con el propósito de contemplar los principales parámetros del país: económico, político, social y de transporte. En los demás escenarios están presentes tales parámetros aunque en diferente intensidad (algunos de los cuales fueron dados en términos cualitativos).

Asignación de prioridades y su sintetización

Los valores de la comparación a pares de los cuatro escenarios contemplados, acorde a su factibilidad y deseabilidad en 1985, se muestra en la figura 4-5.

	I	II	III	IV	Prioridad
Permanecer en la misma situación (I)	1	1/7	1/5	1/3	0.05
Exportación Agrícola (II)	7	1	5	5	0.61
Crecimiento Regional Balanceado (III)	5	1/5	1	5	0.25
Expansión Regional a Medio Oriente y África (IV)	3	1/5	1/5	1	0.09

Figura 4-5. Prioridades de cuatro escenarios en el Sudán.

El vector de prioridades muestra la importancia atribuida a cada uno de los escenarios. El escenario II es el más importante, siguiéndole el escenario III. Resulta que en este caso el futuro probable no es un escenario u otro, sino más bien una combinación de los cuatro y las prioridades representan el grado de atención con que deben influir. En base a dicha información se elabora un escenario compuesto para el Sudán.

El escenario compuesto resultante (que describe en el presente las situaciones del futuro) es una matriz de fuerzas proporcionales, en los que tienen acción los cuatro escenarios descritos. El escenario compuesto es mayoritariamente el escenario II, que se apoya de ciertos elementos de los escenarios III y IV. La composición resultante (que es el futuro probable) es una amplificación sinérgica de las características individuales.

El Sudán posee doce regiones (cuya individualidad económica e identidad geográfica justifica la división política). Las regiones se comparan a pares, en diferentes matrices, acorde a su importancia para cada escenario; esta etapa de análisis corresponde al tercer nivel de la jerarquía. La tabla 4-3 muestra una matrices correspondiente a uno de los escenarios.

Tabla 4-3. Priorización regional, acorde a los escenarios de capacidad de exportación agrícola.

Región	Gezira	Nilo Azul	Kassala	Khartoum	Kordofan	Darfur	Bahr ElGhazal	Oriente Ecuatorial	Occidente Ecuatorial	Nilo Alto	North-ern	Mar Rojo
Gezira	1	1	5	1/3	4	3	6	7	3	5	6	1/4
Nilo Azul	1	1	1	1/5	1	1	3	5	1	3	4	1/5
Kassala	1/5	1	1	1/6	1	1	3	5	1/2	3	4	1/5
Khartoum	3	5	6	1	4	5	6	8	4	5	5	1
Kordofan	1/4	1	1	1/4	1	2	4	6	1/2	2	3	1/5
Darfur	1/3	1	1	1/5	1/2	1	3	4	1/2	2	4	1/5
Bahr												
El-Ghazal	1/6	1/3	1/3	1/6	1/4	1/3	1	3	1/5	1	1	1/6
Oriente												
Ecuatorial	1/7	1/5	1/5	1/8	1/6	1/4	1/3	1	1/5	1/4	1/5	1/9
Occidente												
Ecuatorial	1/3	1	2	1/4	2	2	5	5	1	4	3	1/5
Alto Nilo	1/5	1/3	1/3	1/5	1/2	1/2	1	4	1/4	1	2	1/7
Northern	1/6	1/4	1/4	1/5	1/4	1/4	1	5	1/3	1/2	1	1/7
Mar Rojo	4	5	5	1	5	5	6	9	5	7	7	1

Las prioridades resultantes son dispuestas en columna, de tal forma que cuando se multiplique por el vector de prioridades de los escenarios de el porcentaje de impacto de las regiones. Estas prioridades son:

Región	% Prioridad
Bahr El-Ghazal	3.14
Milo Azul	6.55
Darfur	5.37
Ecuador Oriental	1.70
Gezira	12.41
Sassala	5.25
Khartoum	21.40
Kordofan	5.96
Northen	2.94
Mar Rojo	22.54
Alto Nilo	3.37
Occidente Ecuatorial	9.39

Para la etapa de desarrollo del sistema de transporte, cuarto nivel de la jerarquía, se efectúa una comparación a pares (creándose doce matrices) acorde a los impactos relativos del sistema de transporte para las regiones habiéndose tomado en consideración el hecho de que un proyecto puede pertenecer a diferentes regiones. La matriz de vectores resultante se pondera con el vector de prioridades regionales, para así obtener una medida de impacto global de los proyectos en el futuro esperado.

Las prioridades de los proyectos (tabla 4-4) pudieron haber sido calculados por separado, según impactos económico, social y político; sin embargo, dichos atributos fueron considerados conjuntamente durante el debate de juicios. Cierta grado de refinamientos en los enfoques es posible obtener en las futuras revisiones del plan.

Las prioridades resultantes muestran la importancia relativa de las regiones en los momentos de inversión, así como la fase de implementación de cada proyecto. Estuvieron presentes aproximadamente 103 proyectos, todos aparecieron en tablas semejantes a lo mostrado.

La relación de prioridad/costo ha sido empleada, como base para la asignación de recursos en los proyectos. El plan deberá ser revisado periódicamente (de corto intervalo), para de esta forma determinar el impacto de nuevos proyectos en el futuro predeterminado.

Tabla 4-4. Relación de costos, prioridades y prioridad/costo.

Proyecto	Prioridad	Costo	Prioridad /costo
Ferrovíaria			
Puerto de Sudan-Haiya	4.724	9.10	0.52
Haiya-Atbara	3.455	9.50	0.36
Arbara-Khartoun	8.443	11.00	0.77
El Rahad-Babanusa	1.005	12.70	0.08
Carreteras			
Wad Medani-Gedaref	2.840	23.90	0.12
Cedaref-Kassala	0.872	14.20	0.06
Kassala-Haiya-Puerto de Sudán	2.229	50.00	0.04
Wad Medani-Sennar	0.526	14.90	0.04
Sennar-Kosti	0.345	7.20	0.05
Sennar-Es Suki	0.546	7.00	0.08
Ed Dubeibat-Kadugli	1.253	12.30	0.10
Kadugli-Talodi	0.266	6.60	0.04
Nyala-Kass-Zalingei	0.951	11.30	0.08
Juba-Nimuli	0.329	5.30	0.06
Juba-Amadi-Rumbk-Wau	0.494	20.30	0.02

4.4: Planeación Prospectiva-retrospectiva: El Futuro de la Industria Acerera de los Estados Unidos

La siguiente problemática fue abordada en la década de los 80. La industria acerera nacional de los Estados Unidos es todo un embrollo y su futuro es incierto. La industria se encuentra plagada de problemas como: laborales, incremento en los precios de los energéticos, erosión del mercado por importaciones, recuperación inadecuada de efectivo e insuficiencia de capital para cumplir con las medidas de evitar descargas de contaminante al aire y agua. De hecho las grandes corporaciones acereras están evaluando la conveniencia de permanecer en el negocio del acero. Aproximadamente un 25% del ingreso que obtienen provienen de recursos no acereros y dicha proporción continuará incrementándose. La firma Armco ha decaído y la industria se encuentra en vócrusis. Sin embargo la industria del acero de los Estados Unidos desea permanecer como entidad vital, por lo que decisiones claves deberán ser tomadas en los aspectos laborales, dirección y acciones gubernamentales.

Una firma que obtiene gran parte de sus ingresos al vender equipo a la industria del acero, está interesada en el desarrollo de un plan crucial para los próximos cinco años. Tomando en consideración lo complejo del ambiente de operación y restricciones legislativas, se estimó que un proceso de análisis jerárquico podría ser adecuado para examinar el futuro potencial. Un proceso prospectivo-retrospectivo-prospectivo fue generado para determinar el escenario más probable en un periodo de diez años. La firma pretende emplear la información en el desarrollo de estrategias de venta para con la industria del acero.

La industria del acero está integrada por dos tipos de productores: las grandes compañías y las minicompañías. Las minicompañías producen cerca de un millón de toneladas anuales y las grandes firmas producen entre 20 y 30 millones de toneladas. Los miniprodutores satisfacen mercados específicos y se concentran en productos de tamaño anticuado o de aleaciones especiales; a lo que las grandes firmas encuentran poco beneficio o simplemente no les interesa, debido al poco tonelaje requerido. Los miniprodutores constituyen aproximadamente un 20% y el 80% lo constituyen las grandes firmas como: U.S. Steel, National Steel y J&L, entre otros. Estas grandes compañías producen normalmente aceros bajos en carbón y en otras aleaciones, no obstante que algunas producen aleaciones especiales para mercados específicos. Estas grandes firmas por lo general son empresas antiguas, por lo que algunos de sus equipos podría caer en lo obsoleto. Debido a este hecho, así como a las medidas de control al medio ambiente, problemas laborales y pobre recuperación de capital, se dificulta el que las grandes compañías compitan adecuadamente contra las importaciones y se sientan fuertemente presionadas.

Los importadores de acero han ido ganando terreno en la Unión Americana desde los años 70's, cuando los compradores anticipándose a un posible desabastecimiento por causas de huelga compraron acero del Japón y Europa; para 1980 los importadores contribuían al mercado de los E.U con un 25% del total de acero consumido en E.U. La industria acerera de los E.U. se queja de que los importadores estén formando un bloqueo en contra de la producción nacional, debido a que ofrecen el producto a un menor precio. Cuando el gobierno, mediante investigaciones a fondo, determinó que en realidad estaban formando un "dumping¹", el congreso de los E.U. aplicó tarifas arancelaria a los importaciones, para así favorecer a los productores nacionales. Las tarifas, a las que se denominó mecanismos depuradores de precios (MDP), se estiman en base a los estimadores de costo de producción de los productos acereros japoneses. Los japoneses están considerados como los productores más eficientes en cuestión de acero a nivel internacional, por lo que son empleados como unidad de comparación estándar en lo referente a importación.

El acero, que tiene amplio empleo en la industria manufacturera, también está experimentando una competencia por parte de materiales alternativos como: plástico y aluminio (en especial el gran mercado automotriz). La industria automotriz representa el 25% de los consumidores de acero en los E.U. Los incrementos en la gasolina y disposiciones de ahorro en el consumo de combustible, fomento al no empleo del automóvil y el giro al empleo de materiales plásticos, han contribuido en el detrimento de la industria. Según estimaciones, el decremento en empleo del acero en la industria automotriz varía del 1% al 5% anual; no obstante que la demanda de acero se ha visto incrementado en la industria de la construcción e industria eléctrica. Existen otras restricciones a las que tiene que enfrentarse el mercado de acero de los E.U., tales como los préstamos lentos que se

¹ Palabra inglesa, que se emplea para denotar: Método que consiste en vender a precio artificialmente bajo una mercancía en el extranjero para conquistar el mercado.

proporcionan para impulsar el desarrollo de la industria a nivel nacional. Por todo lo anterior se espera que la industria del acero tenga un crecimiento del 1% durante la próxima década. Ciertas presiones están sintiendo sobre los gerentes de dichas industrias, con miras a encontrar nuevos mercados para el acero o la de modernizar los actuales procesos de producción, para así incrementar los beneficios.

La competencia por parte de los importadores y el empleo de materiales alternativos no es el único problema a que se enfrenta la industria del acero de los E.U., ya que debido a la naturaleza de la producción las industrias descargan gran cantidad de residuos al aire y agua. Las disposiciones gubernamentales, a través de la EPA y OSHA, han puesto límites a la descarga de contaminantes; la industria del acero, aunque un poco renuente, ha gastado cientos de millones de dólares para el cumplimiento de tales regulaciones. Las erogaciones para el control de contaminación en aire y agua, a través de equipo, para 1980 fue de \$605 millones de dólares. Como es de suponerse esta erogación corresponde a equipo que no forman parte en la producción de acero; es decir, es equipo que no contribuye a la reducción de costos de producción o mejoramiento del producto; los costos de operación de dicho equipo están estimados en 10% del costo de producción de una tonelada de acero.

Los problemas laborales también han contribuido al desquebrajamiento de la industria acerera, pues la posibilidad de irse a huelga con la consecuente interrupción de suministro han dado motivo a que los importadores afiancen su posición en el mercado; esto motivo a que allá por los años 70's se llegara a un acuerdo de no huelga, que se firmó con los líderes sindicales, para así eliminar la ocurrencia de tales eventualidades. Dicho acuerdo termina a principios de los 80's, por lo que se requiere de firmar de otro acuerdo. En fechas recientes los gerentes han estado mostrando interés acerca de la concientización de los trabajadores y cerrando ciertas áreas no indispensable, con miras a reducir costos de producción; dicha estrategia parcialmente ha dado resultados satisfactorios y pudo contribuir al mejoramiento de la productividad.

La industria acerera de los E.U. está haciendo uso de equipo ineficiente u obsoleto, debido a que no ha ido a la par con el avance tecnológico. Por ejemplo, la capacidad actual de reemplazo es aproximadamente del 2% anual, que equivale a 2.2 millones de toneladas de acero. Algunas fuentes de información indican que la capacidad actual de modernización en la industria del acero deberá tener un nivel de incremento de 4%, que equivale a un incremento de 4.4 millones de toneladas. Con base a lo anterior puede decirse que, si a la capacidad de reemplazo se le agrega la capacidad de incremento del 1%, en realidad existe poca necesidad de incremento en equipo para la capacidad de producción.

Las razones por la que se carece de tecnología de vanguardia varían; una razón –dada por los propios industriales– es el pobre rendimiento de dicha industria. La industria en los E.U. tiene un rendimiento del 9%, el cual es bajo si se compara con el 14% de la industria química.

El rendimiento comprende ingresos más depreciación. Existe gran controversia acerca de la forma en que se calcula la depreciación en el equipo productor de acero, pues algunas empresas aplican una depreciación de 14 ½ años, para equipo duradero; no obstante, la industria del acero siente que dicha depreciación es insuficiente para generar capital de reinversión adecuado, que le permitan competir con los productores extranjeros. En fechas recientes la industria del acero está logrando una depreciación de 10-5-3, aplicado a su equipo de trabajo.

Es así como la industria del acero está teniendo cambios significativos internos. La dirección e intensidad de los cambios dependen en gran medida de interés gubernamental, ante la necesidad de contar con una industria acerera; claro que también depende de los acuerdos que se logren entre directivos, con miras a mejorar la industria.

Con lo descrito anteriormente se abordará el proceso de análisis jerárquico; con esto se pretende contestar: ¿Hacia dónde está tendiendo la industria del acero, dado un mercado específico de restricciones?, ¿hacia dónde hay que dirigirse para tener condiciones más favorables?

Desarrollo de la Jerarquía

Actores y Objetivos. En esta fase se identificará los actores principales que tienen implicación en el futuro de la industria del acero y se definen los objetivos relevantes dentro del problema. Estos son:

Directivos: El personal directivo de las compañías acereras posee los siguientes objetivos: minimizar riesgos, incrementar las ventas y beneficios, mantener un mercado equitativo en el que puedan competir y la perpetuación de la organización. El objetivo podría ser incrementar la inversión en equipo, con miras a permanecer en la industria del acero, o diversificación de los productos elaborados.

Gobierno: El gobierno de los E.U. constituye el actor más importante; no obstante que posea objetivos que en ocasiones resultan contradictorios, como lo muestran las política de bajo nivel de inflación y de mantener un medio ambiente limpio. Aunque los gastos en equipo para el control de la contaminación incrementan los costos de producción y son inflacionarios, entre sus objetivos, el gobierno persigue la conservación de recursos energéticos, bajo nivel de desempleo y la de contar con un mercado de libre competencia.

Consumidores: Entre los compradores de acero se encuentra la industria automotriz, compañías constructoras de vivienda, la industria de utensilios y el sector militar. Como es de esperarse, dichas empresas lo que les interesa es maximizar sus beneficios, mediante una minimización de costos en materias primas empleadas, así como el de mantener seguro el suministro de material (acero). Los usuarios desean un acero a menor precio y están en contra de una política de control de importaciones, debido a que acarrearía precios inflados, por tarifas arancelarias, lo que reduciría su capacidad competitiva de sus productos con otros, en un mercado de libre competencia. Antes de lograrse un acuerdo de no huelga entre directivos y sindicatos, la sola posibilidad de interrupción en el suministro de acero ponía en amenaza a los consumidores de acero. Lo anterior fueron los factores más importantes que permitieron a los importadores de acero ganar mercado, dentro de la industria nacional de E.U.

Importadores: Los importadores de acero desean mantener su participación en el mercado, pero sin desestabilizar a la industria nacional. Los países exportadores ven la exportación como un medio para equilibrar su balanza de pagos, así como de minimizar el desempleo; pues en muchas de las ocasiones su producción está subsidiada, por sus gobiernos.

En la etapa de análisis prospectivo sólo se considerarán los objetivos y en la segunda fase, que es un "análisis retrospectivo", se introduce un nivel adicional para representar el nivel de políticas asociadas a los objetivos.

Primera etapa del análisis prospectivo. Este proceso es realizado para determinar a que se parecerá la industria del acero en los próximos diez años. La jerarquía y la correspondiente comparación a pares fue desarrollada por los asesores que investigaron la viabilidad de la industria del acero; sus juicios estuvieron basados en sus investigaciones. Los siguientes escenarios fueron desarrollados como alternativas factibles:

Escenario I: **Escenario Pesimista.** La inversión industrial podría declinar a tal punto que el capital de reemplazo en equipo llegue a menos del 2%. Los asesores sienten que el gobierno adoptará una actitud más rígida hacia la industria del acero. El programa de depreciación no variará. La EPA (organismo de control sanitario) podría incrementar las presiones con miras a alcanzar mejores condiciones de medio ambiente. Los gastos en equipo para el control de descarga de contaminantes podrían llegar a

exceder los \$800 millones de dólares por año. Las uniones sindicales darán mayor batalla y podrían oponerse a la firma de no huelga. Los importadores continuarán erosionando el mercado nacional, pero a menor escala a lo ocurrido en los 70's. Los directivos podrían diversificar su inversión a negocios más rentables, tal como la industria química. Una recesión y declive del mercado automotriz puede afectar la demanda de acero.

Escenario II: **Escenario sin Cambios.** Los asesores piensan que el porcentaje para reemplazo de equipo continuará en un 2%, que equivale a más o menos 2.2 millones de toneladas. El gobierno podría adoptar una actitud más positiva, permitiendo que se reduzca los gastos en equipo para control del ambiente. Seguirán las advertencias hacia las uniones sindicales y los acuerdo de no huelga continuarán. Los importadores continuarán participando en el mercado y deben ser supervisados por los industriales. El mercado continuará con su incremento del 1% anual.

Escenario III: **Escenario Optimista.** Los gastos en equipo de reemplazo serán más o menos del 3.5 billones de toneladas anuales, que equivale a un 3.4% de reemplazo anual. El gobierno podría permitir la recuperación de inversión de capital. Como resultado de los esfuerzos conjuntos de política industrial y apoyo del gobierno, con lo que en forma implícita la industria se irá modernizando. El gasto por control de contaminantes será del orden de \$600 millones anuales (dólares de 1979). Los importadores y crecimiento de mercado presentarán las mismas condiciones descritas en el escenario II.

Asignación de prioridades y su sintetización

Los resultados de la primera etapa del "proceso prospectivo" se muestran en la figura 4-6. En dicha jerarquía se observa que el gobierno es el actor más importante en el futuro de la industria del acero de los E.U. EL porcentaje asignado al factor gobierno es de 0.563, al factor directivo: 0.289, consumidores: 0.098 e importadores: 0.048. Estos resultados suenan lógicos, si se considera el poder del gobierno para controlar las importaciones, imponer impuestos y adoptar medidas de control de contaminantes. Los resultados del proceso prospectivo ponderan simultáneamente los escenarios II y III, arrojando las prioridades de 0.36 y 0.39 respetivamente. Esto indica que tomando en cuenta a los actores y sus objetivos, el resultado más probable es someramente una mezcla de los tres escenarios. Es claro que podría resultar conveniente explorar que sucede si se enfatiza la contribución del escenario optimista.

Nivel 1:
Foco

Futuro de la industria
acerera de los E.U.

Nivel 2:
Actores

Directivos
(0.289)

Gobierno
(0.563)

Usuarios
(0.098)

Importadores
(0.048)

Nivel 3:
Objetivos

Bajo
riesgo
(0.036)

Incre-
mento
en
bene-
ficios
(0.150)

Mercado
compe-
tible
(0.104)

Inflación
baja
(0.106)

Proteger
el medio
ambiente
(0.054)

Conservar
energía
(0.214)

Bajo des-
em-
pleo
(0.189)

Incre-
mento
de
ventas
(0.012)

Incre-
mento
de
bene-
ficios
(0.055)

Sumi-
nistro
esta-
ble
(0.032)

Balanza
de
pagos
(0.039)

Bajo des-
em-
pleo
(0.009)

Nivel 4:
Escenarios
factibles

Bajo desembolsos
de capital
(\$1½ billones
de dólares)
(0.25)

Permanecer sin
cambios
(\$2½ billones
de dólares)
(0.36)

Incrementar
desembolsos
de capital
(\$5 billones
de dólares)
(0.39)

Figura 4-6. Primera etapa del proceso prospectivo.

A continuación se desarrolla un proceso retrospectivo, para determinar que política de dirección deberían emplearse en la consecución de los resultados previstos en el análisis prospectivo.

Primera etapa del proceso retrospectivo. Los resultados del proceso de análisis retrospectivo se muestran en la figura 4-7 (la matriz de comparación a pares, de la jerarquía, no se muestra aquí). El foco de la jerarquía es el futuro estimado de la industria del acero de los E.U. Los asesores consideran que tres escenarios cubrirían al foco, y que son: diversificación de la producción industrial, conservar los privilegios actuales e incremento en la inversión industrial acerera; como podrá apreciarse, esto tiene mucha relación con los escenarios I, II y III del proceso prospectivo anterior. Las ponderaciones que se logra en dichos escenarios son: 0.57, 0.06 y 0.36 respectivamente.

El tercer nivel contiene a los problemas y las oportunidades (problemas más comunes) al que los directivos tienen que enfrentarse en su intento por alcanzar alguno de los dos futuros deseados. Estos problemas incluyen los problemas arancelarios, incremento en el precio de energéticos y fuerza de capital.

La ponderación siguiente se efectúa sobre los "actores", que son los responsables de la dirección industrial. Entre los actores se encuentra el gobierno, industrias químicas, importadores, sindicatos y materiales sustitutos del acero. En base a estos dos análisis (prospectiva y retrospectiva) se procede al desarrollo de políticas que podrían ser aplicadas por los directivos, con miras a contraatacar el problema o persuadir ciertos actores (el gobierno por ejemplo), para así orientar su política con miras a condiciones más favorables para la industria del acero. Las políticas que reciben mayor ponderación (aceptación) son las siguientes: adquisición de empresas químicas (0.24), mejorar la calidad de administración (0.22), adquisición de equipo para el control de descarga de contaminantes (0.15) y estar en el gabinete del gobierno (0.10). Estas políticas resultantes son las que se emplean en un segundo proceso de análisis prospectivo, con el propósito de estimar su efecto potencial.

Nivel 1:
Foco

Futuro deseable para la
industria del acero

Nivel 2:

Diversificación
(0.57)

Permanecer
sin cambios
(0.06)

Incrementar
inversión en
la industria
del acero
(0.36)

Nivel 3:
Problemas

Barreras a
importaciones
(0.17)

Incrementos
en los
costos de
energéticos
(0.05)

Recuperación
de capital
(0.33)

Controles
de medio
ambiente
(0.14)

Competencia
(0.27)

Productividad
(0.03)

Nivel 4:

Directivos
(0.08)

Gobierno
(0.37)

Compañías
químicas
(0.26)

Importaciones
(0.19)

Materiales
alternativos
(0.06)

Sindicatos
(0.03)

Nivel 5:
Políticas

Comprar
empresas
químicas
(0.23)

Mejorar
la calidad
de dirección
(0.11)

Comprar
energía
y equipo
economizador de
trabajo
(0.09)

Comprar
equipo
contra
contaminación
(0.21)

Estar en el
parlamento
(0.24)

Mejorar las
relaciones
laborales
(0.01)

Acuerdos
laborales
(0.02)

Mejoras
en el
acero
(0.03)

Competir
en merca-
dos más
competibles
(0.04)

Reducir
precios
(0.02)

Figura 4-7. Proceso retrospectivo

Proceso prospectivo (segunda etapa). Este segundo análisis prospectivo es realizado con el propósito de determinar si es que existe posibilidad de que la prioridad de los escenarios cambien, como resultado de las políticas estimadas en el proceso de análisis retrospectivo. Este segundo proceso de análisis prospectivo nos muestra lo que es más probable que suceda, tomando en consideración la fuerza de los actores y la prioridad de sus políticas; dicho proceso está representado en la figura 4-8 (nuevamente la matriz de comparación a pares no se muestra). Este segundo proceso prospectivo nos muestra un cambio en los valores de las prioridades para los escenarios obtenidos en el primer proceso prospectivo, estas ponderaciones son: 0.21, 0.24 y 0.55 (tabla 4-5) respectivamente. De estos resultados se puede estimar que políticas pueden ser implementadas por los directivos, para de esta forma influir sobre los actores, en beneficio de mejorar las condiciones de la industria del acero. De entre dichas políticas se observa que lo más idóneo es mejorar la "calidad administrativa" y "estar en el gabinete del gobierno". Dado la diferencia existente entre las ponderaciones arrojadas por los dos análisis prospectivos, una iteración adicional podría ser conveniente, para así permitirnos experimentar con diferentes políticas que han de afectar a los actores, además de poder generar diferentes posibilidades que nos permita predecir el futuro deseado.

La recomendación que se da a la industria del acero es la de mayor probabilidad de ocurrencia, tomando en cuenta las situaciones prevalecientes, y es la del escenario II. No obstante, se observa que dicho escenario no es factible de realización hasta no haber pasado tres años, pues hay que dar tiempo a las compañías acereras para que desarrollen sus propias estrategias que le permitan estar en las situaciones que se requieren. En el mundo real, por si mismas las industrias del acero están persiguiendo políticas muy parecidas a las aquí propuestas; con lo que este análisis nos da idea de lo que es probable que suceda en la industria del acero de los E.U., durante los próximos años.

Nivel 1:
Foco

Futuro de las compañías acereras

Nivel 2:
Actores

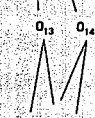
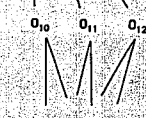
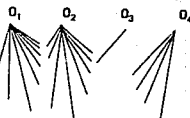
Directivos
(0.31)

Gobierno
(0.58)

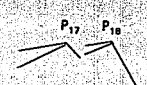
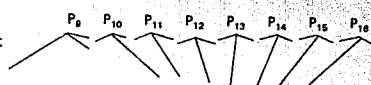
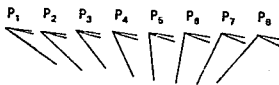
Consumidores
(0.04)

Importadores
(0.07)

Nivel 3:
Objetivos



Nivel 4:
Políticas



Nivel 5:
Escenarios

I
(0.21)

II
(0.24)

III
(0.55)

Figura 4-8. Segunda etapa de un proceso prospectivo.

Tabla 4-5. Detalle de Objetivos, Políticas y Ponderaciones correspondientes.

Foco	Futuro de las compañías acereras			
Actores	Directivos (0.31)	Gobierno (0.58)	Consumidores (0.04)	Importadores (0.07)
Objetivos	O ₁ Minimizar riesgos (0.02)	O ₆ Inflación baja (0.04)	O ₁₀ Incrementar ventas (0.01)	O ₁₃ Mejoras en general (0.03)
	O ₂ Incrementar beneficios (0.06)	O ₈ Proteger al medio ambiente (0.17)	O ₁₁ Incrementar beneficios (0.03)	O ₁₄ Disminuir el desempleo (0.01)
	O ₃ Mercado equidable (0.07)	O ₇ Uso racional de energéticos (0.17)	O ₁₂ Suministros estable (0.01)	
	O ₄ Perpetuación (0.15)	O ₉ Desempleo bajo (0.17)		
		P ₉ Mercado equidable (0.17)		
Políticas	P ₁ Mejoras en el producto (0.003)	P ₆ OSHA (0.0131)	P ₁₇ Importación de acero (0.023)	P ₁₉ Asegurar el suministro (0.01)
	P ₂ Estar con el parlamento (0.117)	P ₁₀ EPA (0.013)	P ₁₈ Adquisición de materiales alternativos (0.023)	P ₂₀ Saturar el mercado (0.058)
	P ₃ Lograr precios bajos (0.002)	P ₁₁ Supervisar el mercado (0.105)		
	P ₄ Comprar equipo (0.021)	P ₁₂ Control de energéticos (0.168)		
	P ₅ Comprar equipo de microcomputadoras (0.018)	P ₁₃ EEOC (0.079)		
	P ₈ Mejorar la calidad directiva (0.122)	P ₁₄ TPM (0.148)		
	P ₇ Lograr convenios laborales (0.005)	P ₁₅ Depreciación (0.038)		
	P ₈ Cerrar plantas (0.018)	P ₁₆ Gasto gubernamental (0.038)		

Grado de consistencia en la jerarquía = 0.0182

La solución de conflictos es la búsqueda de respuestas que para algunos representa un beneficio, en tanto que para otros una pérdida. Tradicionalmente se buscan resultados estables, lo que de alguna forma implica imponer restricciones a los participantes; sin embargo, la estabilidad no es algo esencial que haya que conseguir a cualquier precio en una solución de conflictos. Supóngase que la probabilidad de que emerja una solución es alta, dado las características de las partes en conflicto, pero presentan el rasgo de ser inestables; esto significa que dado una respuesta, ésta cambia al analizar nuevamente el problema. Lo importante es que una vez que los objetivos sean encontrados, estos se conviertan en lo importante a dar seguimiento; de esta forma se puede crear estabilidad ante nuevas situaciones.

Puede decirse que lo importante es identificar los resultados probables, que en gran medida satisfagan los objetivos de las partes; esta forma descriptiva es lo que entenderemos por proceso descriptivo. La solución de conflictos a través de un proceso prospectivo se caracteriza por que dado los actores y sus objetivos, capacidades y políticas se responde a: ¿cuál es el resultado más probable que surja?

Existe otro enfoque para la solución de conflictos, el cual denominaremos proceso retrospectivo; en el que dado un futuro ¿qué acciones habrá que llevar a cabo para su consecución? En este enfoque uno es quien establece los problemas y oportunidades que afectan la consecución de los resultados e identifican las políticas que resultan ser más influyentes para producir el futuro deseado.

El presente capítulo analizará la problemática de conflictos con un enfoque prospectivo y retrospectivo, así mismo se ejemplifica una aplicación.

5.1 El Enfoque Prospectivo y Retrospectivo

En la estructuración de un problema tipo conflictivo se deben colocar las partes en conflicto en el nivel superior, debido a su poder de influencia en los resultados finales. Cada una de las partes posee cierto número de objetivos, algunos más importantes que otros; estos objetivos son los que forman el segundo nivel de la jerarquía. Los aspectos políticos que pueden dar solución al conflicto y que han sido considerados por las partes forman el tercer nivel. Estructurar los niveles de una jerarquía de esta forma resulta sencillo, pues es la forma que suelen pensar las personas.

Las partes de la estructura podrían ser comparadas y priorizadas de acuerdo a su influencia estimada en los resultados finales, en la que podríamos preguntarnos ¿cuál de ellos posee mayor influencia sobre los resultados? Los objetivos de las partes son comparados de acuerdo a su importancia relativa con las partes y el vigor con que se espera sean perseguidos. Una forma típica de preguntarnos es: ¿cuál de dos objetivos es más probable apoyar y qué tanto?

Para aplicar un proceso retrospectivo primeramente debemos identificar los resultados, para ello podrían emplearse los valores de los resultados obtenidos en la primera etapa del proceso prospectivo. Se puede determinar que tan importante es cada parte si dividimos el valor final obtenido entre el poder que las partes obtienen. En esencia, el proceso retrospectivo pone una cota al poder de los actores y a su habilidad para cambiar los resultados, de tal forma que cuando se tengan objetivos sólidos estos no se vean afectados por las tendencias o gustos de los actores.

Un segundo proceso prospectivo se efectúa sobre los objetivos de mayor prioridad resultante del primer proceso retrospectivo. El proceso retrospectivo se repite para cada nivel de la jerarquía, por lo que en esta etapa se deben incluir las nuevas políticas que tienen acción sobre los actores para su priorización, las políticas de mayor prioridad o sus objetivos correspondientes se toman para la segunda etapa del proceso prospectivo.

El proceso prospectivo puede ser realizado por tercera ocasión, para así determinar sus resultados finales. Los resultados pueden considerarse como estables si es que estos permanecen sin modificación de una iteración a otra.

Una segunda iteración del proceso retrospectivo se efectúa para determinar una vez más como las partes interesadas ven a los resultados. Como es de esperarse, cada parte podría aún tener diferentes preferencias sobre los escenarios y, con el fin de mantener el orden de sus preferencias, una segunda iteración del proceso retrospectivo puede ser llevado a cabo, con el propósito de determinar si la solución resultante puede solventar las diferencias.

5.2 Ejemplo de Solución de Conflictos

El Conflicto de Irlanda del Norte

El problema de Irlanda del Norte a semejanza de otros, involucra diversas partes, que persiguen diferentes propósitos. Algunas de las partes, por no decir todos, están en pro

de compromisos que generen resultados favorables para todos. El resultado puede surgir después que las partes han vivido el conflicto y quizá haber sufrido, para poder aceptar la resolución en beneficio de todos.

La población de Irlanda del Norte está dividida en dos grupos: Los protestantes, que en su mayoría descienden de escoceses e Irlandeses que se establecieron en el siglo XVII, quienes desean mantener la misma relación con Inglaterra; y los católicos, que son la minoría y desean unir a Irlanda del Norte con la República de Irlanda, cuya población es casi en su totalidad católica romana.

Cuando los Irlandeses lograron independizarse de Gran Bretaña en 1921, las cosas no resultaron del todo como ellos hubieran deseado. Al revisar el Acta Parlamentaria de Irlanda, que data de 1920, se observa la independencia política de Irlanda del Norte. Con ello el nuevo estado puede establecer su propio parlamento, no obstante que ciertas funciones, como impuestos y política exterior, quedarían reservadas al Parlamento Británico, pero los gobernantes posteriores de la parte libre de Irlanda, a la que posteriormente se llamó República de Irlanda, se negaron a reconocer tal circunstancia, reclamando la parte no anexada. Desde el inicio la mayoría de los católicos estuvieron en desacuerdo a reconocer la existencia del estado de Irlanda del Norte, a lo que consideraban como una deslealtad. Con el transcurrir del tiempo quedó claro que el nuevo estado no era simplemente un estado pasajero, por lo que un número creciente de católicos sintieron la necesidad de participar en las decisiones políticas, pero se encontraron que eran considerados desleales. El IRA, un grupo militar clandestino (terroristas), apoyado ampliamente por la República de Irlanda, cree que la violencia es el único medio para unir a los dos estados, por lo que adoptó una campaña de arrojarse bombas y efectuar asesinatos en contra de Irlanda del Norte.

Los conflictos en Irlanda del Norte siguieron en aumento, hasta que en 1972 el gobierno británico suspendió al gobierno y parlamento Irlandés de Irlanda del Norte, para así dictar ordenes directas desde Inglaterra a través de un secretario de estado. En 1973 una nueva constitución fue emitida desde Inglaterra a Irlanda del Norte, en la que se establecía un gobierno tripartito (con participación de Inglaterra, Irlanda del Norte y República de Irlanda), con el propósito de formar un consejo para dirigir a Irlanda del Norte; donde para su adecuado funcionamiento debería considerarse los intereses de ambas partes en conflicto. El acuerdo logrado se hizo acompañar de una declaración dirigida a ambos estados (Irlanda del Norte y República de Irlanda), en la que se establecía que no habría más cambios en la posición constitucional de Irlanda del Norte a menos que una mayoría de la población irlandesa del norte así lo quisiera.

Este acuerdo provocó agudos resentimientos en la comunidad protestante, y como respuesta fue el repudio al líder dirigente de su partido (febrero de 1974), seguido posteriormente de una huelga general. Apoyados por la mayoría de los protestantes, la huelga se convirtió en una suspensión total de actividades, por casi un mes, lo que condujo a un detrimento del poder ejecutivo. Desde entonces las órdenes directas para Irlanda del Norte provienen del Ministerio Oriental. Una Convención Constitucional en Irlanda del Norte recomendó el reestablecimiento del parlamento de gobierno y el establecimiento de una legislatura a semejanza de lo que se tiene en E.U., pero dicha propuesta fue rechazada por el gobierno británico, por lo que las órdenes directas siguen recibíendose desde Londres.

Elaboración de la Jerarquía

Analizando este problema en forma de estructura jerárquica, dispondremos en un nivel, después del foco, a las partes en conflicto; en el tercer nivel los objetivos y el cuarto nivel corresponderán a cuestiones políticas. Las partes en conflicto identificados son: el gobierno británico (Inglaterra), la comunidad protestante (los Leales), la comunidad católica (los moderados), el ejército rebelde irlandés (IRA) y el gobierno de la República de Irlanda (Dublin). Los objetivos de las partes pueden ser identificados como:

- Los británicos desean mantener influencia en sus antiguas posesiones territoriales de islas, procurando conservar buenas relaciones con el gobierno de Irlanda del Norte y la República de Irlanda, o con el gobierno que pueda surgir si se unen dichos estados, y asegurar la participación en el poder tanto a los protestantes como católicos.
- Los "Leales" a Inglaterra (protestantes) están preocupados de lo que podría suceder si se uniesen Irlanda del Norte con la República de Irlanda, por lo que la mayoría desean que Irlanda del Norte se mantenga separada de la República de Irlanda y de Inglaterra; no obstante, algunos desean que se sigan manteniendo la relación de control con Inglaterra. Por otra parte existe la necesidad de que haya un espíritu de nacionalismo, así como de un interés por el buen funcionamiento de la economía del estado.

- Los católicos (Moderados) quisieran una participación en el poder gubernamental y en asuntos económicos, para así evitar que se presente nuevamente lo ocurrido en 1974. La mayoría desea que la estructura política refleje una imagen irlandesa, aunque los dos estados no se unan políticamente. Lo anterior podría estar constituido por un gran consejo de irlandeses. Ellos están de acuerdo con los "Leales" (protestantes) en cuanto al deseo de buen funcionamiento de la economía y lo toman en cuenta para sus propuestas de reestructuración política.
- Los objetivos del IRA son el crear una nación unificada de Irlanda, así como de mantener alejada a Inglaterra de Irlanda del Norte.
- En Dublín existe una preocupación sobre las consecuencias que podría acarrear los sucesos que se presenten en Irlanda del Norte, pues podría afectar la estabilidad de la República, dado que la estabilidad es un objetivo importante. Se tiene también el objetivo de unir los dos estados, el deseo de reelección y el mercado británico es muy importante para Dublín, por lo que debe evitarse la pérdida de dicho mercado.

Las Estructuras Políticas Principales son:

- Unificación irlandesa.
- Un parlamento integrado en su totalidad por británicos e irlandeses del norte.
- Una descolonización inglesa con un fuerte asesoramiento de la República de Irlanda.
- Una descolonización inglesa sin un fuerte asesoramiento de la República de Irlanda.
- Una soberanía plena, sin un fuerte asesoramiento de la República de Irlanda.
- Una soberanía plena, con un fuerte asesoramiento de la República de Irlanda.

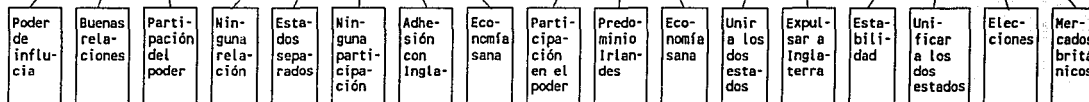
Véase la figura 5-1, donde se muestra la estructura jerárquica.

Mejor decisión política

Partes en conflicto



Objetivos



Aspectos políticos

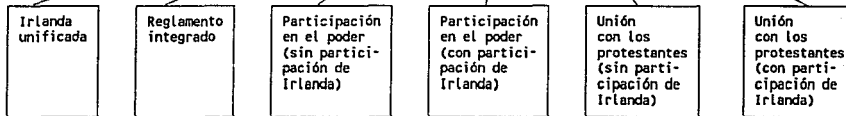


Figura 5-1. Estructura jerárquica del conflicto de Irlanda del Norte.

Asignación de Prioridades y Su Sintetización

La primera etapa del análisis comprende comparar las partes en conflicto (tabla 5-1). Este mismo proceso se aplicará para determinar la fuerza de los objetivos asociados a las partes (tabla 5-2). Las prioridades resultantes de esta etapa se multiplican por la ponderación de las partes respectivas, para así producir ponderaciones ajustadas de poder (tabla 5-2). Posteriormente se evalúan los aspectos políticos de acuerdo a como se satisface cada objetivo. Una de las 17 matrices requeridas se muestran en la tabla 5-3.

Finalmente, se suma la ponderación corregida, obtenida de las estructuras políticas con los objetivos, para obtener el vector de prioridades globales de los aspectos políticos. El vector de prioridades es como sigue:

Una Irlanda Unificada	0.147
Un parlamento integrado	0.156
Unión de estados con libertad de ejercicio de poder	0.135
Unión de estados con asesoramiento de Irlanda	0.158
Independencia sin asesoramiento de Irlanda	0.236
Independencia con asesoramiento de Irlanda	0.170

De esto se observa que "independencia" es lo que demandan las partes. De hecho los dos tipos de independencia suman más de la mitad del total de prioridad. Independencia sin asesoramiento de Irlanda equivale a casi la cuarta parte de los objetivos en conflicto, por lo que los resultados más probables son aquellos de carácter de independencia legislativa.

Tabla 5-1. Matriz de comparación a pares de las fuerzas que afectan los resultados.

Partes	Inglaterra	Leales	Moderados	IRA	Dublín	Pesos
Inglaterra	1	2	6	4	9	0.45216
Leales	0.50	1	5	3	9	0.30792
Moderados	0.167	0.20	1	0.33	3	0.06768
IRA	0.25	0.33	3	1	5	0.13990
Dublín	0.11	0.11	0.33	0.20	1	0.03234

Tabla 5-2. Fuerzas ajustadas de los objetivos

Objetivos	Ponderación vectorial	Ponderación ajustada según poder
Inglaterra (poder 0.452)		
Estar en la esfera del poder	0.705	0.3187
Buenas relaciones	0.211	0.0956
Compartir el poder	0.086	0.0380
Total	1.000	0.452
Leales (poder 0.308)		
No anexarse a la República	0.645	0.1987
Estados separados	0.058	0.0179
No nacionalismo irlandés	0.183	0.0564
Conección con Inglaterra	0.059	0.0182
Economía de bienestar	0.054	0.0166
Total	0.999	0.308
Moderados (poder 0.068)		
Participación en el poder	0.691	0.0470
Espíritu irlandés	0.160	0.0109
Economía de bienestar	0.149	0.0101
Total	1.000	0.068
IRA (poder 0.1399)		
Unificar a los dos estados	0.12	0.0168
Mantener alejada a Inglaterra	0.88	0.1231
Total	1.000	0.1399
Dublin (poder 0.1399)		
Estabilidad	0.428	0.0137
Unificar a los dos estados	0.064	0.0020
Reelección	0.290	0.0093
Mercados británicos	0.218	0.0070
Total	1.000	0.032

Nota: En ocasiones se hace necesario ajustar pequeños decimales, debido a los cálculos en las ponderaciones.

Tabla 5-3. Leales: No anexarse a la República de Irlanda

Estructura política	Irlanda unificada	Parlamento integrado	Unión sin asesoramiento de Irlanda	Unión con asesoramiento de Irlanda	Independencia sin asesoramiento de Irlanda	Independencia con asesoramiento de Irlanda
Irlanda unificada	1	0.14	0.17	1	0.11	0.20
Parlamento Integrado	7	1	3	9	0.20	6
Unión sin Asesoramiento de Irlanda	6	0.33	1	7	0.14	3
Unión con asesoramiento de Irlanda	1	0.11	0.14	1	0.11	0.20
Independencia sin asesoramiento de Irlanda	9	5	7	9	1	9
Independencia con asesoramiento de Irlanda	5	0.17	0.33	5	0.11	1

Iteración en el Proceso

De tal solución al problema de Irlanda del Norte, se observa que el factor independencia legislativa podría satisfacer a todas las partes interesadas. Un análisis de la primera etapa del proceso de análisis jerárquico aplicado a este problema nos muestra que todas las partes (con excepción de los protestantes) desearían ver debilitados el poder de los "Leales" de algún modo, debido a que son los que se oponen a los intereses de las demás partes; no obstante que, los "Leales" son la mayoría; en Irlanda del Norte existen sanciones que pueden aplicarseles.

Los efectos de tal acción de debilitamiento se evalúan mediante una repetición del proceso. Para ello se hace que el poder de los "Leales" sea de cero, por lo que como es de suponerse, habrá de introducirse nuevos niveles entre los Leales y el nivel inmediato superior. Se encuentra con que el poder de los "Leales" se reduce en un 44% del que poseían en la iteración anterior (primera etapa), dando lugar a ciertos resultados. Esto constituye una medición de la fuerza que tienen el sentir de los "Leales" con respecto a su autodeterminación y disposiciones mayoritarias. Esto también explica porque las políticas de los nuevos actores han orientado a la reducción del poder de los "Leales".

Los aspectos que se tomaron para el análisis son los siguientes. Se supuso que los "Leales" no permitirían, así sin más, que se les debilitara, por lo que se esperaba una reacción. Ya que uno de los principales objetivos de los "Leales" es la de mantener tranquilos a los "Moderados" sobre su participación a una solución de mútuo acuerdo; en consecuencia las siguientes objetivos se suman a la lista original.

- Inglaterra: Debilitar a los Leales.
- Leales: Mantener su fuerza y tener tranquilos a los Moderados.
- IRA: Debilitar a los Leales.
- Dublin: Debilitar a los Leales.

El proceso prospectivo de la primera etapa se vuelve aplicar nuevamente, con la sorpresa de que los resultados son los mismos. Después del segundo proceso retrospectivo un conjunto de objetivos más sofisticados se asignan, como base para un tercer proceso prospectivo, donde los resultados que se obtienen son los mismos, y que son estimados con el propósito de estabilidad.

Composición de los Resultados

Los resultados del proceso jerárquico es un conjunto de ponderaciones que integran el resultado final de análisis. Se ha hecho, en algunas ocasiones, la observación de la forma en que pueden ser interpretados los valores de los resultados. No obstante que se tienen diversos resultados, que como es obvio no pueden existir mutuamente, es muy probable que algunos sean la solución final, lo cual está en función de su estabilidad; para probarlo incorpore características de otros resultados cuyas ponderaciones no hay que mencionar. Para finalizar este proceso (véase tabla 5-4) debemos establecer un conjunto de características que contemplen las variaciones de aspectos políticos, económico, social y factores legales (control sobre política externa, financiamiento industrial, entre otros). Cada uno de los escenarios básicos pueden ser descritos en términos de los cambios que experimente cada variable respecto a la conveniencia de permanecer igual. Una escala de -8 a 8 es la que se emplea.

Se obtiene un escenario compuesto si aplicamos las ponderaciones finales a los escenarios básicos (resultados) y sumando, para así obtener la ponderación compuesta asociada a cada característica. Lo anterior nos da una medida de la clase de situaciones que podría resultar; por ejemplo, el control sobre política externa se muestra que se incrementará considerablemente, pero no tanto como una independencia legislativa. Esta composición de escenarios podría verse como una comparación de fuerzas, y que podría ser considerado como una muestra de lo que podría suceder.

Tabla 5-4. Proceso Prospectivo-Retroactivo para el conflicto de Irlanda del Norte.

Variable	Irlanda unificada	Parlamento integrado	Unión sin asesoramiento de Irlanda del Norte	Unión con asesoramiento de Irlanda	Independencia sin asesoramiento de Irlanda	Independencia con asesoramiento de Irlanda	Escenario compuesto		
							1	2	3°
Políticos									
1. Protección a la comunidad protestante	-6	4	5	-1	8	4	2.843	2.458	2.384
2. Protección a la comunidad protestante	2	1	2	2	4	5	2.830	2.790	2.848
3. Violencia de protestantes extremistas (positivo si se incrementa)	8	-6	-7	4	-8	-6	-2.981	-2.484	-2.401
4. Violencia de católicos extremistas	-8	8	-2	-4	-7	-8	-3.842	-4.139	-4.317
5. Intervención de Inglaterra (positivo si se incrementa)	-7	3	-1	-1	-8	-8	-4.102	-4.141	-4.378
6. Intervención de República de Irlanda	8	-6	0	8	-8	2	-0.044	0.428	0.568
7. Control sobre Política exterior	0	0	0	0	8	8	3.248	3.088	3.244
8. Mayor poder interno (positivo si se incrementa)	-7	6	7	2	8	8	4.416	4.004	3.921
Económico									
1. Financiamiento industrial	0	2	2	0	4	4	2.206	2.150	2.110
2. Desempleo (dispositivo si se incrementa)	2	-2	-2	1	-2	-2	-0.942	-0.808	-0.785
3. Disposición de empleo en áreas protestantes	-5	2	3	-3	2	2	0.320	0.086	0.048
4. Disposición de empleo en áreas católicas	4	2	2	2	2	2	2.298	2.334	2.378
5. Nivel de inversión extranjera	-1	2	2	0	3	2	1.483	1.359	1.347
6. Nivel de estandar de vida	-2	1	1	-1	1	1	0.245	0.149	0.133
7. Balanza de pagos	-2	-1	1	-1	2	1	0.169	0.080	0.102

Social

1. Disposición de centros educativos para hijos de protestantes	-4	0	0	-1	0	0	-0.746	-0.850	-0.875
2. Disposición de centros educativos para hijos de católicos	2	0	0	0	0	0	0.294	0.340	0.356
3. Disposición de educación para todos	-5	0	0	0	1	1	-0.329	-0.464	-0.487
4. Desarrollo habitacional en áreas protestantes	-3	0	1	0	1	1	0.160	0.004	0.004
5. Desarrollo habitacional en áreas católicas	3	0	1	1	1	1	1.140	1.194	1.223
6. Integración de comunidades (positiva si ésta es Positiva)	-4	2	2	-2	3	3	0.896	0.684	0.669

Legales

1. Poder político de la iglesia protestante en los procesos legales	-8	0	0	0	0	0	-1.176	-1.360	-1.424
2. Poder político de la iglesia católica en los procesos legales	8	0	0	0	0	0	1.176	1.360	1.424
3. Prohibición de discriminación hecha por protestantes	-7	0	0	0	0	0	-1.029	-1.190	-1.246
4. Prohibición de discriminación hecha por católicos	3	0	0	0	0	0	0.441	0.510	0.534

° 1 = primer proceso prospectivo, 2 = segundo proceso prospectivo y 3 = tercer proceso prospectivo.

La mayoría de nosotros posee en mayor o menor grado dificultad para abordar problemas tienen relación con aspectos sociales, políticos (en general, con aquellos de naturaleza no estructurada), debido a que no pueden ser comprendidos mediante una explicación deductiva, lineal y de causa-efecto. Sucede que el método científico, que se apoya de la deducción, irremediablemente nos conduce a tratar de resolver tales problemas mediante un debate lógico. Como resultado de nuestra educación científica y porque la ciencia generalmente trata con aspectos que podemos percibir a través de nuestros sentidos, solemos pensar que existe precisión en lo que hacemos.

Existe más dificultad cuando hay que tratar con ideas que con la percepción de nuestros sentidos, que es cuando se pierde precisión. La razón es que solemos emplear palabras cuyo significado son imprecisos. Investigaciones recientes han demostrado que el lenguaje expresa principalmente sentir o afección y no precisamente pensamientos e ideas. Por ello es que no puede esperarse que seamos exactos al describir relaciones abstractas, si nuestro entendimiento está condicionado por nuestro estado mental, sentimientos e imaginación del momento; no obstante que, sin un lenguaje se hace imposible cualquier solución.

Buscando ser precisos, nuestro entendimiento se filtra por nuestros sentidos, y los juicios en la mayoría de los casos descansa en nuestras impresiones de la realidad. Con la experiencia, opiniones de otras personas y de la percepción misma, nuestro punto de vista de la realidad cambia y se hace exacta. Para una mejor comprensión del mundo debemos ser perseverantes con la forma de pensamiento, a través de un cuidadoso debate con otros individuos ante aspectos o problemáticas, según diferentes puntos de vista. Pues la complejidad de los sistemas sociales no puede darse el lujo de esperar un completo análisis situacional lógico, no obstante que la seguridad y sobrevivencia misma están dependiendo de esto.

El Proceso de Análisis Jerárquico ha ganado popularidad en las últimas décadas como método para el análisis y toma de decisiones en situaciones complejas y de carácter difícil. La literatura sobre este tema ha crecido sorprendentemente, tanto en

aplicaciones como en resultados teóricos. La razón de tales sucesos es que el PJA resulta ser una técnica sencilla y de gran aplicación, pues coincide con la forma en que usualmente pensamos.

Los requisitos para la aplicación del PAJ es un conocimiento profundo de la problemática a analizar y desarrollar las habilidades para estructurar el problema, para la ponderación a pares de factores (o actores) involucrados, así como su correspondiente síntesis. Las aplicaciones del PAJ a problemas de embergadura nacional como la liberación de rehenes en Irán y la problemática de la educación superior en Estados Unidos son ejemplos de la versatilidad del método y de su pronta aceptación a problemas reales.

Una variedad importante de ejemplos ha sido presentado con el propósito de desarrollar un "catálogo" de problemas resueltos. También se han discutido los aspectos matemáticos que subyacen en el PAJ. Los datos y comentarios que se generan, aunque poco conocidos, resultan básicos y sencillos de comprender a la luz de los problemas analizados. Se espera que este trabajo popularice el método descrito y se aplique a problemas actuales.

ANEXO

Algunos de los resultados matemáticos usados en el Proceso de Análisis Jerárquico se resumen en esta sección.

Sea A una matriz cuadrada de orden n . Un *vector característico* (o vector propio o autovector) de A es un vector no nulo w tal que $Aw = \lambda w$ para algún número λ , llamado *valor característico* (o valor propio o autovalor) de A correspondiente a w . Equivalente, w es un vector característico de A si es solución no nula de la ecuación $(A - \lambda I)w = 0$, para algún λ . La condición de no nulidad de w exige que la matriz $A - \lambda I$ sea singular, es decir que $\det(A - \lambda I) = 0$, que equivale a la *ecuación característica* de grado n

$$\lambda^n + a_1 \lambda^{n-1} + \dots + a_n = 0$$

Las raíces $\lambda_i, i = 1, 2, \dots, n$ de esta ecuación, cuya existencia está asegurada por el Teorema Fundamental del Algebra, son los valores característicos de A . Los vectores característicos se obtienen resolviendo el sistema de ecuaciones

$$Ax_i = \lambda_i x_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Definición: Se llama *valor característico principal* de A al valor característico de A de mayor módulo, y se denota λ_{\max} .

Definición: La matriz cuadrada A es *recíproca positiva* si $a_{ii} = 1$ para todo $i = 1, 2, \dots, n$ y $a_{ij} = 1/a_{ji}$ para todo $i \neq j = 1, 2, \dots, n$.

Definición: Una matriz cuadrada es *consistente* si para todo $i, j, k = 1, 2, \dots, n$

$$a_{ik} = a_{ij} a_{jk}$$

Definición: Una matriz cuadrada es *irreducible* (por permutaciones) si no puede ser descompuesta en la forma

$$\begin{bmatrix} A_1 & 0 \\ A_2 & A_3 \end{bmatrix}$$

donde A_1 y A_3 son matrices cuadradas.

Definición: Una matriz irreducible A es *primitiva* si y sólo si existe un entero $m \geq 1$ tal que $A^m > 0$. De otra manera se llama *no-primitiva*.

ALGUNOS RESULTADOS MATEMÁTICOS

Sea A matriz cuadrada de orden n , entonces

i) *traza de* $A = \sum_{i=1}^n a_{ii}$ Si $\lambda_i, i=1, 2, \dots, n$ son los valores característicos de A , entonces $\sum_{i=1}^n \lambda_i = \text{traza de } A$. En particular si para todo i , $a_{ii}=1$ entonces

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = n$$

ii) Si $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ son valores característicos de A , entonces $\lambda_1^k, \lambda_2^k, \dots, \lambda_n^k$ son valores característicos de A^k , para k número natural mayor que cero.

iii) Si A es una matriz recíproca positiva que tiene a n como valor característico, entonces el resto de los $n-1$ valores característicos son iguales a cero.

iv) Toda matriz recíproca positiva es irreducible y primitiva.

Existencia y unicidad del valor característico principal

La solución al problema de existencia y unicidad del valor característico para una matriz irreducible no negativa fue dada por Frobenius, G., generalizando un resultado de Perron, O. para el caso de una matriz positiva (ver Gantmacher, 1960).

Teorema 1: (Perron–Frobenius)

Sea $A \geq 0$ una matriz irreducible. Entonces

- i) A tiene un valor característico simple (sin multiplicidades) positivo real λ_{\max} , el cual no es excedido en módulo por cualquier otro valor característico de A (alguno puede ser complejo).
- ii) El vector característico de A correspondiente a λ_{\max} tiene componentes positivas, y es esencialmente único (salvo multiplicación por una constante).
- iii) El número λ_{\max} , llamado a veces *raíz de Perron de A* está dado por

$$\lambda_{\max} = \max_{x > 0} \min_{1 \leq i \leq n} \frac{(Ax)_i}{x_i} = \min_{x > 0} \max_{1 \leq i \leq n} \frac{(Ax)_i}{x_i}, \quad x > 0 \text{ arbitrario}$$

Teorema 2: Para una matriz primitiva A se tiene que

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{A^k e}{\|A^k\|} = c w$$

donde $\|A\| = e^t A e$; e es el vector columna de componentes iguales a uno; c es una constante y w el vector propio correspondiente a λ_{\max} .

Consistencia

La consistencia involucra dos aspectos. El primero se refiere a la agrupación de ideas u objetos, de acuerdo a su homogeneidad y relevancia. El segundo es la forma lógica de justificar la intensidad de relación entre objetos o ideas basadas en un criterio particular.

Se dice que A es una *matriz consistente* si para todo $i, j, k, = 1, \dots, n$, se satisface que

$$a_{ij} a_{jk} = a_{ik}$$

en cuyo caso es suficiente conocer una de sus filas para determinar las entradas restantes.

Puesto que $\lambda_{\max} \geq n$ (Teorema 3 de este apéndice), la desviación de la consistencia se puede representar por $(\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$, llamado el *índice de consistencia (IC)*. Similarmente, Saaty define el *índice aleatorio promedio (IAP)* de matrices recíprocas generadas aleatoriamente con escala de 1 a 9.

El Laboratorio Nacional de Oak Ridge generó índices promedios *IAP* para matrices de orden 1 al 15 usando una muestra de tamaño 100 y como se esperaba, *IAP* aumentó conforme aumentó el orden de la matriz. Esta experiencia se repitió en el Colegio Wharton con una muestra de tamaño 500 para matrices de orden 1 al 11. La siguiente tabla presenta los resultados del Colegio para las matrices de orden 1 al 11 y los del Laboratorio Nacional para las de orden 12 al 15.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IAP	0	0	.58	.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

La razón del índice de consistencia (*IC*) y el promedio (*IAP*) correspondiente según el orden de la matriz, es llamada la *razón de consistencia (RC)*, $RC = IC/IAP$. Una razón de consistencia de .10 ó menos es considerada aceptable, en caso contrario, se hace necesaria una revisión del problema y de las opiniones.

El índice de consistencia y el error cuadrático medio de las opiniones

El índice de consistencia está relacionado con el error cuadrático medio en el que se incurre al conformar la matriz de comparaciones por pares. En efecto, en el proceso de comparación

y evaluación por pares de los n elementos de un nivel —es decir, en la formación de la matriz $A = (a_{ij})_{i,j=1,2,\dots,n}$ — el que opina puede introducir una serie de errores, producto de la falta de información adecuada, interpretaciones particulares de la información disponible, etc.

Sean $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ los valores propios de A . Suponga que $\lambda_1 = \lambda_{\max}$ y que w es su correspondiente vector característico. En las opiniones, todas las perturbaciones de interés pueden reducirse a la forma general

$$a_{ij} = \left(\frac{w_i}{w_j}\right) \varepsilon_{ij}, \quad \text{con} \quad \varepsilon_{ij} > 0$$

pues, por ejemplo,
$$\frac{w_i}{w_j} + \alpha_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \left(1 + \left(\frac{w_j}{w_i}\right) \alpha_{ij}\right)$$

Sea $\mu = \frac{-1}{n-1} \sum_{i=2}^n \lambda_i$. Puesto que $\lambda_{\max} - 1 = \sum_{j \neq i} a_{ij} \frac{w_j}{w_i}$, $\forall i=1, \dots, n$

se tiene que
$$n\lambda_{\max} - n = \sum_{1 \leq i < j \leq n} \left[a_{ij} \frac{w_j}{w_i} + a_{ji} \frac{w_i}{w_j} \right]$$

O sea
$$\lambda_{\max} = 1 + \frac{1}{n} \sum_{1 \leq i < j \leq n} \left[a_{ij} \frac{w_j}{w_i} + a_{ji} \frac{w_i}{w_j} \right]$$

De donde
$$\mu = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} = -1 + \frac{1}{n(n-1)} \sum_{1 \leq i < j \leq n} \left[a_{ij} \frac{w_j}{w_i} + a_{ji} \frac{w_i}{w_j} \right]$$

Sustituyendo a_{ij} por $\left(\frac{w_i}{w_j}\right) \varepsilon_{ij}$ se obtiene

$$\mu = -1 + \frac{1}{n(n-1)} \sum_{1 \leq i < j \leq n} \left[\varepsilon_{ij} + \frac{1}{\varepsilon_{ij}} \right]$$

Se tiene que si $\varepsilon_{ij} \rightarrow 1$, es decir, si se tiende a la consistencia, entonces $\mu \rightarrow 0$. Además, si se escribe $\varepsilon_{ij} = 1 + \sigma_{ij}$ con $\sigma_{ij} > -1$, la ecuación anterior se expresará

$$\mu = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{1 \leq i < j \leq n} \left[\delta_{ij}^2 - \frac{\delta_{ij}^3}{1 + \delta_{ij}} \right]$$

Se asume que $|\sigma_{ij}| < 1$, supuesto natural puesto que se analiza la estimación del error respecto al cero y σ_{ij} está acotado inferiormente por -1 . En consecuencia, $\sigma_{ij}^3 / (1 + \sigma_{ij})$ es muy pequeño comparado con σ_{ij}^2 por lo tanto, 2μ representa la varianza de los σ_{ij} .

Teorema 3: $\lambda_{\max} \geq n$.

Prueba:

$$\mu = \frac{1}{n(n-1)} = \sum_{1 \leq i < j \leq n} \left[\delta_{ij}^2 - \frac{\delta_{ij}^3}{1 + \delta_{ij}} \right]$$

De donde

$$\mu = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{1 \leq i < j \leq n} \left[\frac{\delta_{ij}^2}{1 + \delta_{ij}} \right] \geq 0$$

puesto que $\sigma_{ij} > -1$.

La escala (Saaty 1977 y 1980)

Las opiniones emitidas por cualquier persona se toman cualitativamente y se traducen a valores numéricos absolutos de acuerdo a una escala. No se puede esperar consistencia "cardinal" pues los sentimientos y preferencias no se producen conforme a una fórmula, ni se puede esperar consistencia "ordinal" pues las opiniones personales no necesariamente son transitivas. Sin embargo, para beneficio de la consistencia en las opiniones, si se asigna el valor a_{ij} al comparar la actividad i con la j , se asigna el valor recíproco $a_{ji} = 1/a_{ij}$ al comparar la j con la i .

Justificación de la escala de 1 a 9.

Los nombres de Ernest Heinrich Weber (1795–1878) y Gustav Theodor Fechner (1801–87) están ligados a experiencias sobre estímulos y respuestas. La justificación de la escala que utiliza el PAJ está en la ley psicofísica de Weber–Fechner formulada en 1846, la cual lleva a la conclusión de que, para una secuencia de estímulos crecientes (como la secuencia de comparaciones por pares), las respuestas son de 1, 2, 3,...

Por un lado, se requiere que el decisor maneje todos los valores de la escala al mismo tiempo, pero experimentos psicológicos (Miller, 1956) han mostrado que simultáneamente, un individuo no puede comparar más de 7 ± 2 objetos sin llegar a confundirse. Esto induce a que la escala no tenga más de 9 valores. Por otro lado, la habilidad para hacer distinciones cualitativas está bien representada por cinco atributos: igual, débil, fuerte, muy fuerte y absoluto y, para mayor precisión se puede hacer uso de los cuatro atributos intermedios, lo cual hace que se requieran 9 valores. Este resultado, y el obtenido al aplicar la ley de Weber–Fechner, justifican que la escala de valores propuesta por Saaty (tabla 1) sea de 1 a 9.

¿Por qué un vector característico?

Considere el problema de asignar a n actividades denotadas C_1, C_2, \dots, C_n , un conjunto de valores numéricos w_1, w_2, \dots, w_n , de manera que refleje la importancia relativa de las mismas. Sin pérdida de generalidad podemos suponer que cada peso es positivo y que su suma es igual a uno, lo que permite darle a cada w_i la interpretación de "porcentaje de importancia".

Con el propósito de motivar el cálculo de los pesos relativos por medio de una matriz de comparaciones por pares de actividades, considere la siguiente discusión: Suponga que los valores w_1, w_2, \dots, w_n son conocidos (por algún medio) y que formamos la matriz recíproca $A = [a_{ij}]$, donde $a_{ij} = w_i / w_j$ para toda $i, j = 1, 2, \dots, n$. Se puede observar que esta matriz es consistente pues

$$a_{ij}a_{jk} = a_{ik} \quad i, j, k = 1, 2, \dots, n$$

y además que $a_{ii} = 1$ para $i = 1, 2, \dots, n$

Asimismo, observe que $a_{ij} \frac{w_j}{w_i} = 1$ para todo i, j

de donde $\sum_{j=1}^n a_{ij} \frac{w_j}{w_i} = n, \quad i = 1, 2, \dots, n$

o bien $\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j = n w_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$

que matricialmente equivale a la ecuación $Aw = nw$, donde w es el vector $(w_1, w_2, \dots, w_n)^t$. En otras palabras, w es un *vector característico* de A y n su correspondiente *valor característico*. Debido a las propiedades de este tipo de matrices, se sabe que el resto de los valores característicos de A son iguales a cero.

Supongamos ahora que los valores $w_i, i = 1 \dots, n$ no son conocidos. Sea $A = (a_{ij})$ la matriz recíproca positiva de comparaciones por pares de actividades, donde a_{ij} representa la importancia relativa de C_i sobre C_j . En este caso, los elementos a_{ij} no están basados en una medición exacta y podrían desviarse de la razón social ideal w_i/w_j . Sin embargo, la alteración de a_{ij} (en relación al valor real w_i/w_j) en cantidades muy pequeñas, produce cambios también en cantidades muy pequeñas en los valores característicos (Wielandt, 1950). Es decir, pequeñas variaciones de a_{ij} mantienen al mayor valor característico λ_{\max} próximo a n y los restantes valores característicos cercanos a cero.

Este hecho, aunado a la condición del vector real w como vector característico de la matriz $(w_i/w_j)_{i,j}$, conduce a afirmar que si los elementos a_{ij} están próximos a w_i/w_j , es decir, λ_{\max} próximo a n , entonces el vector w solución de la ecuación

$$Aw = \lambda_{\max} w$$

es un buen estimador del vector de pesos w

Conviene señalar que aunque esta ecuación tiene infinitas soluciones, se puede asegurar unicidad, alterando, sin mayores consecuencias, cualquiera de las soluciones w , y haciendo

$\delta = \sum_{i=1, n} w_i$ y reemplazando w por $(1/\delta) w$. Esto asegura además que $\sum_{i=1}^n w_i = 1$. Para este nuevo vector w , la matriz \bar{A} , de entradas w_i/w_j , es consistente, y se llama *matriz consistente estimada de la matriz A*.

Cálculo del vector característico principal

El cálculo actual del vector característico principal está basado en el teorema 2, el cual afirma que el vector característico que corresponde a λ_{\max} es el límite del vector normalizado suma de las filas de las potencias sucesivas de la matriz primitiva A . Es por ello que, una forma computacional para obtener este vector es elevar la matriz a potencias, se calculan las sumas de las filas y se normaliza. El cálculo se detiene cuando la diferencia entre estas sumas en dos cálculos consecutivos sea más pequeña que un valor prefijado.


```

C      ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ±
C      ±
C      ± Programa en lenguaje fortran para calcular el vector de ±
C      ± prioridades globales de la matriz de ponderaciones, ±
C      ± que se obtiene al efectuar comparaciones a pares entre ±
C      ± los elementos de una estructura jerárquica, que se ±
C      ± desarrolla para la solución de un problema. ±
C      ±
C      ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ± ±
DIMENSION A(20,20),B(20),W(20)
INTEGER MAD
CHARACTER ENTRAD*13,SALIDA*13,TITULO*75
11 WRITE(*,290)
290 FORMAT (10//,20X,'Cálculo del vector de prioridades',
+          /,19X,'de la matriz de ponderaciones',
+          /,19X,'que se genera en un',
+          /,19X,'Proceso de Análisis Jerárquico',
+          //,19X,'(Analytical Hierarchical Process)',
+          11//,' Opción de lectura: 0 Pantalla; 3 Disco ?')
READ(*,1) K1
1 FORMAT(I1)
WRITE(*,*)' Opción de escritura: 0 Pantalla; 4 Disco ?'
READ(*,1) K2
IF (K1.NE.3) GO TO 3
WRITE(*,*)' Nombre del archivo de entrada ?'
READ(*,2) ENTRAD
2 FORMAT(1A13)
OPEN(3,FILE=ENTRAD,STATUS='OLD')
3 IF (K2.NE.4) GO TO 4
WRITE(*,*)' Nombre del archivo de salida ?'
READ(*,2) SALIDA
OPEN(4,FILE=SALIDA,STATUS='NEW')
4 CONTINUE
IF(K1.EQ.3) GO TO 5
WRITE(*,*)' Ingrese título o descripción (un renglón) ?'
5 READ(K1,6) TITULO
6 FORMAT(1A75)
IF (K1.EQ.3) GO TO 7
65 WRITE(*,*)' Dimensión de la matriz cuadrada (máximo: 20) ?'
7 READ(K1,*) MAD
IF (MAD .LT. 2 .OR. MAD .GT. 20) GO TO 65
IF (K1.EQ.3) GO TO 8
WRITE(*,*)' Ingrese los datos de la matriz por renglón'
WRITE(*,*)' Separados por comas '
8 DO 85 I = 1,MAD
READ(K1,*) (A(I,J),J=1,MAD)
85 CONTINUE
IF (K2 .NE. 4) GO TO 86
WRITE(*,9) TITULO

```

```

WRITE(*,92) MAD
86 WRITE(K2,9) TITULO
WRITE(K2,92) MAD
9 FORMAT(' ',1A75)
92 FORMAT(' ',I2)
DO 95 I = 1,MAD
    IF (K2 .NE. 4) GO TO 94
        WRITE(*,10)(A(I,J),J=1,MAD)
94 WRITE(K2,10) (A(I,J),J=1,MAD)
95 CONTINUE
10 FORMAT(1H ,20(F7.3,1H,,))
c Obtención del mayor VC por el método de KRILOV
c Creación de un vector columna unitario
DO 110 I = 1,MAD
    B(I) = 1
110 CONTINUE
c Multiplicación del vector unitario por la matriz dato
S = 0
115 DO 130 I = 1,MAD
    T = 0
    D = 0
    DO 120 J = 1,MAD
        T = T + A(I,J)*B(J)
120 CONTINUE
c W(I) guarda el vector resultado
W(I) = T
130 CONTINUE
c El vector resultado se asigna al vector B
DO 140 I = 1,MAD
    B(I) = W(I)
140 CONTINUE
c Obtención del elemento mayor del vector B
DO 150 I = 1,MAD
    IF (D .GE. B(I)) GO TO 150
    D = B(I)
150 CONTINUE
c Los elementos del vector resultado se dividen entre el mayor
DO 160 I = 1,MAD
    B(I) = B(I) / D
160 CONTINUE
c Cálculo del error, si no se cumple efectiva otra iteración
PROM = ABS((S - D) / D)
IF (PROM .LE. 0.0001) GO TO 170
S = D
GO TO 115
170 IF (K2 .NE. 4) GO TO 175
    WRITE(*,180) D
175 WRITE(K2,180) D
180 FORMAT(//,' El mayor valor característico es: ',F7.3)

```

```

c      La solución del sistema de ecuaciones lineales es obtenido de la
c      operación matricial  $Ax-Dx=0$  utilizando el método de GAUSS-JORDAN
c      se elimina la última ecuación por otrade coeficientes y término
c      independiente igual a uno, para obtener de esta forma una
c      solución del sistema homogéneo.
      M = MAD + 1
      N = MAD - 1
      DO 190 I = 1,M
        A(MAD,I) = 1
190    CONTINUE
      DO 200 I = 1,N
        A(I,M) = 0
200    CONTINUE
      DO 210 I = 1,N
        A(I,I) = A(I,I) - D
210    CONTINUE
c      Se selecciona el pivote
      DO 250 I = 1,MAD
        PIV = A(I,I)
c      Se dividen los elementos del renglón del PIV entre el propio PIV
      DO 220 J = 1,M
        A(I,J) = A(I,J) / PIV
220    CONTINUE
c      Se convierte a ceros todos los elementos de la columna
c      del elemento pivote; selección de un nuevo pivote.
      DO 240 K = 1,MAD
        IF (K .EQ. I) GO TO 240
        CERO = A(K,I)
        DO 230 J = 1,M
          A(K,J) = A(K,J) - CERO * A(I,J)
230    CONTINUE
240    CONTINUE
250    CONTINUE
      IF (K2 .NE. 4) GO TO 255
      WRITE(*,260)
255    WRITE(K2,260)
260    FORMAT(//,' Las prioridades son:',/,', ',20('-',),/)
      DO 280 I = 1,MAD
        IF (K2 .NE. 4) GO TO 265
        WRITE(*,270) I,A(I,M)
265    WRITE(K2,270) I,A(I,M)
270    FORMAT(4X,'X(',1I2,',') =',F6.3)
280    CONTINUE
      WRITE(*,300)
300    FORMAT(//,' Alguna otra matriz (1 = Si, 0 = No) ?')
      READ(*,*) L
      IF (L .EQ. 1) GO TO 11
      END

```

BIBLIOGRAFÍA

- Thomas L. Saaty; *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*; RWS Publications, Pittsburgh, PA, 1986; Original Version Published by Life time Learning Publications; Belmont, California, 1982.
- L.G. Vargas, and R.W. Whittaker; *European Journal of Operational Research*; Decision Making by the Analytic Hierarchy Process: Theory and Applications; Vol. 48, No. 1, September 5, 1990.
- Saaty, T.L.; *The Analytic Hierarchy Process*; McGraw-Hill, New York, 1988.
- Mintzberg, H.; *Structure in Five, Designing Effective Organizations*; Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1983.
- Saaty, T.L., and Alexander; *Thinking with Models*; Pergamon Press, Oxford, 1981.
- Scott, R.; *Organizations: Rational, Natural, and Open Systems*; Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ., 1981.
- Foreman, E., and Saaty, T.; *Expert Choice Software Package for IBM PC*; Expert choice, Inc., Pittsburgh, PA 1983-1990.
- Peter, M.E.; *Competitive Advantage*; Free Press, New York, 1985.
- Barker, D.; *Developing Business Expert Systems with Level 5*; Merrill Publishing, Columbus, OH., 1988.