

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**



TESIS DOCTORAL

**La toma de decisión en las organizaciones : aspectos  
metodológicos**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR

**Carlos Alfonso Delgado Manríquez**

DIRECTOR:

**Manuel López Cachero**

Madrid, 2015

R: 136  
V

T  
1546

Carlos Alfonso Delgado Manríquez

LA TOMA DE DECISION EN LAS ORGANIZACIONES: ASPECTOS METODOLOGICOS

Departamento de Estadística  
Facultad de Ciencias Económicas  
Universidad Complutense de Madrid  
1984



Colección Tesis Doctorales. Nº 57/84

NC. X-53-064598-9

NE. 5310278859

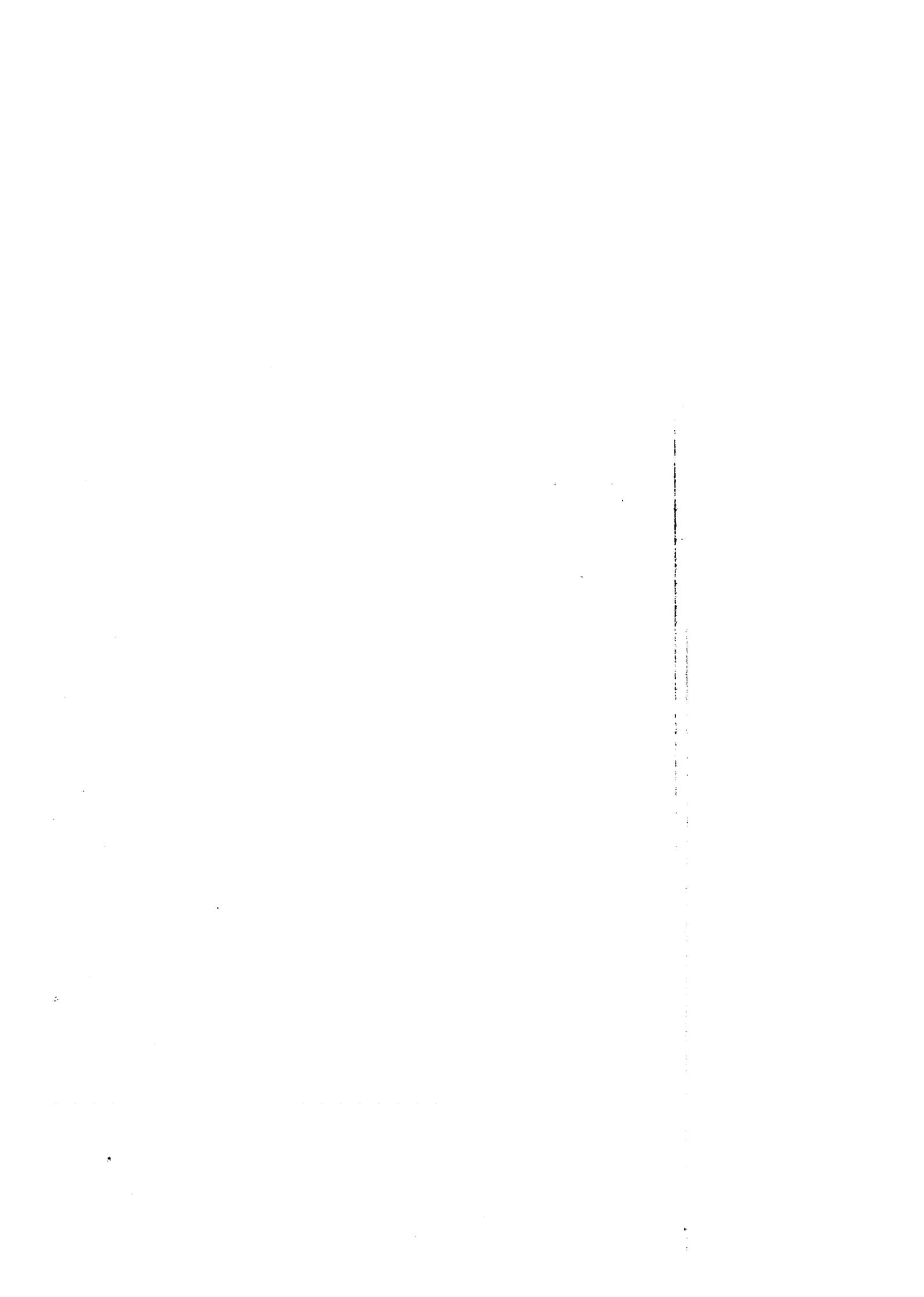
© Carlos Alfonso Delgado Manríquez  
Edita e imprime la Editorial de la Universidad  
Complutense de Madrid. Servicio de Reprografía  
Noviciado, 3 Madrid-8  
Madrid, 1984  
Xerox 9200 XB 480  
Depósito Legal: M-10311-1984

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y EMPRESARIALES  
MADRID. 1.982

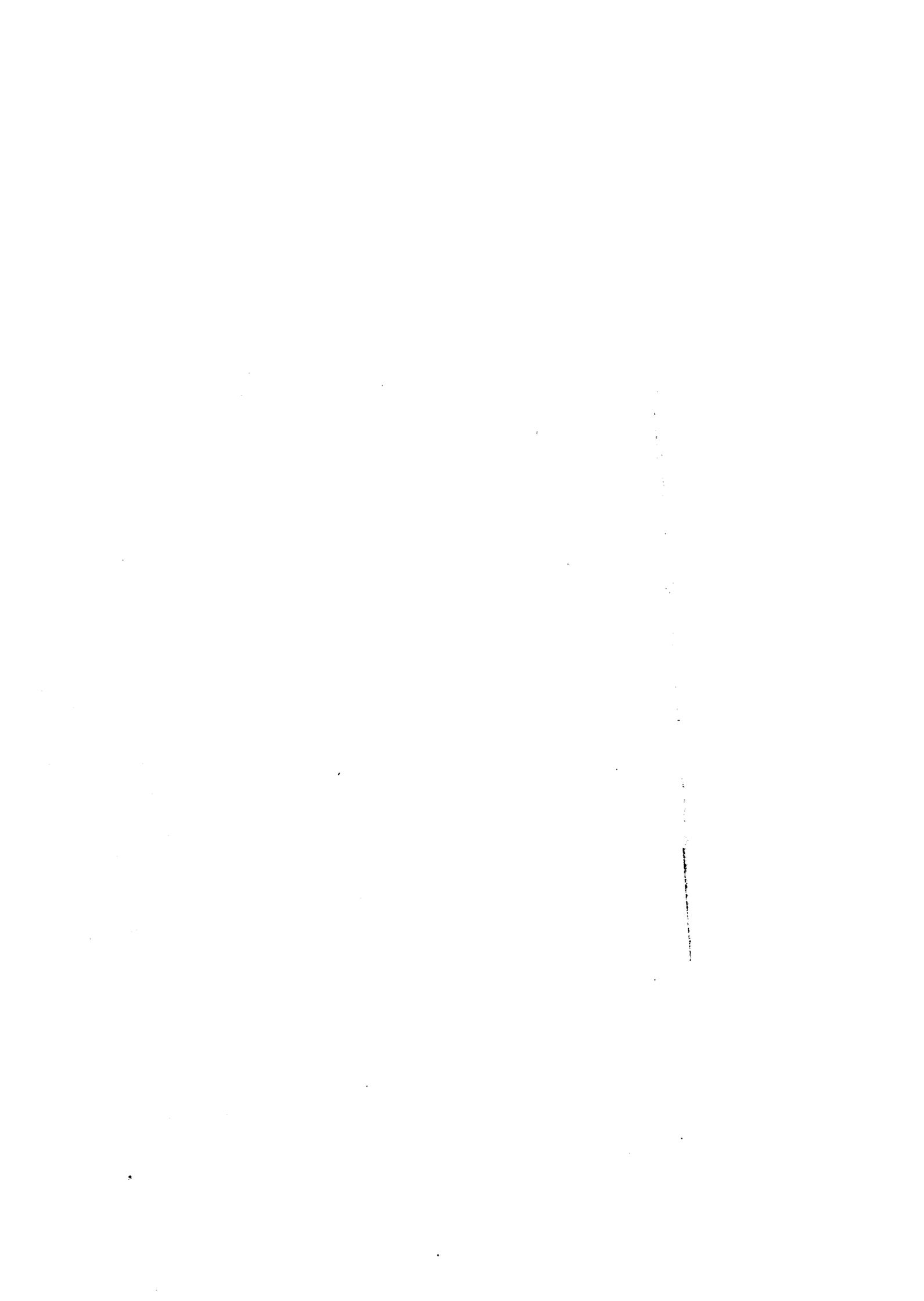
"LA TOMA DE DECISION EN LAS ORGANIZACIONES:  
ASPECTOS METODOLOGICOS"

TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR:  
Carlos A. DELGADO MANRIQUEZ

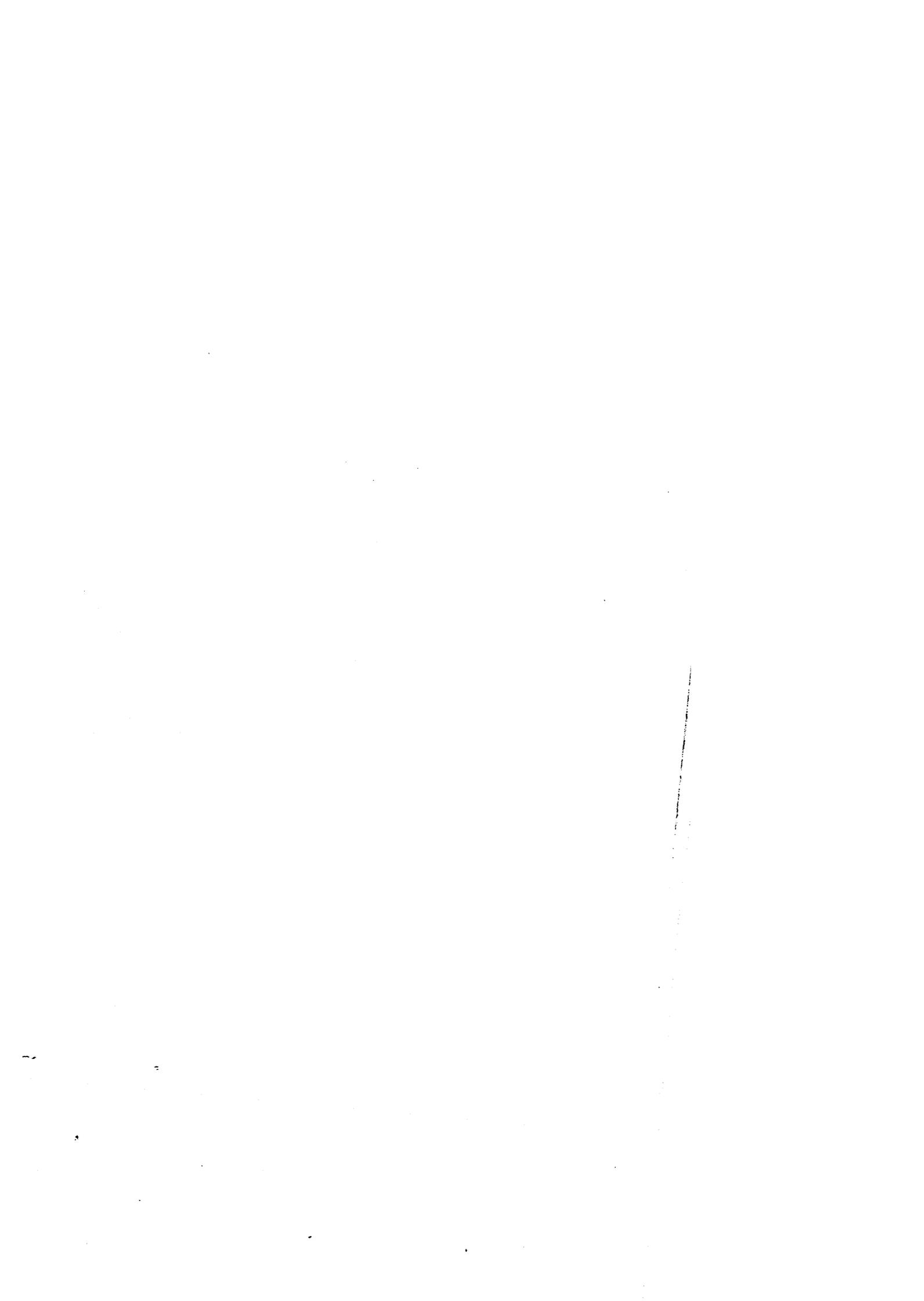
DIRIGIDA POR EL CATEDRATICO:  
Dr. D. Manuel LOPEZ CACHERO



I N D I C E



	<u>Págs</u>
INTRODUCCION	1
PRIMERA PARTE: El sistema organizativo.	
1. Una "nueva" metodología integradora transdisciplinar.	8
2. La noción de sistema.	12
3. La organización como sistema.	38
APENDICE I	64
SEGUNDA PARTE: El problema de la toma de decisión en las Organizaciones.	
1. La ciencia y la resolución de problemas.	75
2. Consideraciones sobre el término racionalidad en la toma de decisión.	91
3. La organización del sistema de decisión.	114
APENDICE II	169
4. Análisis de la decisión basada en valores esperados ex- tremos.	200
CONCLUSIONES	265
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA.	273



1

I N T R O D U C C I O N

El objetivo de esta tesis no es otro que el de abordar el estudio del problema de la toma de decisión en las organizaciones.

Ciertamente, puede sospecharse que la solución del problema no es fácil. El inventario de cuestiones a contemplar para intentar su solución es lo suficientemente amplio e intenso para que tenga que conformarse con describir las más importantes, a mi juicio, con objeto de establecer un patrón racional de actuación que guie el curso de acción a seguir. Es decir, se trata de ofrecer un posible enfoque sobre los criterios e instrumentos que pueden utilizarse para aproximarnos a la solución del mencionado problema decisional.

El objeto de estudio -la toma de decisión- se refiere a un tipo de instituciones deliberadamente organizadas, es decir, conjuntos sociales por medio de los cuales los individuos tratan de alcanzar sus fines, estructurando para ello sus actividades como funciones diferenciadas, bajo ciertas normas suficientemente explicitadas. De tal manera, dicho grupo organizado se diferencia de otros agrupamientos por su carácter formal y continuo, por la definición concreta de su campo de --

acción y de su medio ambiente interno. Dicho conjunto dispone de una "personalidad" tal que sus comportamientos observables exceden a la mera suma de las conductas individuales de sus -- componentes. Este comportamiento sénergico de la organización unido al hecho de ser capaces de generar nuevos comportamientos y objetivos, como consecuencia de su interacción con el me dio externo, me lleva a considerarlas como sistemas abiertos.

Las diversas teorías de la organización durante mucho tiempo se habían olvidado de la importancia de la decisión limitándose a considerarla en el estilo de la dirección.

Sin embargo la necesidad de tomar decisiones constituye un hecho básico en el proceso organizacional y es por lo que la problemática de la decisión salta a un primer plano del esfuerzo científico. La teoría de la decisión se caracteriza por dos facetas en particular: por un lado: la interpretación de aquella parte de la decisión calculable mediante procedimientos cuantitativos para encontrar soluciones, y por otro el conocimiento de la decisión como proceso intelectual, es decir, su propia organización.

La toma de decisión en el ámbito de una organización es un acto complejo, pues en general no se limita a una sola persona, sino que es el resultado de una acción combinada de personas, y/o grupos distintos cada uno de los cuales ha aportado su contribución a su formulación definitiva. Surge por consiguiente la necesidad de analizar como se organiza la toma de decisión en el sistema.

El análisis del problema que suscita la aproximación crítica al objetivo de este trabajo deviene, necesariamente, de contemplar a la organización como una entidad, la cual para la consecución de los objetivos que se propone utiliza, junto a otros recursos, técnicas cuya evolución sigue en el tiempo a la de su organización. El deseo de una mayor eficacia en el empleo de dichas técnicas provoca la necesaria elaboración de modelos que manifiestan de forma cada vez más real el grado de conocimiento del "contexto" en el que tiene que adoptarse la mejor alternativa que todo problema de decisión conlleva. En otras palabras: el "vacío ambiental" que describe el llamado ambiente de incertidumbre convierte a esta situación en poco realista teniendo en cuenta que en el mundo actual es factible, -- con relativos o pocas dificultades, conseguir algún tipo de información sobre cualquier problema organizacional sobre el que

haya de tomarse una decisión.

Uno de los determinantes de la variada - tipología de los problemas que se analizan en la teoría de la decisión hace referencia a la situación en la que el "decisor" (sea este una persona, grupo o entidad) se encuentra respecto de la información acerca de la presentación de los "estados de la naturaleza".

Así, certeza, riesgo e incertidumbre son tres términos que comportan la descripción de tres situaciones distintas caracterizadas por niveles de información en grado - diferente.

La caracterización de cada una de estas - tres situaciones es bien conocida. En cualquier caso, y para estas situaciones, se consideran asignadas medidas precisas a los distintos grados de probabilidad. Sin embargo este puede no ser el único camino. Cabe intentar el análisis de los procesos de forma de decisión bajo el supuesto de que la asignación de tales medidas precisas a los grados de probabilidad -- sea discutida y, por ello, solo sea posible, y como consecuencia de mero juicio de comparación, que la probabilidades a --

asignar a los estados de la naturaleza sean solo ordenables.

Esta nueva situación, así caracterizada, va a generar una metodología que se conocerá con el nombre -- "análisis de la decisión basado en valores esperados extremos" en tanto que el criterio de elección seguirá siendo, como en la situación de riesgo, el de valor esperado, asumiendo no -- obstante que la determinación precisa del valor esperado por alternativa no es posible, al no estar precisadas las probabilidades de los estados de la naturaleza, y sí, sin embargo, es posible la determinación de los valores esperados extremos, -- que es lo que en última instancia justifica el nombre dado a esta metodología.

Por último, pero no en último lugar, mi más cariñoso recuerdo a todas aquellas personas que, de diversas maneras, me ayudaron a lo largo de mi vida. Sin ellas esta introducción sería una página en blanco.

21

PRIMERA PARTE : El Sistema Organizativo.



## 1. UNA "NUEVA" METODOLOGIA INTEGRADORA TRANSDISCIPLINAR.

El concepto sistema ha llegado a desempeñar una función crítica en la ciencia contemporánea. Esta noción de sistema, con frecuencia vaga y ambigua, es, no obstante, empleada hoy en un número creciente de disciplinas, por su poder de unificación y de integración. Así se habla del sistema económico, del sistema político, del sistema educativo, de los sistemas filosóficos o de los sistemas organizados, entre otros, donde se puede hallar la palabra sistema. Esta preocupación de los científicos en general se ve reflejada en particular entre los dedicados a la ciencia de la organización para quienes el enfoque sistémico para afrontar los problemas es fundamental y para quienes las organizaciones, un tipo especial de sistemas, constituyen el principal tema de estudio.

Más allá del vocabulario, de las analogías y de las metáforas existe un enfoque común para mejor comprender y describir la complejidad organizada. Tal enfoque unificador ha nacido en el curso de las últimas décadas, del desarrollo de varias disciplinas, entre las cuales se cuentan la biología, la teoría de la información, la teoría de la comunicación, la cibernética, la teoría de juegos, la teoría de la decisión,

la teoría de la organización y la teoría de los sistemas.

No es una idea nueva: lo que es nuevo, es la integración de las disciplinas realizadas en su entorno. Este enfoque transdisciplinar se conoce como enfoque sistémico. No hay que considerarlo como una "ciencia", una "teoría" o una "disciplina", sino como una metodología que permite reunir y organizar los conocimientos con vistas a una mayor eficacia en la acción.

El enfoque sistémico considera los sistemas tomados en conjunto y no en sus partes individuales. Este enfoque se preocupa por la actuación del sistema en conjunto aún cuando se contemplen cambios en tan sólo una o en algunas de -- sus partes y esto es así porque existen ciertas propiedades de los sistemas que sólo pueden estudiarse de una manera adecuada desde un punto de vista individual. Estas propiedades se derivan de las relaciones entre las partes del sistema: cómo las partes se interaccionan unas con otras y cómo se acoplan.

En un sistema con una organización imperfecta, aún cuando todas sus partes funcionen lo mejor posible en relación con sus propios objetivos, el sistema total no habrá

de funcionar tan bien como debiera en relación con sus propios objetivos. El enfoque sistémico exige, por tanto, que el objeto se estudie como un sistema de conexiones cualitativamente determinado, interrelacionado en todos sus elementos.

Cada elemento del sistema se analiza como parte de un todo, frecuentemente como un subsistema cuyas funciones y comportamiento quedan determinados por las características generales de todo el sistema. Las características del sistema dependen de las peculiaridades de sus elementos, pero no son la mera unión de estas peculiaridades. El comportamiento del sistema depende de las relaciones entre las partes del mismo.

También es preciso situar el enfoque sistémico con respecto a otros enfoques con los que frecuentemente se confunde. Como dice ROSNAY el enfoque sistémico sobrepasa y engloba al enfoque cibernético cuyo fin principal es el estudio de las regulaciones en los organismos vivos y en las máquinas. Se distingue, así mismo, de la Teoría General de Sistemas cuyo fin consiste en describir y englobar en un formalismo matemático el conjunto de los sistemas encontrados en la Naturaleza. -- Igualmente se separa del análisis de sistemas. Este método es -

sólo una de las herramientas del enfoque sistémico. Considerado aisladamente, reduce un sistema a sus componentes e interacciones elementales. Por último, nada tiene que ver con la sistemática, que consiste en abordar un problema de manera secuencial.

## 2. LA NOCION DE SISTEMA.

La mayoría de los estudiosos del enfoque sistémico convienen en que el origen del mismo se halla en los estudios de L. von Bertalanffy (1.901-1.972) de los años treinta, y en publicaciones posteriores del mismo en los años que siguieron a la II Guerra Mundial, que señalaban la importancia de considerar el organismo como un todo o sistema (1).

Otros teóricos parecen disentir de esta opinión acerca del origen del enfoque sistémico. Por ejemplo, Rosnay (2) lo sitúa en los trabajos de Wiener y de McCulloch en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) en los años cuarenta. Así mismo nos dice que paralelamente la Society for General Systems Research creada, entre otros, por Bertalanffy (al que se unieron el matemático Rapoport, el biólogo Ashby y el economista K. Boulding, entre otros) tratan de extender el enfoque a los sistemas sociales y en particular a la empresa.

Forrester coincide con Rosnay al señalar el MIT como origen; atribuye los primeros avances en este terreno al analizador diferencial de Bush, a los trabajos sobre sistemas de retroalimentación de Wiener y a la teoría de los

servomecanismos de Hazen (3).

El propio Bertalanffy explica el desarrollo de la teoría sistémica a partir de la coincidencia en el tiempo de tres líneas fundamentales de investigación en tres zonas distintas, aunque relacionadas: la Cibernética, de Wiener (1.948); la Teoría de la Información, de Shannon y Weaver (1.949); y la Teoría de los Juegos, de Von Neumann y Morgenstern (1.947) (4).

Bertalanffy sostiene que una teoría general de sistemas es una "exploración científica de totalidades y de todos, que hasta hace poco tiempo se consideraban como nociones metafísicas, más allá de los límites de la ciencia" (5).

Existen ciertas igualdades, correspondencias y similitudes que, al alcanzar el nivel necesario de equivalencia se llaman "isomorfismos". Los isomorfismos constituyen la base de una teoría general de sistemas. Además de una teoría general de sistemas es posible encontrar en Bertalanffy una tecnología de sistemas, una filosofía de sistemas, dividida en "ontología de sistemas" (que comprende los "sistemas reales"

como el sistema ecológico, los "sistemas conceptuales", como la lógica, las matemáticas y la música, y los "sistemas abstractos", como la ciencia), una "epistemología de sistemas" y los "valores" (6).

Berlatanffy señala cinco fines principales de una teoría general de sistemas que se pueden resumir - en:

- 1) hay una tendencia a la integración de las ciencias sociales y naturales;
- 2) esta integración está centrada en una teoría general de sistemas;
- 3) la teoría general de sistemas puede ser un medio importante de conseguir una teoría exacta en las ciencias no físicas;
- 4) esta teoría nos aproxima a la unidad de la ciencia; y
- 5) esta teoría puede conducir a una necesaria integración de la educación científica (7).

Por lo tanto, la tarea de una teoría general de sistemas es formular los "principios que son válidos para los sistemas en general, cualquiera que sea el carácter de sus elementos componentes y las relaciones o fuerzas entre ellos" (8).

En el campo de la ingeniería Forrester percibe la importancia del enfoque sistémico en la concepción y control de organizaciones complejas en que intervengan hombres y máquinas interconectados en "tiempo ral". En 1.961 crea la dinámica industrial en la que trata a las empresas como -- sistemas cibernéticos, para simular e intentar preveer su comportamiento.

En 1.964, extiende la dinámica industrial a la de los sistemas urbanos. Finalmente, en 1.971, generaliza sus anteriores trabajos creando una nueva disciplina, la "Dinámica de Sistemas", y publica la obra World Dynamics, que servirá de base a los trabajos de Meadows sobre los límites del crecimiento.

El propio Forrester señala que "Una vez que se acepten la estructura y los principios que rigen los sis

temas, éstos habrán de ayudar mucho para explicar las contradicciones, clarificar las ambigüedades y resolver las controversias en las ciencias sociales. Una estructura de sistema habría de dar a la educación en asuntos humanos el mismo impetu que la estructura de las leyes físicas ha dado a la tecnología. Las ciencias sociales serán más fáciles de enseñar si pueden descansar sobre un cuerpo de principios comunes a todos los sistemas, sean humanos o técnicos. Los conceptos de sistemas deberíamos encontrar un fundamento común, que sostenga y unifique a las "dos culturas" de las ciencias y la humanidades. En muchos ámbitos, la educación habría de acelerarse" (9).

Para Van Gigch el planteamiento sistémico nació para satisfacer las necesidades de generalización, simplificación, integración, optimización, evaluación, planificación y control por lo que "la visión de sistemas trata de encontrar generalizaciones en relación al modo en que se organizan los sistemas, a los medios por los que los sistemas reciben, almacenan, elaboran y recuerdan información y a su modo de funcionamiento; esto es, el modo en que los sistemas --actúan, responden y se adaptan a los diversos estímulos de entrada desde el medio" (10).

A través de numerosas publicaciones el profesor Laszlo (colaborador de Bertalanffy) ha desarrollado un gran trabajo en relación a la filosofía de sistemas. Los fundamentos de esta filosofía se hallan en los conceptos de -  
perspectivismo (trata de evitar el dogmatismo), deducción crea  
dora (nexo entre la ciencia contemporánea y la teoría general de sistemas) y los modelos de modelos (síntesis de la teoría general de sistemas).

Para Laszlo "lo que se requiere ahora, en primer lugar, es la coordinación de esos modelos de sistemas, formulados de modo independiente, en una teoría general de sistemas" (11).

El enfoque moderno de los sistemas es especialmente atractivo para la sociología, según Buckley, por que promete elaborar:

- 1) un vocabulario común, unificador de las diversas disciplinas "de la conducta";
- 2) una técnica del tratamiento de la organización amplia y compleja;

- 3) un enfoque sintético que no tolera el análisis fragmentario, en razón de la imposibilidad de tratar, fuera del -- concepto total, las complicadas interrelaciones de las partes;
- 4) un punto de vista que refleja la esencia de la sociología, porque concibe el sistema sociocultural con referencia a redes de información y comunicación;
- 5) el estudio de las relaciones antes que de las "entidades", atribuyendo especial importancia al proceso y a las probabilidades de transición en cuanto bases de una estructura flexible, con muchos grados de libertad;
- 6) un estudio definible operacionalmente - objetivo y no antropomórfico de la intencionalidad, la conducta sistémica persecutoria de metas, los procesos cognoscitivos simbólicos, la conciencia y el autopercatamiento, y la emergencia y la dinámica socioculturales, en general (12).

El sociólogo Homans usa los conceptos sistémicos como una base para su investigación empírica de los grupos sociales. Desarrolló un modelo para sistemas sociales, que puede servir como una base apropiada para pequeños grupos así como para grandes organizaciones. Según su punto de vista una organización está compuesta de un sistema externo y un sistema interno de relaciones que son interdependientes. Existen tres elementos en un sistema social: las tareas que desarrolla la gente; las interacciones que ocurren entre la gente cuando desarrolla sus tareas, y los sentimientos que se desarrollan entre las personas. Estos elementos son interdependientes entre sí (13).

Para Boulding la teoría general de sistemas no pretende ser una ciencia de "prácticamente todo" sino que -- "es un nombre de uso generalizado para describir un nivel de -- construcción teórica de modelos, que reside en algún punto entre las construcciones muy generalizadas de las matemáticas puras y las teorías específicas de las disciplinas especializadas" (14).

El premio Nobel H. Simon ha estudiado a las organizaciones como sistemas complejos del proceso de toma de -

decisión. Simon ha buscado en diversos campos nuevos conocimientos disciplinarios que se puedan integrar a sus teorías de la organización. Sin embargo, el denominador común, tanto en sus investigaciones como en sus escritos, ha sido la utilización del enfoque sistémico. "El término sistema se usa cada vez más con relación a métodos de análisis científico que se adoptan particularmente para explicar aspectos complejos" (15).

La teoría organizacional tradicional utilizó un enfoque que se basaba en un sistema cerrado muy bien estructurado. En contraste, la teoría moderna se ha orientado hacia el enfoque de sistema abierto.

"Las cualidades distintivas de la teoría organizacional moderna constituyen su base analítica conceptual, su confianza en los datos de investigación empírica, y sobre todo, su naturaleza sintetizadora e integradora. Estas cualidades están enmarcadas por una filosofía que acepta la premisa de que el sistema es la única manera significativa de estudiar a las organizaciones" (16).

El Tavistock Institute of Human Relations de Londres, es uno de los defensores más fuertes del enfoque de --

sistema abierto. Como resultado de varios estudios de investigación en la industria minera, textil y de manufacturas - de Inglaterra y otros países, este grupo desarrolló el concepto de sistema sociotécnico (17). También resaltaron que la organización es un sistema abierto que interacciona con su medio.

A pesar de la importancia del concepto de sistema y de la atención que ha recibido y que sigue recibiendo, no tenemos aún un conjunto integrado y coherente (o sea, un sistema) de tales conceptos. Se utilizan diferentes términos para referirse a una misma cosa y el mismo término se -- utiliza para referirse a cosas diferentes.

En una primera aproximación podemos definir un sistema como un "complejo de elementos en mutua interacción" (18). De aquí que podamos decir que un sistema es un ente que está compuesto cuando menos de dos elementos y de una relación existente entre cada uno de sus elementos con respecto a cuando menos otro elemento del conjunto. Cada uno de los elementos del sistema se relaciona con los demás elementos en forma directa e indirecta. Adicionalmente, ningún subconjunto de elementos - deja de estar relacionado con cualquier otro subconjunto.

Para Bertalanffy el sistema es "un complejo de elementos que actúan recíprocamente". Esta definición pone de relieve que los componentes específicos del concepto de sistema son: un conjunto de elementos, la existencia de relaciones entre ellos y el carácter de totalidad del conjunto dado.

Forrester señala que las partes agrupadas en el sistema han de "operar juntas con un objetivo común" (19). La definición pone de relieve que un estudio sistémico no es posible sin el análisis del objetivo. Considerando las relaciones orientadas hacia la consecución de un objetivo como una cualidad de la propia estructura que determina todo el proceso de desarrollo y da estabilidad a los elementos estructurales.

Para Scur "estructura es un conjunto de elementos jerárquicos entre los cuales existen relaciones. Sigtema es un conjunto de conexiones jerárquicas entre los elementos de la estructura dada" (20).

Rapoport considera dos caminos para definir los sistemas" una definición que permite conocer los --

objetos más importantes sin ambigüedades y otra según la -- cual, un sistema es una parte del mundo, percibida como una unidad y capaz de mantener su "identidad" a pesar de todos los cambios que sufre (21).

Para Berrien la palabra sistema "se refiere a una colección de procesos o eventos interrelacionados, abarcados por una frontera reconocible" (22).

Mshvenieradze dice que "un sistema es - una totalidad dinámica de elementos en la que la interacción produce propiedades de integración nuevas, no reductibles a las de sus componentes, tomados por separado. Por lo demás, el propio sistema es activo y actúa sobre los elementos constitutivos, lo cual no puede comprenderse correctamente sino a través del análisis sistémico" (23). Como podemos observar esta definición pone de relieve la importancia de la relación entre el todo y las partes.

Hall y Fagen estiman que "un sistema es un conjunto de objetos unido a las relaciones entre dichos - objetos y entre sus atributos", siendo los objetos o componentes del sistema; los atributos, las propiedades de los obje--

tos, y las relaciones, "aquello que pone en unión al sistema" (24).

Parsons subraya la importancia de los conceptos de interdependencia de las partes y la dinámica del sistema: "La propiedad general más importante de un sistema es la interdependencia de las partes o variables. La interdependencia consiste en la existencia de relaciones determinadas entre las partes o variables, en contraste con el azar de la variabilidad. En otros términos, la interdependencia es orden en las relaciones entre los componentes que integran un sistema".

Como podemos advertir no existe una "única" definición de la palabra sistema (ver Apéndice I). Parece que únicamente se alcanza un acuerdo general acerca del concepto de sistema en el más bajo de los niveles, esto es, la idea de que el sistema es algo como una estructura compuesta de partes que se interrelacionan. Posiblemente es que ninguna "definición" de la palabra sistema pueda resultar satisfactoria. Solo es fecunda la noción de sistema.

La noción de sistema no se deja fácilmente en-

cerrar en una definición. En ella circulan los conceptos provenientes de todas las disciplinas. Más allá de las analogías, esta circulación permite buscar lo que es común a los más diversos sistemas. No se trata ya de reducir un sistema a otro, considerado como mejor conocido; ni de transponer lo que se sabe de un nivel de complejidad inferior a otro nivel. Se trata de segregar principios generales, estructurales y funcionales, que puedan aplicarse tanto a un sistema como a otro. En virtud de esos principios se hace posible organizar los conocimientos en modelos más fácilmente comunicables. Después, utilizar algunos de estos modelos en la reflexión y en la acción. La noción de sistema aparece así en sus dos aspectos complementarios: permitir organizar los conocimientos y hacer la acción más eficaz.

De lo expuesto anteriormente se deduce con facilidad que si bien el origen y el propio concepto de sistema son cuestiones controvertidas y por lo tanto abiertas a la discusión y susceptibles de diferentes enfoques, no es menos cierto que existen una serie de conceptos que exigen alguna precisión.

Sin ánimo exhaustivo sino meramente enunciativo cabe destacar como propiedades o características de los sistemas las siguientes.



Límites del sistema: El concepto de límite ayuda a entender la distinción entre sistemas cerrados y sistemas abiertos. El sistema cerrado tiene límites rígidos e impenetrables, - mientras que los abiertos tienen límites permeables entre el propio sistema y el suprasistema general.

Considerar las organizaciones como sistemas abiertos sugiere que existen límites que las separan del medio. Los límites son las líneas o regiones de demarcación para la definición de las actividades apropiadas del sistema, para la admisión de miembros dentro del sistema y otros componentes del sistema. Los límites constituyen barreras para muchos tipos de interacciones entre la gente de dentro y fuera, pero incluyen algunos dispositivos que facilitan ciertos tipos particulares de transacciones necesarias para el funcionamiento de la organización, es decir establecen el dominio de las actividades de esta.

En una organización social no son tan fácilmente identificables como en los sistemas físicos, biológicos o mecánicos ya que están determinados principalmente por las funciones y actividades de la organización lo que hace que -- sean más bien ambiguos y permeables siendo flexibles y variables

en el tiempo por causa de las ya citadas actividades y funciones.

Otro concepto clave es el de retroalimentación. Wiener define la retroalimentación como la "regulación de un sistema por medio de la reinserción en él de los resultados de su actividad" (26).

El concepto de retroalimentación es muy importante para entender cómo mantienen los sistemas un equilibrio dinámico. A través del proceso de retroalimentación, el sistema recibe continuamente información desde su medio externo, lo que, le ayuda a ajustarse.

El mantenimiento de la homeostasis en el organismo vivo, depende de una continua retroalimentación de información que ese organismo recibe de su ambiente.

La retroalimentación puede ser tanto positiva como negativa. A fin de que el sistema se mantenga en estado de equilibrio (es decir, que sobreviva), es necesario que la información producida por el mecanismo de retroalimentación genere una acción negativa del propio sistema, corrigiendo, -

con ello, su evolución.

A este respecto van Gigch dice: "Este mecanismo (el de retroalimentación), se basa en el principio de reinformar una porción del producto (output), para controlar el ingreso (input). Podemos tener retroalimentación positiva en la que el multiplicador entre input y output es de tal modo que el output aumenta con los incrementos del input y retroalimentación negativa, en la que el output disminuye a medida que aumenta el input. La retroalimentación positiva lleva, por lo general, a la inestabilidad del sistema, mientras que la retroalimentación negativa se utiliza para conseguir un control estable del sistema" (27).

Como podemos observar por lo que antecede la retroalimentación es de vital importancia para las organizaciones complejas, las cuales deben recibir continuamente -- impulsos de información desde su ambiente. Es así mismo evidente que las teorías de retroalimentación suponen un progreso con respecto a la simple dualidad conductista del estímulo y la respuesta. Con todo, la visión de la retroalimentación tiene un cierto carácter mecanicista, que dificulta su aplicación a las organizaciones humanas.

Otra propiedad importante de los sistemas abiertos es la equifinalidad: "En los sistemas abiertos cabe alcanzar el mismo estadio final a partir de condiciones iniciales distintas gracias a la interacción con el medio. Esta propiedad recibe el nombre de equifinalidad. Los sistemas no vivientes, dotados de una retroalimentación adecuada, tienden hacia estados de equilibrio que no dependen únicamente de las condiciones iniciales sino, más bien, de las presiones que se ejercen sobre los sistemas. El movimiento hacia este estado final concede al sistema no viviente un aspecto de comportamiento finalista que está reservado estrictamente a los sistemas vivientes" (28).

Este enfoque sugiere que la organización social puede lograr sus objetivos con diferentes insumos y actividades. Por lo tanto, el sistema social no está restringido por la simple relación causa-efecto de los sistemas cerrados.

La equifinalidad de los sistemas sociales tiene importancia relevante para la administración de organizaciones complejas. La relación de sistema cerrado causa-efecto, adoptada de las ciencias físicas, sugeriría la existencia

de una mejor manera para lograr un determinado objetivo. El concepto de equifinalidad indica que la administración puede usar un grupo variable de insumos en la organización para transformarlo de diferentes maneras y lograr una producción satisfactoria. La extensión de este enfoque sugiere que la función administrativa no es necesariamente la búsqueda de una solución óptima rígida, sino que se debe disponer de una variedad de alternativas satisfactorias.

Es importante así mismo resaltar el concepto de jerarquía: "La subdivisión jerárquica no es una característica que sea peculiar a las organizaciones humanas. Virtualmente es un elemento común en todos los sistemas complejos de los cuales se tiene conocimiento. Existen fuertes razones para creer que casi cualquier sistema de suficiente complejidad debe tener la estructura de cuartos-dentro-de cuartos que se observa en las organizaciones actuales. La razón para la jerarquización va mucho más allá de la necesidad de unidad de mando u otras consideraciones relacionadas con la autoridad" (29).

Un sistema está compuesto de subsistemas de orden menor y también forma parte de un metasisistema. Por

lo tanto existe cierta jerarquía entre los componentes del sistema. La estructura jerárquica no sólo se relaciona con los niveles, sino que se basa en la necesidad de agrupamientos, combinaciones de subsistemas en un sistema más amplio, con el objeto de coordinar las actividades y procesos. En las organizaciones complejas existe una jerarquización de procesos y de estructura.

Otra importante propiedad es la isomorfía. Los isomorfismos son los rasgos elementales presentes en todos los sistemas, que hace que estos (los sistemas) sean tales y que permite potenciar una teoría general de los mismos, es decir, resuelven el problema de las similitudes sin caer en el error de las idéntidades entre sistemas. O como dicen Hall y Fagen: "En muchas ciencias hay instancias en las que las técnicas y la estructura general contienen un parecido estrecho con técnicas y estructuras similares en otras ciencias. Una correspondencia lineal entre los objetos, que preserve las relaciones entre los mismos objetos, es lo que llamamos un isomorfismo".

"En el desarrollo y evolución orgánica, parece ocurrir, una transición hacia estados superiores de orden y diferenciación. La tendencia hacia la complicación cada vez

mayor ha sido indicada como una característica de la naturaleza viviente como opuesta a la inanimada " (30). Esta misma característica se observa en las grandes organizaciones que tienden hacia el logro de mayor diferenciación y especialización entre sus subsistemas internos. En las grandes organizaciones complejas es evidente, el gran número de departamentos y actividades especializados. Esta tendencia es denominada - por algunos autores como crecimiento a través de elaboración interna es una característica propia de los sistemas abiertos. En los sistemas cerrados sujetos a las leyes de la física, el sistema se mueve hacia la entropía y desorganización. En contraste, los sistemas abiertos parecen tener la tendencia opuesta, y se mueven para crear la diferenciación y niveles más altos de organización.

Si la equifinalidad caracteriza las posibilidades de subsistencia de los sistemas y el modo en que estos tratan de alcanzar sus objetivos, la complejidad es una - propiedad de los sistemas orientada a mantener a estos en situación de intercambio de materia y energía con el medio. Cabe señalar siguiendo a Buckley que "El concepto clave de complejidad organizada -definido como una reunión de entidades interconectadas por una red compleja de relaciones- debe distinguirse

de, 1) "la simplicidad organizada" -un complejo de componentes relativamente invariables vinculados por una secuencia rigurosa o una aditividad lineal, sin circuitos cerrados en la cadena causal-, y 2) la "complejidad caótica" -un vasto número de componentes que no necesitan identificarse específicamente, y cuyas interacciones pueden describirse en términos de cantidades o gradientes distribuidos en forma continua, - como en la mecánica estadística-" (31).

La complejidad aparece unida a la posibilidad de estabilidad (y consiguiente subsistencia) del sistema. Esta estabilidad se logra por medio de dos mecanismos que a menudo entran en conflicto. En primer lugar, para mantener un equilibrio, deben tener mecanismos de mantenimiento que aseguren que los distintos subsistemas están balanceados y que el sistema total se mantiene en equilibrio con su medio. Las fuerzas de mantenimiento son conservadoras e intentan prevenir el sistema contra cambios tan rápidos que originen el desequilibrio de los distintos subsistemas y el sistema total. En segundo lugar los mecanismos de adaptación son necesarios para suministrar un equilibrio dinámico tal que cambia a través del tiempo. Por lo tanto, el sistema debe tener mecanismos de adaptación que le permitan responder a los cambios internos y exter

nos. Si el sistema ha de sobrevivir, debe elaborar subestructuras de mantenimiento para conservar las paredes de la masa social en su lugar. No obstante, aún esto no será suficiente para asegurar la sobrevivencia de la organización. Esta existe en un ambiente con demandas cambiantes. Las estructuras adaptativas se desarrollan en las organizaciones para generar las respuestas apropiadas a las condiciones externas.

En cuanto a otra importante propiedad, la de equilibrio dinámico, cabe decir que los sistemas cerrados están sujetos a la fuerza de entropía que se incrementa hasta que eventualmente se detiene todo el sistema. La tendencia hacia la entropía máxima es un movimiento hacia el desorden, -- ausencia completa de transformación de recursos, y muerte. En un sistema cerrado, el cambio de entropía siempre debe ser positivo. Sin embargo, en los sistemas abiertos biológicos o sociales, la entropía puede ser reducida y aún puede transformarse en entropía negativa, es decir, un proceso de organización más completo y de capacidad para transformar los recursos. Esto es posible porque en los sistemas abiertos los recursos -- (materiales, energía e información) utilizados para reducir el proceso de entropía se toman del medio externo, Asimismo, los sistemas vivientes se mantienen en un estado estable, y pueden evitar el incremento de la entropía y aún desarrollarse hacia estados de orden y organización creciente (32).

La organización artificial o social que puede continuar la importación de nuevos componentes humanos y otros recursos, y con objeto de continuar su funcionamiento puede ser capaz de eliminar indefinidamente el proceso de entropía. Sin embargo, la única manera en la cual las organizaciones pueden eliminar la entropía es por la importación continua de materiales, energía e información en una forma o en otra, transformándolos y redistribuyendo los recursos al medio externo.

Como se vio anteriormente un sistema abierto puede lograr un estado en que el sistema permanezca en equilibrio a través del flujo continuo de materiales, energía e información. Esto se conoce con el nombre de estado estable. Esta relación entre la entropía negativa y el estado estable para los organismos vivos y los sistemas sociales fué sugerida por Emery y Trist.

En contradicción con los objetos físicos, cualquier entidad sobrevive importando cierto tipo de materiales del medio externo, y a su vez los transforma con sus propios sistemas y características, y envía otros tipos hacia el medio externo. Me

dante este proceso el organismo obtiene energía adicional que lo convierte en "neotrópico", es decir que es capaz de lograr la estabilidad en un estado -estático independiente del tiempo -condición necesaria de adaptabilidad para las variaciones del medio (33).

El estado estable tiene un significado adicional; dentro del sistema organizacional, los distintos subsistemas han logrado un balance entre las interrelaciones y fuerzas que permiten que el sistema total trabaje efectivamente. En los organismos biológicos el término homeostasis se aplica al estado estable del organismo. En las organizaciones sociales, no existe un estado estable absoluto sino más bien un equilibrio dinámico, en constante ajuste entre las fuerzas internas y el ambiente. La organización social intenta acumular ciertos excedentes de recursos que le ayuden a mantener su equilibrio y a mitigar algunas de las posibles variaciones en el flujo de requerimientos del medio.

Es así mismo importante la característica o propiedad de totalidad. En el enfoque sistémico la totalidad es el principio según el cual el sistema existe porque sus --

partes están interrelacionadas.

Para Mesarovic, la visión de sistemas "significa que uno considera la totalidad de los aspectos de un problema en lugar de concentrar la atención en un fenómeno aislado, como sucede con la visión analítica, tradicionalmente utilizada en la investigación empírica" (34).

No nos extenderemos más a este respecto pues como se puede deducir fácilmente la idea de totalidad no es más que el principio sobre el que se basa la idea misma de sistema.

### 3. LA ORGANIZACION COMO SISTEMA.

El enfoque sistémico como aproximación específica al estudio de las organizaciones formales, nació a modo de reacción ante los errores y contradicciones de las aproximaciones precedentes. En el proceso de los conocimientos humanos, la introducción del método científico ha tenido lugar lentamente y no sin dificultades y resistencias. Lo mismo ha sucedido por lo que respecta a las teorías sobre la organización. En este sentido haremos una breve referencia a los antecedentes o escuelas que preceden al enfoque sistémico.

Bajo la denominación de escuela clásica - se incluyen tanto Taylor y el movimiento de la organización científica, como Fayol y sus seguidores de la escuela de la departamentalización. Las dos corrientes distintas de pensamiento, aunque diferentes bajo muchos aspectos, en su esencia no se excluyen recíprocamente, sino que aparecen complementarias la una de la otra: la primera formula principios de dirección de carácter particular y específico, aplicables en el nivel del trabajo ejecutivo; la segunda enuncia principios y teorías de carácter general, aplicables en todos los campos y niveles de actividad organizativa, y sobre todo en el nivel de alta dirección.

La escuela clásica está impregnada de - determinismo, por cuanto construye las propias teorías sobre el supuesto de que todos los elementos del sistema son datos y que a cada acción corresponde una consecuencia precisa, predeterminable con certeza. Tiene además una visión estrecha de la estructura formal de la organización, y descuida completamente los problemas surgidos de la personalidad de los individuos, de las interacciones recíprocas, de la organización informal, de los conflictos intra-organizativos, de los procesos de decisión a los diversos niveles.

Sobre la base de los estudios de Hawthorne se introducen e integran las ciencias del comportamiento humano en las teorías sobre la organización. Se aceptan en general los postulados de la escuela clásica, pero añadiendo las modificaciones derivadas del comportamiento humano y de la influencia de la organización no formal, o sea, de aquellos grupos -- que se crean espontáneamente, naturalmente, entre aquellos -- que viven en los ambientes de trabajo, en respuesta a las propias necesidades asociativas e independientemente y más allá de las estructuras formales e impersonales. De aquí el nombre de escuela neoclásica o conductista.

En definitiva, la escuela neoclásica da un duro golpe al excesivo racionalismo de los teóricos de la escuela llamada clásica e, invirtiendo el planteamiento tradicional, admite que la organización está en función de los hombres (y no viceversa).

No obstante, la escuela del comportamiento o conductista se le debe reprochar, en primer lugar, una visión de los problemas organizativos limitada a los comportamientos humanos. En segundo lugar, una tendencia a buscar e imponer a los individuos el "mejor modo de comportarse" en el ambiente de trabajo; o sea, en definitiva considerar a los trabajadores como sujetos a quienes se puede manipular psicológicamente para imbuirles un determinado comportamiento.

El tipo ideal de burocracia de Max Weber (1.864-1.920) ha sido, especialmente a partir de la II Guerra Mundial, el punto de partida y una de las fuentes inspiradoras de los estudios en materia de organización. Brevemente expuestas, las características más importantes del tipo burocrático de organización son las siguientes:

- Alto grado de especialización.

- Estructura jerárquica de autoridad, con áreas bien delimitadas de competencia y responsabilidad.
- Reclutamiento del personal basado en la capacidad y conocimiento técnico.
- Despersonalización de los individuos en la realización del trabajo. El principio jerárquico y la especialización tiende precisamente a favorecer esta despersonalización.

El modelo olvida considerar los posibles fallos del sistema (por ejemplo, los conflictos entre sus diversos - elementos), y, sobre todo, las relaciones no formales que se desarrollan dentro de las organizaciones formales y la manera como se modifican dichas estructuras formales. Las teorías post weberianas sobre la burocracia (debidas sobre todo, desde -- 1.936 hasta hoy, a R. K. Merton, R. Dubin, P. Selznick, A. W. Gouldner, P. M. Blau) se preocupan tanto de estos fallos como de las relaciones no formales, reconociendo la importancia fun damental del comportamiento y de las motivaciones humanas. De ahí que intenten conciliar la consideración del factor humano con la rigidez de la organización burocrática, a través de -

procedimientos de control sobre el personal por parte de los dirigentes: control realizado mediante una más estrecha reglamentación que asegure la certeza -dentro de ciertos límites- de los comportamientos (Merton), o mediante una mayor delegación de autoridad (Selznick), o mediante la emisión de normas generales e impersonales (Gouldner).

El principal representante de la corriente llamada decisionista es Herbert A. Simon, el cual considera la organización desde el punto de vista de los procesos decisorios y de las elecciones racionales humanas. Ya Chester I. Barnard, reaccionando contra los planteamientos de las dos escuelas dominantes, había afirmado que la organización no se pueden comprender solamente en términos de una serie de principios, como la unidad de mando, la amplitud de control, la estructura jerárquico-funcional, etc. Ni el comportamiento ni la acción de los miembros de una organización obedecen solamente a factores emotivos. Por el contrario su conducta es, fundamentalmente intencional. Los hombres se organizan para alcanzar determinados objetivos, lo que les obliga a coordinar sus actividades de manera consciente. De esta forma la noción de toma de decisión debe ser el punto central de toda teoría de la organización. La gente que coordina sus actividades para la obtención de ciertos fines, debe continua y consciente

mente tomar decisiones, elegir entre alternativas de acción. Por tanto los aspectos racionales del comportamiento humano son especialmente importantes en los estudios sobre la organización.

Para Simon la racionalidad es siempre limitada. El decisor elige en base a un modelo limitado, simplificado y aproximado de la realidad.

Su comportamiento no es racional o irracional en sentido absoluto, sino según su propia definición de la situación. En realidad, su punto de referencia subjetivo le permite considerar sólo unas cuantas de la totalidad de las premisas de decisión. A su vez, el decisor sobre la base de tales premisas no persigue la decisión óptima, sino que pretende simplemente una decisión satisfactoria.

Simon supera la concepción conductista - que sólo toma en cuenta los intereses, las motivaciones y las aspiraciones de los individuos miembros de una organización. Describir de forma científica una organización, afirma, significa indicar qué decisiones toma cada persona que forma parte de la misma y a qué influencias está sujeta al tomarlas.

En lugar de subdividir en tareas las actividades necesarias para la consecución de los objetivos de la organización, se subdivide entre los miembros de la organización la responsabilidad de decidir. De esta forma, todas las decisiones necesarias para la consecución de los objetivos de la organización están subdivididas en otras tantas decisiones parciales y la actividad de cada miembro de la organización está limitada solamente a algunas de tales decisiones.

Quizá el argumento más importante para una concepción sistémica de la organización es que el medio ambiente dentro del cual se da una organización es más inestable cada vez. Esto se debe al rápido crecimiento de la tecnología, la expansión de los mercados y a los cambios rápidos sociales y económicos, con lo que se producen presiones constantes para que la organización cambie. Y a medida que examinamos este proceso, nos sentimos embargados por el hecho de que es la organización total y no solamente unos cuantos individuos o funciones claves la que debemos estudiar para comprender adecuadamente este proceso en sí.

Las más recientes teorías sobre la organi

zación no se configuran todavía como una corriente homogénea de pensamiento, sino que aparecen más bien como un conjunto de contribuciones de autores distintos entre los que falta una idéntidad de conceptos que los unifique.

Del conjunto de los estudios contemporáneos parece destacarse, no obstante, como concepción prevalente, la que considera la organización como un sistema o mejor aún como parte de un sistema más amplio que abarca todo el entorno en el que actúa.

Las relaciones entre las organizaciones y el medio ambiente son complejas y, sin embargo, no se hallan bien conceptuadas. En primer lugar, es difícil definir las fronteras adecuadas de cualquier organización sometida a análisis y determinar cuál es su tamaño. En segundo lugar las organizaciones tienen, generalmente, varios propósitos o cumplen algunas funciones. Unas de estas funciones son primarias, mientras que otras son secundarias; algunas son manifiestas y otras latentes. En tercer lugar, la organización incluye dentro de sí representaciones del medio ambiente. Y por último, la naturaleza del medio ambiente cambia con mucha rapidez, como ya dije y por las causas expuestas anteriormente.

Por todas estas razones mencionadas anteriormente, los teóricos de las organizaciones han comenzado a construir modelos más complejos, que intentan tomar en consideración las relaciones entre los sistemas y sus ambientes.

Entre los más fuertes defensores del enfoque sistemico para el estudio de las organizaciones está el grupo de investigadores del Instituto de Tavistock de Londres. A partir de sus estudios sobre el cambio de tecnología de la industria minera del carbón y de la reelaboración del trabajo en las industrias textiles de la India, enunciaron el importante concepto de sistema sociotécnico y una definición sistémica - abierta y más general de las organizaciones (35).

La idea de un sistema sociotécnico tal como ha sido elaborado por Trist exige que una organización o una parte de ella sea una combinación de tecnología y al mismo tiempo un sistema social. El sistema tecnológico y social se hallan en interacción mutua y recíproca y cada uno determina al otro. Si nos adaptamos a este concepto, tendría poco sentido decir que la naturaleza de la tarea determinará la naturaleza de la organización que se genera ante los trabajadores, pero también sería insensato decir que las características de los trabajadores determinarán la forma en que un determinado puesto de trabajo a ser realizado.

El modelo de sistema abierto de las organizaciones, tal como ha sido discutido por Rice, argumenta que -- cualquier organización "importa" varias cosas a partir del medio ambiente, y utiliza estas importaciones en ciertos tipos de procesos de "conversión"; luego, "exporta" productos, servicios y "materiales de desecho" que resultan del proceso de conversión.

Homans ha propuesto un modelo sistémico a nivel de los pequeños grupos de una organización muy amplia (36). Este modelo no es esencialmente distinto al de Tavistock, sino que es algo más complejo y se halla más diferenciado. Cualquier sistema social existen dentro de un medio ambiente dividido en tres partes: físico, cultural y tecnológico. El medio ambiente impone o especifica ciertas actividades de interacciones para las personas implicadas en el sistema. Estas actividades e interacciones hacen, además surgir ciertos sentimientos y vivencias entre las personas mismas. La combinación de actividades, interacciones y sentimientos que se hallan primordialmente determinadas por el medio ambiente reciben el nombre de sistema interno. Postula que las actividades, las interacciones y los sentimientos dependen mutuamente entre sí. Esto es, cualquier cambio en alguna de las tres variables producirá ciertos cambios en las otras dos. Homans observa que al aumentar la interacción

no solo llegan nuevos sentimientos que no se hallan especificados necesariamente por el medio externo, sino tambien nuevas normas y marcos compartidos de referencia que engendran nuevas actividades, no especificadas por el medio ambiente. Homans ha denominado a este nuevo perfil que surge del sistema externo, sistema interno. El sistema interno se corresponde, en gran parte con lo que los teóricos han denominado organización informal.

Homans postula, que los sistemas internos y externos dependen mutuamente entre sí. Esto significa que cualquier cambio en uno u otro sistema producirá también algún cambio en los perfiles de interacción que, a su vez, cambia -- (y a veces destruirá temporalmente) el sistema interno.

Por el contrario, si el sistema interno desarrolla ciertas normas acerca de cómo organizar la vida, cambiará con frecuencia la forma en que el trabajo es realizado, en qué medida será terminado y cuál será la calidad que surgirá.

Finalmente, los dos sistemas del medio ambiente dependen mutuamente entre sí. De la misma forma que los cambios en el medio ambiente producirán también modificaciones

en la organización laboral formal o informal, las normas y - las actividades elaboradas en el medio interno cambiarán el medio físico, técnico y cultural.

El aspecto más importante de este esquema conceptual es que explicita el reconocimiento de las diversas dependencias mutuas.

Likert (37) por medio del modelo "grupo que se solapa" añade dos ideas muy importantes a los modelos citados anteriormente. En primer lugar, las organizaciones pueden ser fácilmente conceptualizadas como un sistema de grupos que se vinculan entre sí y, en segundo lugar, esos grupos intervenculados se hallan conectados por individuos que ocupan posiciones claves de pertenencia dual con lo que su misión es la de hacer de "función enlace" entre los grupos.

Este concepto no entra en conflicto con ninguno de los que hemos mencionado anteriormente, pero llama la atención a dos puntos muy importantes. En primer lugar, el medio ambiente relevante para cualquier grupo determinado o sistema es probable que sea no algo impersonal, sino más bien una serie de otros sistemas o grupos. Esta serie se compone de tres partes: (1) sistemas de escala más amplia, tal como -

el complejo total de organizaciones que realiza un trabajo si milar o una sociedad considerada como un todo; (2) sistemas - que están situados en el mismo nivel que otras organizaciones (3) subsistemas dentro de un determinado sistema, tales como los grupos de trabajo formales e informales.

En segundo lugar, la organización se halla vinculada al medio ambiente a través de personas clave, que - ocupan posiciones tanto en la organización como en algún sistema ambiental, y las partes del ambiente pueden estar vinculadas entre sí mediante personas clave similares. En la medida en que este modelo es correcto, sugiere no solo un punto relevante para la introducción en el análisis de las relaciones - sistema-medio ambiente (la localización de las "funciones enlace"), sino que también evidencia que las partes del medio - ambiente no son independientes entre sí. En consecuencia, si una organización tiene que comprender y tratar al medio ambiente que le rodea debe investigar y comprender estas interdependencias.

Kahn y sus colaboradores (38) han señalado que el modelo de "grupo que se solapa" se halla más próximo a la realidad de una organización, pero carece, sin embargo, de la visión tan importante de que es posible que sean diferentes

los grupos psicológicos y los grupos formales. En el modelo de Likert no se toma ninguna decisión patente para distinguir ambos tipos de grupos y por tanto, para identificar con exactitud las "funciones de enlace". Kahn ha propuesto que en vez de grupos deberíamos considerar lo que los sociólogos ha denominado "series de roles". La organización como un todo pasa entonces a ser considerada como una serie de roles que se solapan y se interconectan de tal forma que algunos de ellos trascienden, incluso, las fronteras de la organización en sí.

Podemos, entonces, estudiar la conducta de los miembros de una organización en función del concepto del conflicto de roles.

El estudio de Kahn subraya el mayor nivel de independencia de las variables de una organización, a saber, el rango, la ubicación y la posición dentro de la estructura, las expectativas de rol, la percepción de estas expectativas, los modelos de defensa en respuesta a un conflicto percibido y a la eficacia del rendimiento en el rol.

Otro modelo sobre las organizaciones surge de las investigaciones sobre la estructura de éstas. Partiendo de los supuestos clásicos sobre la división del trabajo, -

la amplitud del control y de la jerarquía de la autoridad, se intenta determinar si las organizaciones eficaces, en diferentes tipos de industria, se adherían realmente a estos supuestos (39). Se observó por parte de Burns y Stalker que una organización eficaz tendía a tener una estructura que se adaptaba al género de tecnología que había aceptado.

También se vió que se adoptaban más decisiones en los niveles inferiores y las comunicaciones eran más fluidas entre las posiciones laterales que entre las verticales. De la misma manera, Woodward observó que el tipo de proceso de producción determinaba cuantos niveles jerárquicos existían en la organización y cuál era la amplitud del control de los supervisores.

Lawrence y Lorsch (40) continuaron esta línea de investigación y desarrollaron un modelo que hizo posible identificar los factores que explican la eficacia en diferentes tipos de medios de una organización. Su idea clave es que cada parte funcional de una organización se enfrenta con una parte distinta del medio ambiente y desarrolla, en consecuencia, un punto de vista cognoscitivo que refleja su adaptación a dicha parte del ambiente. Se llama a este proceso diferenciación.

Para que una organización funcione -- eficazmente deben estar coordinadas las distintas orientaciones de cada una de las unidades funcionales y este proceso -- recibe el nombre de integración, Lawrence y Lorsch han elaborado distintos conceptos comprobando con éxito una serie de hipótesis como por ejemplo, el que cada organización debe determinar su nivel óptimo de diferenciación y de integración en terminos del nivel de turbulencia en las distintas proporciones de su medio ambiente y también en términos de un diagnóstico de cuál área funcional le brinda sus puntos fuertes en cuanto a las posibilidades de competencia.

Con la breve exposición anterior hemos intentado mostrar hasta qué punto la investigación y la teoría sobre las organizaciones han tendido progresivamente hacia conceptos de sistema de nivel. Estos conceptos no solo han hecho más fácil el describir lo que observamos en las organizaciones complejas más modernas, sino que su vinculo con el enfoque sistémico ha proporcionado una fuente de hipótesis en las que no se había pensado previamente.

En base a lo expuesto se podría intentar caracterizar a la organización en base a las siguientes -- notas:

En primer lugar, debemos concebir a la organización como un sistema abierto, lo que significa que se halla en una interacción constante con su medio ambiente.

En segundo lugar, debemos concebir a la organización como un sistema de múltiples propósitos o funciones que implican diversas interacciones entre la organización y el medio ambiente.

En tercer lugar, las organizaciones consisten en muchos subsistemas que se hallan en interacción dinámica entre sí. En vez de analizar los fenómenos organizativos en función de la conducta individual, cada vez es más importante analizar la conducta de estos subsistemas, bien los concebimos en términos de grupo y de roles o bien en función de otros conceptos.

En cuarto lugar, debido a que los subsistemas dependen mutuamente entre sí los cambios en un subsistema es probable que afecten a la conducta de otros.

En quinto lugar, la organización existe en un medio ambiente dinámico que conste de otros sistemas. El -

medio ambiente impone exigencias y constriñe a la organización de diversas maneras. El funcionamiento total de una organización no puede ser comprendido sin considerar explícitamente estas exigencias y estas constricciones ambientales.

Por último, los múltiples lazos entre la organización y su medio ambiente hacen que sea difícil especificar claramente las fronteras de una organización dada.

Para concluir este apartado, cabe preguntarse por la posible existencia de una función de utilidad para el sistema organizativo que permita la agregación de preferencias, a fin de elaborar una decisión colectiva.

Siguiendo al Profesor López Cachero (Tesis Doctoral) se puede admitir la existencia de una función de utilidad para los entes colectivos.

"Inicialmente bastará con suponer que dicha función existe, lo que, a título de postulado, parece admisible, si se admite como la teoría sociológica en general corrobora, la existencia de entes

colectivos como sujetos diferenciables, a los que, por analogía con lo que se admite para los sujetos individuales, en el estudio del comportamiento podría asociarseles una función de ese carácter.

Pués bien, si representamos por  $S_1, S_2, \dots, S_n$  los niveles de satisfacción de los miembros de la colectividad y por  $Z_s$  a los parámetros característicos de los diferentes estados sociales, la función de utilidad colectiva sería de la forma

$$U = u (S_1, S_2, \dots, S_n, Z_s) "$$

Después de establecer una serie de consideraciones generales sobre dicha función de utilidad colectiva, nos dice que

"Un esquema de esta naturaleza permite pensar en la fundamentación de decisiones colectivas sin necesidad de considerar a estas como la resultante causal de las decisiones individuales".

NOTAS BIBLIOGRAFICAS A LA PRIMERA PARTE

- (1) BERTALANFFY, L. von "Modern Theories of Development"  
Oxford University Press, 1.934  
págs. 64 y siguientes.
- (2) ROSNAY, J. de "El Macroscopio"  
AC. 1.977. Pág. 78.
- (3) FORRESTER, J.W. "World Dynamics"  
Cambridge. Massachussets. 1.971.
- (4) BERTALANFFY, L. von "Teoría General de los Sistemas"  
F.C.E. 1.976. Pág. 14.
- (5) BERTALANFFY, L. von "Teoría General de los Sistemas"  
F.C.E. 1.971. Pág. XIV.
- (6) BERTALANFFY, L. von "Teoría General de los Sistemas"  
F.C.E. 1.971. Págs. XIV-XVII.
- (7) BERTALANFFY, L. von "Teoría General de los Sistemas"  
F.C.E. 1.971. Pág. 38.

- (8) BERTALANFFY, L. von "Teoría General de los Sistemas"  
F.C.E. 1.971. Pág. 37.
- (9) FORRESTER, J.W. "Principles of System"  
Tex and Workbook. Wright Allen -  
Press. 1.971. Págs. 1-4.
- (10) GIGCH, J. P. van "Applied General Systems Theory"  
New York. 1.974. Pág. 33.
- (11) LASZLO, E. "An Introduction to Systems Phi  
losphy"  
New York. 1.972. Págs. 1-13.
- (12) BUCKLEY, W. "La sociología y la teoría moder-  
na de los sistemas"  
Buenos Aires. 1.977. Págs. 67-68.
- (13) HOMANS, G. C. "The Human Group"  
Harcourt, Brace & World, Inc. New  
York. 1.950.
- (14) BOULDING, K. "General Systems Theory"  
The Skeleton of science (General

Systems, I). 1.956.

- (15) SIMON, H.A. "Approaching the Theory of Management en Harold Koontz, Toward a Unified -- Theory of Management" McGraw-Hill Book Company, New York. 1.964. Págs. 82-83.
- (16) SCOTT, W. G. y MITCHELL, T R. "Organization Theory" ed. rev. Richard D. Irwin, Inc. Homewood, III. 1.972. Pág. 55.
- (17) EMERY, F. E. y TRIST, E. L. "Socio-technical Systems" en C. West Churchman y Michael Verhulst editores. Management Sciences: Models and Techniques, Pergamon Press. New - York. 1.960, Vol. 2. Págs 83-97
- RICE, A. K. "The Enterprise and Its Environment" Tavistock Publications. Londres 1.963.
- (18) ALLPORT, G. "The Open System in Personality Theory" en W. Buckley (comp.). Pág. 344.
- (19) FORRESTER, J. W. "Principles of System"

- Text and Workbook. Wright Allen -  
Press. 1.971. Págs. 1-5.
- (20) General Systems  
X. 1.965
- (21) RAPOPORT, A. "Modern System Theory"  
General Systems Yearbook, 1.970. Pág. 17.
- (22) General Systems  
IX. 1.964
- (23) MSHVENIERADZE, V. "Aspects épistémologiques des sciences -  
sociales et biologiques"  
Revue Internationales des Sciences Socia  
les, Vol. XXVI. núm. 4. Paris 1.974. Pág.  
644.
- (24) HALL, A.D. y "Definition of system"  
FAGEN, R. E. General Systems. 1.956.
- (25) BUCKLEY, W. (Ci "Sociology an Modern Systems Theory"  
tado en) Englewood Cliffs. 1.967. Pág. 24.
- (26) WIENER, N. "The Human use of Human Beings"

Boston 1.950. Pág. 71.

- (27) GIGCH, J.P. van "Applied General Systems Theory"  
New York. 1.974. Pág. 44.
- (28) GIGCH, J.P. van "Applied General Systems Theory"  
New York. 1.974. Págs. 40-41.
- (29) SIMON, H.A. "The New Science of Management Decisión"  
Harper y Row. Publishers. New York. -  
1.960. Págs 40-42.
- (30) BERTALANFFY, L. von "The Theory of Open Systems in Physics  
and Biology"  
Science enero 13 de 1.950. pág. 26.
- (31) BUCKLEY, W. "La sociología y la teoría moderna de -  
los sistemas"  
Amorrortu. 1.977 Pág. 66.
- (32) BERTALANFFY, L. von "General System Theory"  
General Systems. Vol. 1. 1.956. Pág. 4.
- (33) EMERY, F.E. y "The causal Texture of Organizational  
TRIST, E. L.

- Environments"  
Human Relations, febrero 1.965. -  
Pág. 21.
- (34) MESAROVIC, M. "Mankind at the Turning Point"  
Londres 1.975. Pág. 21.
- (35) TRIST, E.L. y "Organizational Choice"  
COL London: Tavistock Publications 1.963
- RICE, A.K. "The Enterprise and Its Environment"  
London: Tavistock Publications, 1.963  
entre otros. Llamo a esta parte modelo  
de Tavistock debido a las muchas perso  
nas que han intervenido en la formula  
ción de este modelo.
- (36) HOMANS, G.C. "The Human Group"  
New York. Harcourt. Brace an World 1.950
- (37) LIKERT, R. "New Patterns of Management"  
New York. MacGraw-Hill. 1.961
- (38) KAHN, R. L. "Organizational Stress: Studies in Role  
WOLFE, D.M. Conflict and Ambiguity"  
SNOEK, J. D. New York. John Wiley. 1.964.  
ROSENTHAL, R.A.

- (39) BURNS, T. "The management o Innovation"  
STALKER, G.M. London. Tavistock Publications 1.961
- WOODWARD, Joan "Industrial Organization: Theory and  
Practice"  
Oxford University Press. 1.965.
- (40) LAWRENCE, P. R. y "Organization and Environment: Managing  
LORSCH, J. W. Differentiation and Integration"  
Boston. Harvard Graduate School of Bus-  
sines Administration. 1.967
- DALTON, E. W. "Organizational structure and Design"  
LAWRENCE, P. R. Houewood. Irwin-Dorsey 1.970.  
LORCH, J. W.

### APENDICE I

En este apéndice se recogen, sin ánimo exhaustivo sino meramente enunciativo, distintas definiciones de sistema. Sirvan como muestra de la complejidad del tema.

"Un sistema es una abstracción matemática que se desarrolla para servir como modelo para un sistema dinámico". (Freeman, H. Discrete-Time Systems. John Wiley; 1.965, pág. 1).

"Un sistema en el más amplio sentido puede - ser justamente cualquier cosa que pueda considerarse como una sola entidad".... "Un sistema descomponible es un sistema para el que existen unos medios de descomponerlo en partes, o subsistemas".

(Roda, M., y H. Shuford, Jr. Logic of Systems: Introduction to a formal Theory of Structure. General Systems. Vol. 10, 1.965. pág. 8).

"Definición lingüística: Un sistema general es un conjunto de oraciones adecuadas".

"Definición explícita: Un sistema general es - un subconjunto adecuado de X" o "Un sistema general es una relación definida sobre el producto cartesiano X".

"Definición implícita (sintáctica): Un sistema general se define por:

1. Un conjunto de objetos formales definidos implícitamente.
2. Un conjunto de transiciones elementales T.
3. Un conjunto de reglas P para formar las secuencias de T.
4. Un conjunto de sentencias que indican las formas iniciales de los objetos formales para utilizarlas en generar nuevas formas de los objetos".

(Mesarovic, M. D. (Ed). Views on General Systems Theory. John Wiley, New York 1.964, págs. 6-7).

"La teoría de sistemas está basada en el supuesto de que el comportamiento externo de cualquier mecanismo físico puede describirse por un adecuado modelo matemático, que identifica todas las características que condicionan la operación del mecanismo. El modelo matemático resultante se denomina un sistema".

(Booth, T.L. Sequential Machines and Automata Theory. John Wiley, New York, 1.967, pág. 2).

"Un sistema desde un punto de vista matemático es cualquier porción del mundo que puede describirse en cualquier tiempo adscribiendo valores específicos a un número de variable".

(Rapoport, A. Remarks on General Systems Theory. General -- Systems, vol 8, pp. 123-128; 1.963. pág. 8). .

"Un sistema se define como cualquier conjunto de variables que él (un observador) selecciona de las disponibles en la "máquina real".

(Ashby, W. R. Design for a Brain. John Wiley, New York. -- 1.952. pág. 16).

"Un sistema abstracto, o, simplemente, un sistema, S, es un conjunto parcialmente interconectado de objetos abstractos  $a_1, a_2, a_3, \dots$ , denominados los componentes de S. Estos pueden estar orientados o no; pueden ser finitos o infinitos en número; y cada uno de ellos puede asociarse con un número finito o infinito de variables terminales".

(Zadeh, L. A. and C.A. Desoer. Linear System Theory. MacGraw-Hill, New York; 1.963. pág. 65).

"Un sistema puede definirse como un complejo de elementos interactivos  $f_1, f_2, \dots, f_n$ ."

( L. von Bertalanffy. An Outline of Gnral System Theory. Brit. J. for the Philosophy of Science, Vol. 1, 1.950. Pág. 143.)

"Sea el sistema S que contiene los elementos  $a_1, a_2, \dots, a_n$  y sea  $a_0$  el ambiente del mismo. Introduzcamos el conjunto  $A = \{ a_1, a_2, \dots, a_n \}$  y el  $B = \{ a_0, a_1, \dots, a_n \}$ .

Caractericemos cada elemento del conjunto B por un conjunto de cantidades de entrada y otro de cantidades de salida: Representemos por el símbolo  $r_{ij}$  la manera en que las cantidades de entrada del elemento  $a_j$  dependen de las cantidades de salida del  $a_i$ , que se deduce de la relación entre estas cantidades. El conjunto de todas las  $r_{ij}$  ( $i, j = 0, 1, \dots, n$ ) se representará por R.

Un sistema se define por la sentencia que todo conjunto  $S = \{ A, R \}$  constituye un sistema".

(Klir, G.J., and M. Valach. Cybernetic Modelling. D. Van. - Nostrand, Princeton, N. J.; 1.967. Pág. 28.).

"Un sistema es una colección de diversas unidades funcionales interactivas, tales como elementos bio-

lógicos, humanos, de máquinas, de información o naturales, integrados con un ambiente para conseguir un objetivo común mediante la manipulación y el control de materiales, información, energía y vida".

(Revista IEEE, Grupo de Ciencias de Sistemas y Cibernética, número 7, mayo 1.967, pág. 6.).

"Sistema es: (a) "Una unidad compleja formada de muchos hechos a menudo diversos sujetos a un plan común o cumpliendo un propósito común". (b) "Una agregación o ensamblaje de objetos unidos en interacción regular o interdependencia". (c) "Un conjunto de unidades combinadas por la naturaleza o la acción para formar un todo orgánico integrado u organizado". (d) "Una totalidad funcionando ordenadamente". (Tercer Nuevo Diccionario Internacional de Websters).

"Un sistema es un ensamblaje integrado de elementos interactivos diseñado para cumplir cooperativamente - una función predeterminada".

(Gibson, R. E. The Recognition of Systems Engineering. Operations, Research and Systems, Edited by C. D. Flagle, John Hopkins Press, Baltimore; 1.960. Pág. 58.).

"En este libro la palabra "sistema" se emplea para comunicar al menos dos diferentes ideas:

1. Una organización regular u ordenada de componentes o partes en una serie conectada e interrelacionada a todo.

2. Una serie o grupo de componentes o partes necesario a alguna operación".

(Wilsoh, I. G., and M. E. Wilson. Information. Computers, - and System Design. John Wiley, New York; 1.965. Pág. 3.).

"Un todo que está compuesto de muchas partes. Un conjunto de atributos".

(Cherry, C. On Human Communication. John Wiley, New York; 1.957. Pág. 307.).

"Un sistema es una región acotada del espacio-tiempo, en la cual las partes componentes se asocian en relaciones funcionales"

(Miller, J. G. Toward a General Theory for the Behavioral -- Sciences. American Psychologist, Vol. 10, 1.955. Pág. 6.).

"Un sistema es un mecanismo, procedimiento, o esquema que se comporta de acuerdo con alguna descripción, su

función es operar con información y/o energía y/o materia en una referencia temporal para producir información y/o - energía y/o materia".

(Ellis, D. O., and F. J. Ludwig. Systems Philosophy. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J.; 1.962. Pág. 3).

"Concebimos un sistema como un conjunto de - actividades (funciones) conectadas en el tiempo y el espacio por un conjunto de práctica de toma de decisiones y evaluación de comportamientos (esto es, control)".

(Sengupta, S.S., and R. L. Ackoff. Systems Theory from an Operational Research Point Of View. Trans. IEEE, Vol. SSC-1, No. 1, 1.965, Pág. 43).

"Df. 1.1.a: Un sistema es una organización, - conjunto, o colección de cosas conectadas o relacionadas de - tal manera que forman una totalidad a todo".

Df. 1.1.b: Un sistema es una organización de componentes físicos conectados o relacionados de tal manera que forman y/o actúan como una sola unidad".

(Distefano, J. J., A. R. Stubberud, and I. J. Williams. Feedback and Control Systems. Schaum Publ. Co., New York; 1.967 Pág. 1.).

"Un sistema es un conjunto de objetos junto con relaciones entre los mismos y entre sus atributos".

(Hall, A. D., and R. E. Fagen. Definition of System. General Systems, Vol 1, 1.956. Pág. 18.).

"Un sistema, en el habla actual, es un mecanismo que acepta una o más entradas y genera una o más salidas".

(Fox, J. (Ed.) System Theory. Polytechnic Press, Brooklyn, N.Y.; 1.965. Pág. 6.).

"Df 2.2. Nociones teóricas de sistemas. Un sistema es un conjunto  $Z = \{S, P, F, M, T, \sigma\}$ , donde

S es un conjunto no vacío.

P es un conjunto no vacío.

F es un conjunto admisible de funciones de entrada con valores en P.

M es un conjunto de funciones, cada una definida en S con valores en S.

T es un subconjunto de R que contenga el 0.

$\sigma$  es una función definida en  $F \times T$  con valores en M tal que  $\sigma$  es sobreyectiva y

(1) la correspondencia idéntica  $\omega \in M$  y para todo  $f \in F$ ,  $\sigma(f, 0) = \omega$ ;



(2) Si  $f \in F$ ,  $s, t$ , y  $s+t \in T$ , entonces  $\sigma$   
 $(f \rightarrow s, t) \sigma(f, s) = \sigma(f, s+t)$ ;

(3) Si  $f$  y  $g \in F$ ,  $s \in T$ , y  $f(t) = g(t)$  para to  
do  $t \in R(S)$ , entonces  $\sigma(f, s) = \sigma(g, s)$  ".

(Wymore, A. W. A Mathematical Theory of Systems Engineering.  
John Wiley, New York; 1.967. Pág. 30.

"Por el momento será suficiente pensar en  
un sistema como un grupo de objetivos físicos en una parte  
limitada del espacio que permanece identificable como un gru  
po a través de una longitud de tiempo apreciable".

(Bergmann, G. Philosophy of Science. Univ. of Wisconsin Press,  
Madison; Pág. 92).

"Un sistema en el más amplio sentido puede  
ser justamente cualquier cosa que pueda considerarse como una  
sola entidad".

(Roosen-Runge, P. H. Toward a Theory of Parts and Wholes: an  
Algebraic Approach. General Systems, Vol. 11, 1.966. Pág. 13).

"Un sistema es una colección de entidades o  
cosas (animadas o inanimadas) que recibe ciertas entradas y -

está restringida a actuar concertadamente sobre ellas para producir ciertas salidas con el objetivo de maximizar alguna función de las entradas y salidas".

(Kershner, R. B. A. Survey of Systems Engineering Tools and Techniques Operations, Research and Systems, Edited by C. - D. Flagle, Johns Hopkins Press, Baltimore; 1.960, Pág. 141).

74

**SEGUNDA PARTE: El problema de la toma de decisión en las  
Organizaciones.**

## 1. LA CIENCIA Y LA RESOLUCION DE PROBLEMAS.

El objeto de la investigación de las ciencias que se apoyan en el enfoque decisional es la toma de decisión, es decir, la resolución de problemas concretos. En otros términos: influir de algún modo en una situación en una dirección deseada.

La ciencia de la toma de decisión no está interesada en describir, explicar y predecir el comportamiento de la toma de decisión solamente, sino fundamentalmente en mejorarla. El principal objetivo es indicar lo que la toma de decisión "debe de ser" en vez de solamente qué y porque "es". La ciencia de la toma de decisión es fundamentalmente prescriptiva -"debe de ser"- y no descriptiva -"es"-.

Ahora bien, el problema que se presenta es que a la ciencia se le atribuye generalmente un objetivo explicativo; en consecuencia la metodología de la ciencia se restringe a la obtención de teorías explicativas. Es decir, no existe una metodología explícitamente prescriptiva.

Frente a la realidad existente, sea natural o social, el científico asume una actitud cognoscitiva in tentando concretar una explicación de la realidad. En la natu raleza de su actitud se halla insita una premisa fundamental: la cognoscibilidad de la realidad. La comprensibilidad de las cosas permite la relación cognoscitiva sujeto-objeto, entre el hombre y la realidad. Esa comprensibilidad deviene, entre otros de un rasgo central: los fenómenos de la naturaleza o de la so ciedad no se producen en forma anárquica e intermitente; tras de las distintas formas de su exteriorización, pueden hallarse regularidades de algún orden. Ahora bien, ¿qué objetivos se -- propone la ciencia respecto a esa realidad?. La consulta de al gunos textos de filosofía de la ciencia y metodología (1) pron to muestra, que en su opinión, el objetivo de la ciencia es la explicación. La ciencia sirve para formular teorías explicati- vas acerca de la realidad. Un punto de vista más amplio de al- guna manera es el de que la ciencia trata con la explicación y la predicción (2). Sin embargo resulta difícil encontrar un -- tratamiento metodológico sobre la prescripción (3).

Según lo expuesto, correspondería afirmar que la obtención de la explicación científica constituye la -

frontera de la ciencia. Una actitud de comprensión por la comprensión misma (4). Sin embargo es indiscutible que la actividad científica surge del hombre como un medio de mejorar su situación existencial, y propender a su progreso. Resulta innegable entonces la conexión de la ciencia con sus posibles usos o aplicaciones y la consiguiente preocupación del científico por dicho tema.

Para establecer reglas de acción aplicables a la realidad, el hombre puede apelar a distintas fuentes: experiencia, intuición y el conocimiento científico. Las dos primeras sólo pueden fundamentar normas de acción de tipo no generalizable, y por tanto limitadas en su eficiencia. Dificilmente la experiencia respecto a determinado procedimiento tenga validez estadística por si sola, y en cuanto a la intuición no proporciona elementos suficientes que permitan una elección racional entre alternativas de acción. La fuente más completa que proporciona fundamentos para estructurar normas de acción generalizables y relativamente permanentes, es el conocimiento científico. La ciencia explica determinada realidad. La técnica se propone transformarla, pero sólo podrá operar sobre ella de modo eficiente si parte de la comprensión de su naturaleza, dinámica de funcionamiento, e interrelaciones. El conocimiento técnico se estructura, pues, a partir del co-

nocimiento científico. El conocimiento científico se compone de hipótesis, leyes, teorías postulados, etc., que implican distintos grados de conjetura sobre la realidad. El conocimiento técnico, por su parte, está integrado por cuerpos de reglas, que prescriben acerca de los criterios de elección de alternativas, y norman la acción práctica en general.

Por lo tanto hay que distinguir entre dos clases de puntos de vista científicos: uno clásico que considera que el objetivo primordial de la ciencia es la explicación de la realidad y otro que considera que el objetivo fundamental de la ciencia es mejorar la realidad. La ciencia, llamemosla teorética, formula teorías explicativas; produce la explicación y la predicción. La segunda tiene por objetivo recomendar cursos de acción para mejorar una cierta situación, es decir, la resolución de problemas concretos. Llamemosla ciencia prescriptiva.

Un argumento para probar que toda ciencia es prescriptiva es la no existencia de una "realidad objetiva". Los hechos empíricos observados son conceptualmente hechos estructurados. Diferentes observadores formarán diferentes imágenes de la

realidad, dependiendo de su patrón de normas y valores y de su "visión" del mundo (5). Toda descripción de la realidad dependerá del observador. Si se asume que todo individuo es plenamente "consciente" entonces cada modelo que se hace de la realidad depende del deseo de éste. A partir de aquí incluso la explicación y la predicción serían actividades normativas en este sentido. La conclusión de que toda ciencia es normativa no justifica sin embargo la conclusión de que toda ciencia es prescriptiva en el sentido de la resolución de problemas concretos. La explicación y la predicción no lo son.

Veamos ahora con algo más de extensión -- los conceptos de explicación y de prescripción desde la perspectiva de la metodología de la ciencia.

Los intentos de definir y analizar la noción de explicación son relativamente recientes. En realidad, no se debe hablar de "explicación", sino de "explicaciones"; en primer lugar porque no son uno sino varios los tipos de explicación que pueden considerarse fundamentales, y en segundo lugar a causa de que es objeto de fuertes controversias el que los numerosos tipos de explicación analizados hasta ahora, sobre todo los

de las ciencias humanas, sean reductibles a estos modelos básicos de explicación.

El origen del interés por el tema se encuentra en la reacción contra la tesis positiva y fenomenista, sustentada entre otros por Mach, de que la ciencia describe, pero no explica. Tal tesis, a su vez, era una reacción contra la afirmación, inspirada en el pensamiento filosófico tradicional y sustentada en ese contexto histórico fundamentalmente por los idealistas, de que el objeto de una explicación era hallar las causas últimas de los fenómenos, concepción que se puede denominar como metafísica. La tesis descriptivista pretendía salvar a la ciencia de estas exigencias excesivas. Sin embargo, empobreció a la vez la función de la ciencia, y por ello se trató de elaborar, a partir sobre todo de los años treinta, una teoría de la explicación que, ajena a toda exigencia metafísica, fuese satisfactoria y se adecuase al uso científico normal del término. Campbell primero, Popper y los positivistas lógicos después y más recientemente Hempell y Oppenheim entre otros, realizaron un análisis lógico de tal noción, con referencia especialmente a las ciencias naturales. De acuerdo con él, una explicación consta de dos elementos: el explanandum, o aquello que se requiere explicar,

y el explanans, o aquello que utilizamos para dar razón del explanandum. Diremos que el segundo constituye una explicación satisfactoria si implica al primero, lo cual significa que, por ser una relación lógica lo que hay entre ellos, se dará entre enunciados que describan fenómenos o constituyan leyes generales.

Así, una explicación de un fenómeno consistirá en inferir el enunciado que lo describe de una conjunción de una o varias leyes científicas y uno o varios enunciados que especifiquen que las condiciones de las que depende la validez de tales leyes están presentes en el fenómeno que tratamos de explicar, constituyendo, por tanto, un caso concreto de ellas (tales enunciados se denominan condiciones antecedentes). Tal conjunción forma el explanans, del cual se deduce el enunciado que describe el fenómeno a explicar; y todo el conjunto es la explicación.

Explicar es, pues, en este sentido, subsumir el fenómeno a explicar bajo una ley general. Este modelo de explicación se denomina nomológico-deductivo, no solo porque en él el explanandum se deduce del explanans, sino también por contener éste generalizaciones nómicas, es decir, leyes. Para que la ex-

plicación sea correcta se requiere, además, que el explanans tenga contenido empírico y que sus enunciados sean verdaderos o estén altamente confirmados por los elementos de juicio disponibles.

Junto a este modelo se encuentra el inductivo-estadístico, que se aplica a aquellas explicaciones en que aparecen generalizaciones estadísticas en el explanans, esto -- último hace que, a diferencia del anterior, la relación entre explanandum y explanans no se deductiva, pues el segundo no puede implicar al primero. Lo que hay es, por así decirlo, una transferencia del grado en que los elementos de juicio apoyan o confirman la generalización estadística al fenómeno que se trata de explicar, a través de las condiciones antecedentes; de forma que el fenómeno queda explicado al conferirle el mismo grado de confirmación que ostenta la ley estadística. A esta especie de transferencia se la denomina apoyo inductivo. Con todo, el status de ese tipo de explicación es delicado, ya que supone la posibilidad de una cuantificación numérica de los grados de confirmación, posibilidad bastante controvertida.

Ambos modelos no sólo se aplican a los casos en que se explican fenómenos empíricos, sino también a aquellos en que se trata de leyes científicas, y en este caso las generalizaciones que aparecen en el explanans habrán de ser de un orden superior al de la que se quiere explicar. Esto supone la transformación del segundo tipo en deductivo-estadístico, y en este sentido puede ser asimilado al primero. Una cuestión -- importante es que los esquemas de explicación pueden convertirse en esquemas de predicción. Puesto que el explanans implica o apoya al explanandum, es posible, dado el explanans, predecir el explanandum. Así, si calentamos un metal podemos predecir a la vista de que todos los metales se dilatan, que tal metal se dilatará. En consecuencia, tales esquemas tienen un doble uso: -- predictivo y retrodictivo, es decir, explicativo.

No obstante, hay otros tipos de explicación. Nagel (6) señala, aparte los anteriores, dos clases más: las -- funcionales o teleológicas y las genéticas. Las primeras son ex explicaciones en términos de funciones o finalidades y no tienen por qué ser asociadas con la doctrina metafísica de las causas finales o con puntos de vista antropomórficos. Las segundas --

tratan de explicar un determinado fenómeno o suceso mostrando que es producto de un proceso evolutivo, es decir, que determinan la secuencia de los principales sucesos que originan el que un sistema pase de un estado a otro distinto. Lo que pretende, pues, es mostrar la génesis del suceso. Mientras que la reducción de las explicaciones teleológicas al modelo en el cual la explicación se da por subsunción bajo una ley, no considerándolo por tanto como distinto, no ha suscitado grandes discusiones el mismo intento con respecto a las genéticas (argumentando que sólo si suponemos que el paso de un estado a otro incluye leyes generales es posible hablar de que éste quede explicado) ha provocado fuertes reacciones, sobre todo por parte de algunos historiadores.

A pesar de que estos distintos patrones de explicación fueron propuestos en un principio como alternativos al patrón de explicación nomológico-deductivo tipo de las ciencias sociales, de las ciencias naturales y de los historiadores como hemos visto no son diferentes del antiguo modelo nomológico-deductivo de explicación en su exigencia de la existencia de una ley científica empírica altamente confirmada.

Además se puede establecer que las explicaciones racionales y funcionales, tanto como las teleológicas son idénticas.

La diferencia entre motivación (racionalidad) y objetivo (teleología) puede ser importante para los psicólogos, pero significa únicamente que un sistema quiere alcanzar un estado.

Una prescripción es una manifestación que indica lo que debería hacerse para lograr cierto objetivo. Sin embargo la metodología de la prescripción trata también de los objetivos en sí mismos. Podemos distinguir entonces dos tipos de prescripción: en la primera el objetivo está dado y nuestro interés se centra exclusivamente en los medios para obtener el objetivo. Digamos que es instrumental. En la segunda, debido a que puede haber diferentes objetivos o incluso un conflicto, la prescripción alcanza incluso a los propios objetivos. Llamemos a este segundo tipo de prescripción, normativa.

Desde el punto de vista de su estructura -

lógica la explicación, la predicción y la prescripción pueden considerarse como idénticas.

El papel deductivo de la explicación se puede representar por medio de una ley teórica  $\forall x(F(x) \rightarrow G(x))$  y un antecedente  $F(a)$  que juntos forman el explanans y un consecuente  $G(a)$ , es decir, el explanandum.

El papel lógico de una predicción es exactamente igual. Se diferencia en que  $G(a)$  tendrá lugar en el futuro, en vez de haber sido ya observado como en el caso de la explicación. En la explicación  $F(a)$  está dado y dependiendo de -- una ley universal  $\forall x(F(x) \rightarrow G(x))$ , se busca  $G(a)$ . El mismo papel lógico deductivo también puede usarse como un patrón interpretativo de la prescripción:  $G(a)$  está dada (deseada) y, dependiendo de una ley  $\forall x(F(x) \rightarrow G(x))$ , se busca una  $F(a)$  con la que se obtendrá el  $G(a)$  deseado. Es decir, para poder prescribir que debe llevarse a cabo  $F(a)$  para alcanzar el objetivo  $G(a)$ , debería existir una afirmación universal  $\forall x(F(x) \rightarrow G(x))$ .

De acuerdo con lo anterior la base de los tres tipos es la existencia de una ley científica altamente con

firmada.

De lo expuesto se deduce que la metodología de la prescripción es algo todavía muy cuestionable. Pero no es menos cierto que la exigencia de una ley científica altamente confirmada hace de la metodología teórica (clásica) algo tan problemático que la inválida en muchos casos. De ahí que debamos seguir investigando de cara a hallar un enfoque alternativo al enfoque clásico a la prescripción.

NOTAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) HEMPEL, C. G. "La investigación científica trata de descubrir regularidades en el flujo de los acontecimientos y establecer así leyes generales que puedan ser usadas para la predicción, la retrodicción y la explicación".
- "El dilema del teórico"
- Cuadernos de Epistemología, n° 49.  
Universidad de Buenos Aires. Facultad de Filosofía y Letras 1.962, pág. 1.
- "Aspects of Scientific explanation"  
Free Press, New York, 1.965.
- (2) POPPER, K. R. "The logic of scientific discovery"  
Hutchinson, London, 1.959
- BRODY, B. A. "Readings in the philosophy of science"  
Prince-Hall, Englewood Cliffs, 1.970.



I. Lakatos y A. Musgrave (eds): Cri  
ticism and the growth of knowledge.  
Cambridge. Univ. 1.970.

(6) NAGEL, E.

"La estructura de la ciencia"  
Buenos Aires. 1.968 Capítulo 2 II.

## 2. CONSIDERACIONES SOBRE EL TERMINO RACIONALIDAD EN LA TOMA DE DECISION.

Uno de los principales elementos del concepto de toma de decisión es la elección. Simon destaca la importancia de este aspecto cuando dice: "el proceso de elección que lleva a la acción". En la teoría matemática de la decisión, la toma de decisión se define como "la elección entre un número - dado de alternativas". La teoría matemática trata de la optimización de esta elección.

Cuando se efectúa una elección -entendiendo por tal sólo aquella que resulta de un proceso volitivo consciente- se presenta inmediatamente el problema de establecer si es correcta o no. A este propósito el criterio fundamental se busca, generalmente, en la referencia a los objetivos. Las elecciones se toman en vista de los objetivos que el individuo, en una determinada situación, se propone alcanzar; en consecuencia, puede afirmarse que la elección es correcta si nos lleva a preferir, entre todas las alternativas posibles y conocidas, la que -de acuerdo con los recursos y los medios de los que dispone en el momento- permite mejor conseguir dichos objetivos.

Decimos "aquella que permite mejor conseguir los objetivos", y no "aquella que asegura la plena consecución de los objetivos". Este planteamiento tiene su origen y su justificación en la imposibilidad material para todo individuo y para toda organización, de alcanzar la perfección, desde el momento en que nadie puede conocer con certeza absoluta todas las soluciones alternativas efectivamente posibles, todas las implicaciones y las consecuencias de tales alternativas, ni puede disponer de todos los datos necesarios para una valoración exacta, ni prever todos los factores capaces de influir en el resultado de la acción elegida.

Por consiguiente, es necesario aceptar el principio de que la elección, cualquier elección, tiene siempre un carácter de compromiso: no tiene porque ser la mejor en sentido absoluto, ni la más deseada, sino la que, respecto a las otras posibles y conocidas y respecto tanto a las circunstancias y al momento en que uno se encuentra, como a los medios y a los recursos de que uno dispone, permite alcanzar en grado más elevado el objetivo.

El proceso de decisión para solucionar los problemas de elección se realiza en varias fases, pudiendo divi-

dirse un tal proceso en diversas etapas, con el fin de agrupar bajo diversos criterios, las funciones parciales. Depende del problema de elección, cómo se divide el proceso de decisión en funciones parciales:

a) Una primera fase en la que se determina el problema de elección; se delimita el problema partiendo de informaciones iniciales.

b) Una segunda fase en la que se adoptan las medidas previas a la decisión determinando las posibles alternativas, sus limitaciones y los objetivos en los que se orientan.

c) Una tercera fase en la que se ordenan las alternativas admitidas en base al cumplimiento de los objetivos esperados; la elección de aquella alternativa que mejor realiza el objetivo perseguido constituye la última del proceso.

Para elegir una de entre las alternativas es necesario determinar las consecuencias de todas las alternativas, seleccionando, al efecto, aquellas que sean relevantes pa

ra el problema de decisión, según criterios a definir. Se entiende por alternativa las combinaciones viables de las posibilidades de actuación organizacional que agotan los medios disponibles.

Con el fin de juzgar la corrección de la solución elegida. Simon ha introducido el concepto de "racionalidad": es racional el comportamiento en la medida en que lleva a la elección de alternativas capaces de conseguir los objetivos fijados con anterioridad.

El adjetivo "racional" se usa de muchas maneras, tiene diversos significados.

"Una discusión puede ser llamada "objetivamente" racional si de hecho representa el comportamiento correcto para maximizar valores dados en una situación determinada. Es "subjetivamente" racional si maximiza el resultado respecto del conocimiento actual sobre el tema. Es "conscientemente" racional en el grado en que los ajustes de los medios para lograr los fines son el resultado de un proceso cons

ciente. Es "deliberadamente" racional en el grado que los ajustes de los medios para lo grar los fines hayan sido deliberadamente - introducidos (por el individuo u organiza-- ción). Una decisión es "organizacionalmente" racional si está orientada al logro de los objetivos de la organización; es "personalmente" racional si está orientada a los obj etivos individuales" (1).

Aquí nos interesa el uso que del adjetivo racional hacemos cuando decimos de determinadas creencias, decisiones, ac ciones y conductas de los seres humanos que son racionales, y de otras, que no lo son. Es evidente que la racionalidad (en este - sentido) presupone el uso de razón, que es una condición necesaria, pero no suficiente de ella. ¿Qué es, pues, la racionalidad?. La racionalidad -en el significado en que aquí la entendemos- no es una facultad, sino un método. La aplicación del método racional presupone ciertas facultades. Pero ninguna facultad garantiza que se aplique el método racional.

Puede suceder también que la elección realizada por una persona en vista de un objetivo sea racional, pero diferente

de la efectuada por otra persona puesta en las mismas condiciones, y esto porque es diferente el valor que cada una atribuye a los comportamientos alternativos considerados y a sus consecuencias directas e indirectas. Para juzgar si la elección realizada por un individuo en una determinada situación es racional, por lo tanto, es necesario no sólo hacer referencia a los objetivos, sino introducir el concepto de "valor".

"Un valor es una concepción, explícita o implícita, distintiva de un individuo o característica de un grupo, de la deseabilidad, y la cual influye en la selección de los modos disponibles, medios y fines de la acción... El valor puede ser definido como el aspecto de la motivación que se puede referir a estándares, personales y culturales, que no surgen únicamente de tensiones inmediatas o situaciones inmediatas" (2).

Cada uno orienta sus elecciones sobre la base de determinados valores, los cuales reflejan la deseabilidad, la utilidad que tienen para él los diferentes comportamientos alternativos y sus consecuencias.

En un primer caso, nos encontramos frente a una elección "objetivamente racional". En un segundo, diremos que la elección efectuada por el individuo es racional - si él ha preferido, entre las distintas alternativas posibles presentes en su mente, aquella que, sobre la base de los datos de que dispone, de sus conocimientos sobre el problema y sobre las soluciones alternativas, y de los valores que atribuye a tales alternativas y a sus consecuencias, considera que lleva al resultado más deseado y conveniente para él. La elección, en este caso, es "subjetivamente racional".

Como se pone de manifiesto por lo visto anteriormente el concepto básico detrás de la racionalidad es el de objetivo. Un objetivo puede definirse como un orden de preferencia sobre alternativas. En cuanto al conjunto de alternativas (objetivos) ha de subrayarse que éste debería incluir todas las alternativas relevantes, es decir, inputs, acciones, estados y outputs que a lo largo del tiempo nos permiten alcanzar el objetivo, y no fijarnos sólo en los estados y resultados finales.

Las consideraciones hasta aquí expuestas sobre la corrección y la racionalidad de las elecciones hay que

tomarlas con una importante distinción. Se ha dicho que cada elección se realiza en vista de un objetivo: ahora bien, este objetivo no constituye necesariamente el fin último al que tiene el sujeto al efectuar la elección. Todo objetivo es al mismo tiempo un objetivo respecto a una elección efectuada a nivel inferior, y un medio respecto a un objetivo de nivel más elevado. Del hecho de que de un objetivo último dependan toda una serie de objetivos intermedios se deriva una consecuencia importante: las elecciones realizadas en vista de los objetivos no están -- aisladas las unas de las otras, sino estrechamente unidas e integradas: hay, pues, una serie de elecciones racionales, ordenadas en vista del objetivo último. Esta serie de elecciones constituye una "estrategia".

Juzgar las elecciones teniendo en cuenta -- solamente los objetivos es un grave error. En efecto, una elección es racional si lleva a preferir el comportamiento que mejor permite realizar el objetivo perseguido en ese momento: en el caso de que fuese guiada solamente por la consideración del objetivo último, no podría calificarse de racional, sino de teleológica.

Algunas veces el objetivo puede ser incompleto, es decir, existe un orden pero es desconocida la preferencia relativa de los diversos pares de alternativas. Por ejemplo, si  $a \sim b$ ,  $a \sim c$ ,  $a \sim d$  y  $d \sim c$  la transitividad lleva a que  $a \sim c$ . Sin embargo el orden de preferencia de  $b$  y  $d$  es desconocido como puede verse en la figura



Asimismo el objetivo puede tomar la forma de una partición del conjunto de alternativas en un conjunto de alternativas deseadas y un conjunto de alternativas no deseadas. El objetivo entonces se define como un subconjunto.

El objetivo puede tener un carácter compuesto, es decir, puede tener una forma de vector multidimensional. Esto significa que el objetivo representado por una función de valor real  $V: Z \rightarrow R$  puede o bien referirse a un número de características ( $V: Z_1 \times Z_2 \times \dots \times Z_n \rightarrow R$ ) o puede ser multidimensional ( $V: Z \rightarrow R^n$ ). Un ejemplo de éste último es el llamado orden lexicográfico-

co en cuyo caso existe una dominancia entre los órdenes.

Finalmente algunas observaciones sobre el concepto de objetivo como una herramienta para la explicación. Metodológicamente se puede aducir que un objetivo no es una -- propiedad intrínseca de ninguna persona. Ningún sistema sea el que sea, y por lo tanto ninguna persona, "tiene" un objetivo. Un objetivo es un concepto teórico que se atribuye a un sistema en particular para explicar su comportamiento. Un objetivo no es un sistema-propiedad sino un modelo-propiedad. A partir de ahí la cuestión de si puede probarse empíricamente que una persona en particular "tiene" un objetivo es irrelevante. El único criterio es que el comportamiento de la persona esté explicado adecuadamente o no.

La racionalidad en la toma de decisión es un concepto que trata del comportamiento. El comportamiento se considera generalmente como una elección entre alternativas; la racionalidad es por lo tanto un concepto que trata del modo en que se elige entre alternativas. El concepto de racionalidad se usa y se define de muchos modos distintos como hemos visto. La definición de racionalidad que se adopta generalmente en la

literatura de la ciencia de la decisión es la de que el comportamiento racional es un comportamiento orientado hacia un objetivo.

Una objeción que cabe hacer a esta definición de racionalidad es que no explica suficientemente el proceso de toma de decisión. Si se define la racionalidad como un -- comportamiento orientado hacia un objetivo y un objetivo en términos de resultados deseados, la dinámica del proceso cae fuera del campo de la racionalidad. Para Mayntz (3) la racionalidad se define generalmente en términos del resultado de la decisión, pero afirma que tendría mucho más sentido buscar la racionalidad - en el procedimiento seguido para llegar a la decisión. Otra propuesta sobre la racionalidad de procedimiento se ha hecho por - Simon (4). Argumenta que la capacidad limitada de procesamiento de información del decisor le impide tomar las decisiones opti--mas. Esto supone que se tiene que contentar con soluciones "satisfactorias" pero ahora el problema es como establecer un procedimiento para encontrar dicha solución en el modo más eficiente, es decir, el problema es la racionalidad de procedimiento.

Uno de los desarrollos más importantes

en la teoría de la toma de decisión organizacional ha sido la tendencia a partir de teorías estáticas para tender a teorías multifase dinámicas, es decir, los teóricos de la decisión organizacional están convencidos de la importancia de la dinámica de los procesos de decisión. Sin embargo, el concepto de racionalidad, formulado unicamente en términos de resultados deseados (objetivos), no puede explicar los aspectos dinámicos del proceso que llevan a ese resultado en particular. El objetivo no debe, por lo tanto, restringirse solo a un orden sobre las alternativas de resultados. Veamos, resumidamente, porqué.

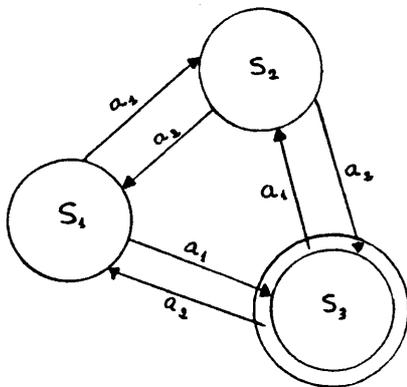
Un proceso de decisión puede describirse en términos de un sistema dinámico normativo formado por un conjunto de acciones, un conjunto de estados, una relación estado presente-acción-estado futuro (el modelo), y un objetivo (estado final deseado). Veamos un sencillo ejemplo:

Dado el conjunto de acciones  $A = \{ a_1, a_2 \}$ , el conjunto de estados  $S = \{ S_1, S_2, S_3 \}$  y el modelo estado -- presente-acción-estado futuro. Supongamos que  $S_3$  es el resultado deseado. Entonces es posible transformar este sistema normativo en un sistema de procedimiento que describa los procedimientos

para llegar al estado final deseado, dependiendo de en que estado nos encontremos. Todo ello está visualizado en la figura adjunta.

Si el estado presente es	entonces realizar la acción
$S_1$	$a_1$
$S_2$	$a_2$

Modelo de procedimiento

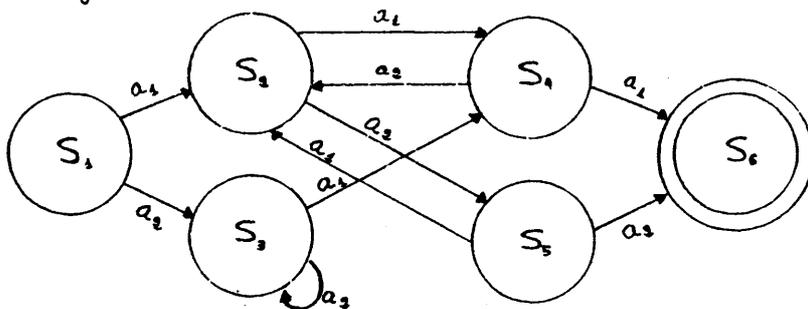


Modelo Normativo

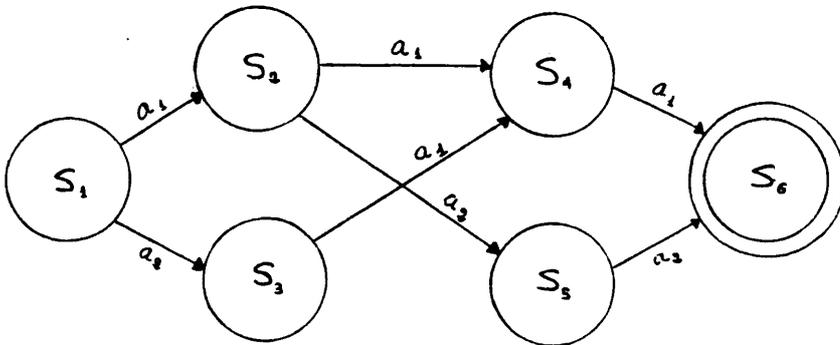
Como podemos ver, la transformación en el caso del ejemplo es única y trivial. La transformación de un modelo normativo en un modelo de procedimiento, no es, sin embargo, siempre tan simple como esta.

Vemos que el modelo de decisión normativo es formalmente equivalente al modelo de decisión de procedimiento que describe el procedimiento de "que hacer" y "cuando". El ejemplo anterior, sin embargo, sólo ilustra un proceso de toma de decisión en un único estadio, es decir, el estado final se obtiene en un único paso. Veamos ahora un ejemplo de modelo dinámico de toma de decisión, donde el estado final se obtiene en un cierto número de pasos.

Sea el conjunto de acciones  $A = \{a_1, a_2\}$ , el conjunto de estados  $S = \{S_1, \dots, S_6\}$ , el resultado deseado  $S_6$  y el modelo dinámico el representado en la figura



En esta situación no hay un unico modelo de procedimiento. Podemos ver que sólo se dá el que exista un procedimiento único en los estados del comienzo  $S_3$ ,  $S_4$  y  $S_5$ . A partir de  $S_1$  hay tres caminos a  $S_6$  y desde  $S_2$  dos a  $S_6$  como se ve en la figura.



Modelo de procedimiento

Solo es posible una elección entre procedimientos alternativos si estos procedimientos en si mismos pueden ordenarse de acuerdo con alguna preferencia. En el ejemplo bastaría especificar que se prefiere la acción  $a_1$  a la  $a_2$ . El mejor camino a partir de  $S_1$  sería entonces el procedimiento  $a_1 - a_1$  y desde  $S_2$  el  $a_1 - a_1$ . Como se ve la transformación de

un modelo de toma de decisión normativo en uno de procedimiento no es única.

La insuficiencia dinámica del concepto de racionalidad "ordinaria" radica en la interpretación restrictiva del objetivo, es decir, fijarse exclusivamente en el orden de los estados finales. Un objetivo debería definirse, sin embargo, como un orden sobre todas las alternativas relevantes de tal manera que incluya inputs, acciones y estados intermedios a lo largo de la secuencia temporal del proceso. Un objetivo interpretado como un orden entre todas las alternativas relevantes da como resultado un orden de los procedimientos que llevan a la decisión final. Por lo tanto se puede definir la racionalidad de procedimiento como la determinación del mejor procedimiento de toma de decisión. Los modelos fase usuales de la toma de decisión son buenos ejemplos de la racionalidad de procedimiento.

En los párrafos anteriores se ha aducido que para tratar los procesos de toma de decisión el concepto de racionalidad debería incluir aspectos dinámicos. He llamado a esto racionalidad de procedimiento. Ahora el paso siguiente es darse cuenta de que los procesos de toma de decisión organizacio

nal consisten en algo más que en fases solamente. El tiempo es solo una de las dimensiones que abarca el espacio de los procesos de decisión. Hay numerosos aspectos estructurales que tienen también gran importancia en relación a la toma de decisión organizacional. Desde el enfoque sistémico algunos de estos aspectos estructurales son, por ejemplo, los objetos, los aspectos y las fases del sistema.

Un sistema se puede definir como un conjunto de objetos  $W$ , un conjunto de relaciones  $R_W$  entre estos objetos y un entorno  $E(W)$  con relaciones  $R_{E(W)W}$  entre  $E$  y  $W$ . Un subsistema puede entonces definirse como un subconjunto de estos objetos  $W$  con todas las relaciones originales  $R_W$ . Un aspecto del sistema como todos los objetos  $W$  con solo un subconjunto de las relaciones  $R_W$ . Una fase del sistema como un sistema idéntico al sistema original solo durante un cierto intervalo de tiempo. Si consideramos un proceso de toma de decisión organizacional como un sistema y definimos a los individuos participantes como los objetos del sistema, entonces los subsistemas son conjuntos de individuos (grupos, departamentos, organizaciones, -- etc), los aspectos del sistema son conjuntos de relaciones entre los individuos (problemas, temas, aspectos) y las fases del sis

tema son intervalos de tiempo (períodos, fases).

En estos términos la estructura de un sistema se define como el conjunto de relaciones entre los subsistemas, sistema-aspecto y sistema-fase del sistema. Esta definición es más amplia que la mera definición de "conjunto de relaciones entre objetos" en el sentido de que los objetos están especificados en subsistemas, sistemas-aspecto y sistemas-fase.

Los muchos modelos fase existentes demuestran que no hay una única partición. Un método para realizar esta descomposición es la regla de Simon (5). La regla establece que un sistema complejo deberá subdividirse de tal modo que las intrarelaciones deben ser mayores que las interrelaciones. Este criterio se basa por tanto en las relaciones, de tal manera que el agrupamiento resultante dependerá del tipo de relación considerada. Otro método usado es el criterio de similitud. Se basa en formar grupos de objetos que sean similares. El análisis de los diferentes métodos de descomposición lo trataré más adelante.

Por analogía con la racionalidad de procedimiento podemos imaginar que es bastante posible llegar a la

misma decisión final con diferentes secuencias de sub-, aspecto- y fase de sistemas. La determinación del mejor camino en el espacio tridimensional de los sub-, aspecto- y fase de sistemas, es el objeto de la racionalidad estructural. Con este concepto de racionalidad estructural nos interesamos en las diferentes transferencias de una parte del sistema a otra para explicar el proceso de los sucesos. Además de las transferencias también nos interesamos en la construcción de aquellas partes. En otras palabras, la racionalidad estructural se preocupa de la organización del proceso de toma de decisión. Se denomina, por tanto, racionalidad estructural a la racionalidad usada para determinar la estructura del proceso de la toma de decisión organizacional.

Por último es necesario advertir que las organizaciones intentan ser racionales pero ello no significa que realmente lo sean, ni que sus decisiones puedan explicarse solamente en función de sus programas de acción, ya que existen múltiples limitaciones que tienden a desviar las acciones respecto de los resultados esperados. Entre los factores que llevan a esta realidad pueden mencionarse: a) el hecho que la organización no controle todas las variables que intervienen en las decisiones, y b) la falta de certeza en cuanto a los efectos

en las técnicas empleadas. La racionalidad completa está vinculada con la posibilidad de diseñar un sistema cerrado que funcione bajo reglas anticipadas; pero las instituciones deben enfrentarse con la variabilidad del medio ambiente, y con un conjunto de restricciones a las cuales se debe adaptar. Su racionalidad es, por lo tanto, una intencionalidad relativa a una determinada situación de contexto, y debe comprenderse de acuerdo con las limitaciones internas en cuanto a las capacidades y la información disponibles.

El concepto de efectividad se aplica para la determinación del grado en que una institución alcanza sus fines declarados y es por lo tanto una medición de carácter relativo que compara los resultados obtenidos, con las metas fijadas por anticipado. La efectividad no se refiere a los medios sino a sus consecuencias y a los propósitos que han orientado a las acciones. En la medida que las operaciones se hayan cumplido como consecuencia de los programas definidos en el marco del planeamiento organizativo, el análisis de la efectividad no sólo esclarece si el fin perseguido ha sido alcanzado, sino que también permite evaluar la intensidad con que las acciones regulatorias condicionan el comportamiento de los miembros y si lo hacen en el sentido deseado.

En la mayoría de los casos la efectividad y eficiencia están relacionadas; sin embargo, la organización necesita con frecuencia establecer maneras diferentes para medirlas. Aún si la organización es efectiva en el logro de sus objetivos, puede no ser eficiente en la utilización de recursos. Inversamente, una organización puede ser eficiente sin ser efectiva.

Eficiencia significa elegir aquella alternativa que permite obtener los resultados deseados con el mínimo costo, o bien obtener mayores resultados sin modificar la magnitud de los costos vigentes. La eficiencia puede representarse como un coeficiente (relación ingreso-producto) o bien como una diferencia expresada en términos del rendimiento neto de una decisión determinada. El análisis de la racionalidad basado en la eficiencia, no requiere una comparación con metas anticipadas, sino con los resultados de las alternativas que se han dejado de lado.

NOTAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) SIMON, Herbert "Administrative Behavior"  
2a. Ed., The Mc Millan Company, Nueva York, 1.959, págs 76-77.
- (2) KLUCKOHN y COL, C. "Values, and Value-orientations in the Theory of Action" en Talcott Parsons y Edward A. Shils (dirs.), Toward a general Theory of Action, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1.951, págs 395 y 425.
- (3) MAYNTZ, R. "Conceptual models of organizational decision-making and their application to the policy process" en G. Hofstede y M. S. Kassem (eds): European Contributions to Organisation Theory, van Gorcum, Assen, 1.972.

- (4) SIMON, H. A. "From substantive to procedural rationality"  
en Kastelein y otros (eds): 25  
years of economic Theory, Nijhoff,  
Leiden, 1.976.
- (5) SIMON, H. A. "The architecture of complexity,  
Proceedings of the American Phi-  
losophical Society"  
106 (1.962) pp. 467-482.

### 3. LA ORGANIZACION DEL SISTEMA DE DECISION.

La necesidad de la descomposición del sistema de toma de decisión en sistemas parciales está motivada por la creciente complejidad que han adquirido las organizaciones. Las organizaciones por ser sistemas abiertos están en relación permanente con su entorno con el cual "intercambian" energía, materia, información, que se utilizan en el mantenimiento de su "organización" frente a la degradación provocada por el tiempo.

Gracias a estos flujos y pese al aumento de entropía del entorno, la entropía de una organización se mantiene relativamente baja. Esto es equivalente a decir que la "organización" del sistema se conserva.

La complejidad proviene tanto de la variedad de los elementos como de la interacción entre los mismos. En otras palabras: las organizaciones están constituidas por una gran variedad de componentes o elementos dotados de funciones especializadas. Estos elementos están organizados en niveles jerárquicos internos. A su vez los diferentes niveles y elementos están unidos por una gran variedad de enlaces.

"Un sistema abierto consigue tender "activamente" hacia un estado de mayor organización, - es decir, pasar de un estado de orden inferior a otro de orden superior, merced a condiciones del sistema. Un mecanismo de retroalimentación puede alcanzar "reactivamente" un estado de organización superior, merced a "aprendizaje" o sea a la información administrada al sistema" (1).

Por lo dicho cabría afirmar que la organización como sistema abierto mantiene un comportamiento caracterizado por una creciente complejidad de su estructura interna, y por tanto, de una creciente diferenciación.

"La diferenciación se define como el estado de fragmentación del sistema organizacional en sub sistemas, cada uno de los cuales tiende a desarrollar atributos particulares en relación con los re querimientos impuestos por su medio externo" (2).

Esta diferenciación ocurre en dos direcciones: la especialización vertical de actividades, representada por la jerarquía organizacional, y la diferenciación horizon-

tal de actividades, llamada departamentalización. Tomadas en conjunto, ambos establecen la estructura formal de la organización.

La estructura se puede considerar como - el patrón establecido de relaciones entre los componentes o partes de la organización.

Para la organización de la toma de decisión es básico el concepto de estructura. Consideremos un proceso de toma de decisión como un sistema. Un sistema se puede definir, como vimos, como un conjunto de objetos más las relaciones entre estos objetos. A este último conjunto de relaciones se le llama la estructura del sistema. Los objetos pueden ser tanto personas como cosas, y el mismo conjunto de objetos puede tener diferentes clases de relaciones de tal manera que cada clase diferente dará una estructura diferente. Esto lleva a una definición más amplia de estructura. Definamos algunos conceptos previamente.

- Un sistema  $S = \langle A, R \rangle$  consta de un conjunto A de objetos y un conjunto R de relaciones entre estos objetos (la estructura);

- Un subsistema  $SS_1 = \langle A_1, R \rangle$  consta de un subconjunto  $A_1 \subset A$  de objetos y del conjunto (original)  $R$  de relaciones entre estos objetos.

- Un sistema-aspecto consta  $AS_1 = \langle A, R_1 \rangle$  del conjunto (original)  $A$  de objetos y un subconjunto  $R_1 \subset R$  de relaciones entre estos objetos.

- Un sistema-fase  $PS_1 = \langle A, R \rangle$  es idéntico - al sistema original  $S$ , solo durante un cierto intervalo de tiempo  $T_1$  más pequeño que la duración de  $T$  de  $S$ :

$$T_1 \subset T$$

-  $S_1$  se llama un sistema parcial de  $S$  si  $S_1$  es un subsistema y/o un sistema-aspecto y/o un sistema-fase de  $S$ .

Ahora estamos en condiciones de definir la estructura de un sistema como el conjunto de relaciones entre los subsistemas, sistema-aspecto y sistema-fase del sistema.

Si consideramos un proceso de toma de decisión organizacional como un sistema y definimos los individuos participantes como el conjunto de objetos  $A$ . Entonces los sub

sistemas son grupos de individuos (grupos, departamentos, etc), los sistemas-aspecto son clases de relaciones entre los individuos (flujos de información, relaciones personales, relaciones de poder etc.) y los sistemas-fase son clases en el tiempo (periodos, fases). Es decir la partición del sistema en -- subsistemas, sistemas-aspecto y sistemas-fase puede interpretarse como "quien" esta haciendo "que" y "cuando".

La definición sistémica de estructura lleva a que la organización de un sistema de toma de decisión debe constar de dos etapas que se corresponden con las nociones de descomposición y coordinación, es decir:

- 1) formar los sistemas parciales relevantes del sistema original y
- 2) formar las relaciones relevantes entre estos sistemas parciales.

En una primera aproximación se podría decir que la descomposición trata de hallar los objetos del sistema. Ahora bien, la organización de un sistema de toma de decisión probablemente no tenga lugar siempre al nivel de los obje

tos elementales, es decir, no siempre tiene lugar al nivel - más bajo de agregación. El problema es, por tanto, que nivel de agregación es el relevante a los propósitos organizacionales. Es importante a este respecto hacer algunas observaciones.

En primer lugar es posible que el agrupamiento siga una iteración de niveles de agregación antes de alcanzar el nivel adecuado al propósito perseguido y es por ello que la formación de sistemas parciales puede seguir un proceso -- iterativo.

En segundo lugar se debe hacer notar que los sistemas parciales pueden formarse de dos modos distintos. Se puede comenzar por los objetos elementales del sistema y agrupar estos objetos en sistemas parciales. Por otra parte se puede comenzar por el sistema como un todo y partir este todo en sistemas parciales. El primero es un método de abajo-arriba -- mientras que el último es un método de arriba-abajo.

En tercer lugar hay que advertir que si definimos la formación de sistemas parciales como la formación de subconjuntos de "elementos" podría parecer que es la definición

de la formación de subsistemas. Sin embargo estos "elementos" no están necesariamente restringidos a los objetos del sistema. También incluyen las relaciones y los distintos momentos de tiempo del sistema.

Por último se debe advertir que descomponer un sistema significa que en el interior de éste se trazan sublímites alrededor de los subconjuntos, es decir, que el significado fundamental de la descomposición es el de demarcación. Al igual que un conjunto se define por sus fronteras -que elementos caen dentro y cuales fuera- un sistema se define también por sus límites o fronteras. Todo lo que queda fuera de la frontera del sistema es su entorno. La descomposición es el trazado de fronteras en el interior de un sistema.

Una vez que se han formado los sistemas -- parciales de un sistema se puede proseguir con la formación de las relaciones entre estos sistemas parciales. Esta noción puede hacerse corresponder con el concepto de coordinación. - Primero formar las partes después coordinarlas.

Sin embargo la coordinación de los sistemas parciales tiene un significado más amplio que el de la forma--

ción de relaciones unicamente. La organización de un sistema de toma de decisión no consiste unicamente en la construcción de la estructura del sistema, sino tambien en la elaboración del proceso de control de ese sistema.

Formas de descomposición:

Además de a la división del trabajo la descomposición también se aplica a la formación de partes más amplias organizacionales que contienen a varias personas o tareas, tales como grupos, departamentos o incluso entidades mayores. La descomposición a este nivel de agregación se llama generalmente "departamentalización". La formación de departamentos dentro de una empresa se puede llevar a cabo a según distintas dimensiones, es decir, por:

- Función; la subdivisión es por actividades principales tales como finanzas, producción, ventas, etc.
- Producto; la subdivisión es por tipos de productos;

- Localización; la departamentalización es geográfica.
- Otras; tales como clientes, equipos, etc.

A la "estructura externa" de una empresa, es decir, al conjunto de relaciones entre diferentes empresas, se le pueden aplicar los mismos principios. La descomposición por funciones lleva a la diferenciación empresarial. La descomposición por producto a la especialización.

Otra dimensión a la que se le puede aplicar la descomposición es a la autoridad. La formación de subdivisiones relativamente autónomas de una empresa se llama "descentralización". La diferencia entre el concepto anteriormente mencionado de departamentalización y el último concepto es que en la descentralización el énfasis se pone en la delegación de autoridad. En términos sistemáticos de control la división del trabajo y la departamentalización tratan de la descomposición del sistema controlado mientras que la descentralización trata de la descomposición del controlador.

Es evidente que todos estos diferentes términos son formas específicas del concepto de descomposición. La

división del trabajo, la departamentalización y la estructura externa son aplicables a tres diferentes niveles de agregación: individuos, departamentos y empresas.

A parte de esta tipología acorde con - distintos niveles de agregación también se puede hablar, como hemos visto, de una tipología de descomposición de acuerdo con los diferentes aspectos relacionales entre las partes tales como la descomposición por función, por producto, por localización o autoridad. En términos sistémicos esto significa que se descomponen diferentes sistemas--aspecto.

Por último se resalta otra tipología de descomposición en base a si se descomponía el sistema primario (división del trabajo, departamentalización) o el sistema de control administrativo (controlador).

#### Métodos de descomposición:

Existen toda una serie de "principios" (técnica requerida, habilidad, experiencia, educación, etc.) estructurales donde el criterio de descomposición predominante es el de la similitud. Las operaciones y las tareas se dife-

rencian o se integran en grupos que tienen alguna clase de similitud en cuanto a su valor, tipo, tecnología, emplazamiento, etc. Este método de descomposición está obviamente dirigido a la creación de sistemas parciales homogéneos con una similitud interna alta y consecuentemente con una similitud baja entre los sistemas parciales.

La descomposición en sistemas parciales que sean tan similares internamente como sea posible pero que entre sí sean poco semejantes, da como resultado inevitablemente unas necesidades de coordinación muy estrictas. La división del trabajo se empareja directamente a la coordinación en el sentido de que cuanto más tareas diferentes se crean mayor coordinación es necesaria.

Desde el punto de vista de control de una organización este hecho es muy desventajoso. A la dirección le resulta más útil una descomposición en sistemas parciales que requiriera un mínimo de coordinación, es decir, una descomposición en sistemas parciales autónomos.

Lo anterior hace que pongamos atención en un método diferente de descomposición en el que no es el -

criterio de similitud sino el criterio de relación el que -  
juega un papel central. Una estructura la definíamos como -  
un conjunto de relaciones entre los objetos de un sistema.  
Por lo tanto parece lógico enfocar el problema de la estruc-  
turación y de la descomposición desde el punto de vista de  
estas relaciones. Sería útil poder llevar a cabo, la descom-  
posición de tal modo que se facilitase la coordinación.

Este enfoque de la descomposición desde  
el punto de vista de las relaciones entre los sistemas parciales  
se encuentra en la regla de descomposición de Simon. Esta re-  
gla establece que un sistema complejo debe descomponerse en -  
sistemas parciales tales que las interrelaciones deben ser --  
menores que las intrarelaciones. Esta regla es conocida como  
la regla de la "casi-descomposibilidad" porque dá como resul-  
tado sistemas parciales casi-autónomos. El argumento principal  
para usar este método de descomposición es que disminuye la ne  
cesidad de coordinación.

El tercer método es una forma específica  
de la regla de descomposición de Simon. Este método se fija en  
una clase particular de relación: la corriente de comunicación  
e información. Este enfoque se basa en considerar la organiza-  
ción como un sistema de procesamiento de información. El sis-



tema se descompone de un modo tal que las corrientes de transmisión de información dentro de los sistemas parciales son mayores que las corrientes entre los mismos. La analogía con la regla de descomposición de Simon está clara.

Desde el punto de vista práctico los métodos escogidos son bastantes distintos. Descomponer la organización en partes que sean tan homogéneas como sea posible no es ciertamente lo mismo que descomponer una organización en partes que tengan pocas interrelaciones. La distinción entre estos dos enfoques es muy obvio desde el punto de vista de la coordinación. En el primer enfoque la coordinación con toda seguridad no se minimiza. El segundo enfoque está particularmente encaminado a minimizar la coordinación.

Desde el punto de vista formal el primer método podría modelarse como un problema de análisis cluster, el segundo como un problema de teoría de grafos y el tercero como un problema de teoría de la información.

Desde un punto de vista abstracto los tres modelos son equivalentes; los tres tratan de la descomposición

de acuerdo con alguna clase de relación binaria matemática. Únicamente las clases de relaciones difieren.

En el primer método la relación que nos interesa es, una relación de disimilitud, es decir, una relación antireflexiva, simétrica y transitiva. En el segundo método la clase de la relación que lo sintetiza es un grafo. - Las restricciones esenciales de este segundo enfoque son que se consideran únicamente la existencia de la relación si o no y su dirección. En el tercer método la relación que interesa se basa en relaciones estadísticas, es decir, en el concepto de transmisión de la teoría de la información. Los tres métodos formalmente sufren de las mismas restricciones: consideran únicamente relaciones binarias.

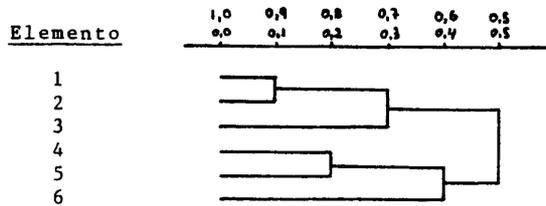
Primer método: Descomponer un sistema en sistemas parciales, de tal modo que los elementos de los sistemas parciales sean tan similares como sea posible y los sistemas parciales se diferencien tanto como sea factible, se puede modelizar matemáticamente mediante el análisis "cluster".

Un problema de agrupamientos se puede formular como sigue:

Dados un conjunto de  $n$  individuos (3)  
 $I=(I_1, I_2, \dots, I_n)$  de una población  $\eta_0$ , un conjunto de características  $C=(C_1, C_2, \dots, C_p)$ , una valoración  $X_{ij}$  correspondiente a la característica  $i$ -ésima en el individuo  $j$ -ésimo y un vector  $X_j=(X_{ij})$  de las valoraciones de todas las características en el individuo  $j$ -ésimo entonces el problema de agrupamiento consiste en determinar  $m$  grupos (subconjuntos de  $\eta_0$ ) de individuos  $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_m$  de forma que cada  $I_i$  pertenezca a uno y sólo uno de los subconjuntos y que los individuos asignados al mismo grupo sean similares y disimiles a los asignados a grupos distintos.

La medida de disimilitud es casi siempre una función de distancia, definida como una función no negativa, antirreflexiva, simétrica y transitiva. Se pueden medir las distancias entre los individuos (o elementos) y establecer que dentro de un grupo sean mínimas o que no superen un cierto valor. También se puede tomar la distancia media entre un individuo y todos los de un grupo e incluir dicho elemento si la similitud es máxima o por encima de un cierto valor. Asimismo se puede tomar la distancia media entre todos los individuos de un grupo y todos los de otro y tomar la máxima. En esencia, las diferencias entre estos tres métodos es que usan distancias uno a uno, uno a grupo y grupo a grupo respectivamente.

Otra forma de proceder es por medio del método llamado "agrupamiento jerárquico". Consideremos  $I=(I_1, \dots, I_n)$  como un conjunto de grupos  $(I_1), (I_2), \dots, (I_n)$ . Seleccionemos los dos grupos  $I_i$  e  $I_j$  que estén más próximos y fusionemoslos en un grupo. El nuevo conjunto de  $n-1$  grupos es  $(I_1), (I_2), \dots, (I_i, I_j), \dots, (I_n)$ . Repitamos el procedimiento. Con este agrupamiento "jerárquico" se puede representar la estructura de agrupamiento por medio del denominado endograma, como por ejemplo el del gráfico:



Es importante resaltar que para agrupar es necesario algo más que una medida de la similitud. Se necesita además algún criterio para decidir sobre aspectos tales como el número de grupos a formar, el número de elementos por cada grupo, etc. Es decir, es necesario un criterio para "parar" como, por ejemplo, un objetivo.

La descomposición, en general, no se puede hacer sin un objetivo porque debe tenerse en cuenta que los criterios de descomposición son ejemplos específicos del concepto más general de objetivo. No se pueden formar sistemas

parciales de un sistema unicamente buscando similitudes, relaciones, flujos de información etc. Se necesita un orden de preferencia en cuanto al grado deseado de similitud, de los elementos, cuantas interrelaciones se permiten, cuantos grupos se desean, cuantos elementos por grupo etc. por mencionar unicamente unas cuantas.

Además el objetivo para la descomposición no se puede obtener de los objetivos de los elementos del sistema. Ambas clases de objetivos son de diferentes niveles y se interesan en diferentes cosas. Está claro que el objetivo de maximizar la similitud intragrupo (además del criterio en cuanto al tamaño y el número de grupos etc.) no tiene, necesariamente, mucho que ver con los objetivos de los elementos -- que se agrupan. En el caso de que estos elementos del sistema sean, por ejemplo, individuos, sus propositos probablemente tendrán relación con su trabajo y también con problemas personales y sociales. En principio ambos tipos de objetivos son de diferente nivel.

Por otra parte la descomposición de un sistema también sirve al propósito de influir al sistema en una dirección deseada y por lo tanto el agrupamiento de elemen

tos en sistemas parciales constituye un medio de obtener el cambio deseado del sistema o de los sistemas parciales.

Segundo método: Un instrumento que parece adecuada particularmente al análisis estructural es la teoría de grafos. Un grafo está directamente emparejado al concepto de relación. De hecho un grafo es una conjugación abstracta de un conjunto de elementos y relaciones. Por lo tanto el criterio anteriormente mencionado de descomposición por interrelaciones puede ser formalizado por medio de la teoría de grafos.

Un Grafo se define como una tupla  $G = \langle V, A \rangle$  donde  $V$  es el conjunto de vértices (puntos) del grafo y  $A$  el conjunto de arcos del grafo que unen pares de vértices (puntos). La existencia de un arco del vértice  $V_i$  al  $V_j$  indica -- cierta relación entre los dos vértices.

Grafo dirigido: Cuando los arcos posean sentido  $V_i$  puede estar relacionado con  $V_j$  pero no a la inversa. Además no pueden existir -- arcos múltiples, es decir, de cada vértice  $V_i$  no sale más de un arco a otro vértice  $V$ .

Los conceptos de grafo diri-

gido y relación binaria no son conceptos ajenos el uno del otro. Una relación binaria en  $VXV$  puede representarse mediante un grafo, es decir, si  $V_i R V_j$  esto implica que existe un arco que une  $V_i$  con  $V_j$ .

Matriz asociada al grafo: un grafo dirigido le podemos asociar la matriz  $A(D)=(a_{ij})$  con  $a_{ij}=1$  si  $V_i$  y  $V_j$  están unidas por un arco y  $a_{ij}=0$  en caso contrario.

Conexión: Un vértice  $V_n$  está conectado con otro,  $V_1$ , si existe una cadena que une  $V_1$  y  $V_n$ .

Cadena: Es una sucesión de arcos no necesariamente orientados en la misma dirección, de tal forma que el punto final de cada arco es el final o el inicial del siguiente, salvo para el último de la sucesión.

Camino: Es una cadena dirigida: todos los arcos tienen la misma dirección.

Accesibilidad: Un vértice  $V_n$  es accesible desde  $V_1$  si existe un camino desde  $V_1$  a  $V_n$ .

Longitud de un camino: Es el número de arcos que lo componen, es decir, la "distancia" entre  $V_1$  y  $V_n$ .

Subgrafo de un grafo dado: Si dentro de un grafo dado seleccionamos un subconjunto de sus vértices y los arcos relativos a los vértices de dicho subconjunto, obtenemos lo que se denomina un subgrafo del grafo inicial.

Conexión fuerte: Un grafo dirigido es fuertemente conexo si para cualesquiera dos puntos (vértices) del grafo existe un camino que los une (uno es accesible a partir del otro).

Conexión débil: Si dos puntos (vértices) -- cualesquiera están conectados (existe una cadena que los une).

Componente conexa débil: Un subgrafo es una componente conexa débil del grafo dirigido si es maximal entre los subgrafos conexos debilmente (no existe otro que lo contenga).

Componente conexa fuerte: Si es maximal entre los subgrafos conexos fuertemente.

Los conceptos anteriores pueden ser usados para descomponer un grafo dirigido en subgrafos. Esto se puede realizar analizando la matriz asociada  $A(D)$  de un grafo dirigido  $D$ . Si la matriz  $A(D)$  se puede descomponer en

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}$$

de manera que  $A_{12}$  y  $A_{21}$  sean ceros, entonces  $A$  se dice que está descompuesta. Esta descomposición se denomina diagonal por

bloques (completa). Con más generalidad la matriz cuadrada  $A$  se dice que esta descompuesta (jerárquicamente) si restructurando las filas y las columnas  $A$  tiene una forma triangular por bloques

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & 0 & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & 0 & A_{mm} \end{bmatrix}$$

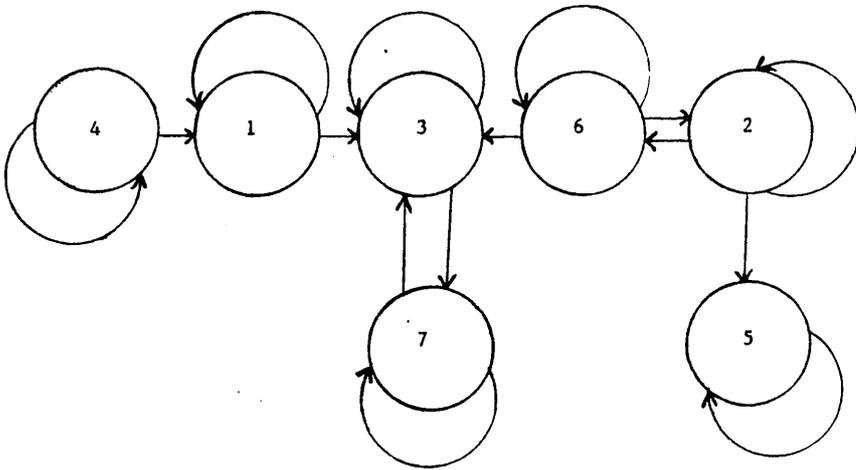
donde todas las  $A_{ii}$  son cuadradas y todos los bloques por encima de la diagonal son ceros.  $A$  esta descompuesta maximamente si  $m$  es maximal. Si todos los bloques por encima de la diagonal principal  $A_{ij}$  con  $i \neq j$  son ceros,  $A$  se dice que está descompuesta completamente. En este último caso la estructura se puede descomponer en subestructuras completamente autónomas; en el primer caso las interconexiones entre los bloques permanecen. La razón porque esto a veces se llama descomposición jerárquica es que estas interconexiones que permanecen forman una ordenación de los subgrafos representados por los bloques de la diagonal. De la definición de componente conexa débil se sigue que un grafo orientado solo se puede particionar en componentes conexas débiles si es descomponible completa--

mente.

La condición es necesaria pero no suficiente: las componentes conexas débiles implican descomposición completa pero la descomposición completa no implica componentes conexas débiles.

Si deseamos particionar un grafo en componentes conexas fuertes primero tenemos que construir la matriz de accesibilidad  $R(D) = r_{ij}$  del dígrafo  $D$ , que tiene una entrada  $r_{ij} = 1$  si  $v_j$  es alcanzable a partir de  $v_i$ , y,  $r_{ij} = 0$  sino no lo es. Esta matriz se puede obtener de la matriz asociada  $A(D)$  calculando su secuencia de potencias Booleanas, para  $R(D) = I + A(D) + A(D)^2 + \dots + A(D)^{p-1}$  en un grafo dirigido con  $p$  vértices ( $I$  es la matriz identidad). A partir de esta matriz se pueden hallar las componentes conexas fuertes. Tanto la partición de un grafo orientado en componentes conexas débiles como en componentes conexas fuertes es única.

Dado un sistema representado por el grafo dirigido

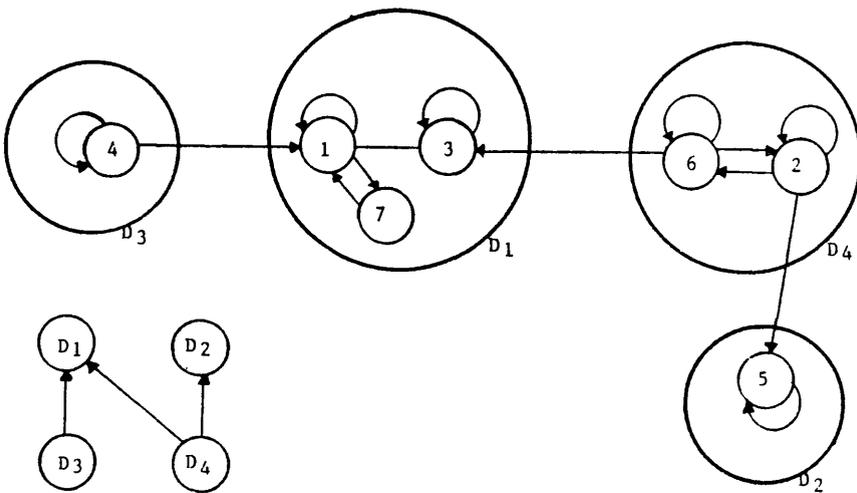


y su correspondiente matriz asociada

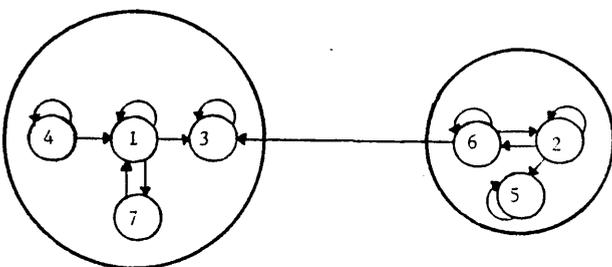
$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$



Esta partición da lugar a que el sistema quede descompuesto de la manera que podemos observar:



El carácter jerárquico de una partición de bloque-triangular está clara. En esta partición hay 3 interrelaciones y 12 intrarrelaciones. Sin embargo, es bastante posible reducir el número de interrelaciones a una interrelación, como por ejemplo,



o incluso a cero interrelaciones por la no partición del grafo dirigido en subgrafos. La contrapartida de que existan pocas interrelaciones es que los grupos en sí mismo contendrán muchísimos ceros, es decir, que tampoco habrá muchas intrarelaciones.

La descomposición por medio de la teoría de grafos es sin embargo algo restringida debido al hecho de que esta teoría usa relaciones binarias (Booleanas) exclusivamente y únicamente se puede discernir si la relación existe o no. Esta restricción hace que las relaciones entre tres o más variables tomadas a la vez sean imposibles.

La dependencia entre más de dos variables no se puede representar en un grafo por una función multivariente sino es por algún tipo de composición. Es más, la restricción a relaciones booleanas implica que una propiedad muy importante de las relaciones, como es su fortaleza, no se puede analizar por medio de la teoría de grafos.

Tercer método: Una forma particular del método ya mencionado de descomposición por interrelaciones es

•

fijarse en una clase especial de relación: la comunicación. En éste enfoque el sistema se considera como un sistema de comunicación en el que las relaciones se representan por -- flujos de información. A pesar de que el método anterior y este son básicamente equivalentes se tratan sin embargo separadamente porque hay cierta diferencia matemática entre - los dos. En el enfoque a partir de la teoría de grafos se supone que existen relaciones deterministas (Booleanas) entre las variables. En el enfoque de teoría de la información no se presuponen tales relaciones deterministas. Las relaciones son de tipo estadístico.

"la idea básica es sencillamente que la - "coordinación" de las partes implica que sus comportamientos deben desviarse de la independencia estadística (probabilística): la desviación proporciona entonces el dato a partir del cual se pueden computar entropías, transmisiones e interacciones" (4).

Rothstein expresa lo mismo visualizando la organización como una cantidad de elementos, cada uno de los cuales se asocia con su propio conjunto de interacciones alternativas con otros elementos. DE esta manera, cada elemento

tiene cierta libertad de elección entre las interacciones, pero también ciertas constricciones. Cualquier grupo particular de todas las elecciones individuales formuladas por cada uno de los elementos de organización constituye lo que Rothstein llama una "compleción". Por lo tanto, en una organización hay tantas compleciones como maneras de elegir un representante de cada grupo de alternativas. Así, tenemos una situación lógicamente equivalente a un típico conjunto de variedad en teoría de la información, y puede utilizarse la medida  $H$  de información o "entropía". Si los elementos de una presunta organización de hecho fuesen independientes entre sí, de modo que cualquier elemento pudiese interactuar con cualquier otro con la misma probabilidad, tendríamos un caso equivalente a un conjunto de "mensajes" emitidos por una fuente con igual probabilidad, y entre los cuales no hay constricciones. En ambos casos la "entropía" tendría valor máximo, y la "organización", intuitivamente percibida como lo contrario de la "entropía", sería cero, es decir, "desorganización" total. En términos de Rothstein, aquí el conjunto de compleciones tiene una entropía que es simplemente la suma de las entropías de los grupos individuales de alternativas. En el extremo opuesto, donde la organización solo permite una compleción, la entropía del grupo potencial de compleciones es cero, y la organización es máxima.

Sin embargo, en una organización dinámica generalmente tenemos una situación intermedia, y la entropía del grupo de complejiones no es cero sino menor que la suma de las entropías de los grupos individuales de alternativas. Sobre esta base Rothstein ofrece una definición de la magnitud de organización:

"Definimos la magnitud de organización como el exceso de este valor máximo posible de la entropía de complejiones sobre la entropía del grupo de complejiones calculado con las correlaciones que caracterizan a la organización considerada. Es fácil percibir que la organización mide cuanta información ha sido introducida en el conjunto de complejiones a causa de las interacciones" (5).

En vez de la medida usual para una relación estadística entre variables -el coeficiente de correlación- que presupone linealidad utilizaré el concepto de transmisión de información. Esta medida se basa en el concepto de "entropía" (Ver Apéndice II). Dada una variable  $x$  que puede tomar los valores  $x_1, \dots, x_m$ , donde  $n_i$  es el número de veces que  $x$  toma el valor  $x_i$  y donde  $\sum_{i=1}^m n_i = N$  es el número total de muestras, entonces la entropía  $H(x)$  se define por:

$$H(x) = - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^m n_i \log_2 n_i$$

Esta es una medida para la variedad de  $x$ . Si  $x$  toma solo un valor, entonces  $H(x)=0$ , y si  $x$  toma todos los posibles valores con igual frecuencia, entonces  $H(x)$  es máxima, es decir,  $H(x)\log_2 m$ . Con dos variables  $x$  e  $y$  la transmisión  $T(x,y)$  entre  $x$  e  $y$  se define por:

$$T(x:y) = H(x) + H(y) - H(x,y)$$

Esta es una medida de la fortaleza de la relación entre  $x$  e  $y$ . La transmisión es cero si  $x$  e  $y$  son independientes y es máxima si son dependientes, es decir, si -- existe relación de  $x$  a  $y$  o de  $y$  a  $x$ . En general la transmisión entre variables  $x_1, \dots, x_k$  es:

$$T(x_1; x_2; \dots; x_k) = \sum_{j=1}^k H(x_j) - H(x_1, x_2, \dots, x_k)$$

Con esta medida podemos descomponer un sistema  $S$  en subsistemas  $S_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in_i}\} \subset \{x_1, \dots, x_k\}$  para los cuales la transmisión interna  $T(x_{i1}; \dots; x_{in_i})$  es mayor que la transmisión externa:  $T(\langle x_{i1}, \dots, x_{in_i} \rangle; \langle x_{21}, \dots$

$$, \dots, x_{2n_2} \rangle : \dots) = T(S_1 : S_2 : \dots).$$

Coordinación: Si definimos la organización de un sistema como la formación de sistemas parciales (siendo estos subsistemas, y/o sistemas-aspecto y/o sistemas-fase) con sus correspondientes relaciones parece obvio definir la coordinación por medio de estas últimas (las relaciones). Sin embargo la coordinación tomada en sentido amplio no debe fijarse únicamente en estas interdependencias sino que debe incorporar un importante aspecto adicional cual es el concepto de objetivo. Es decir, además de la coordinación estructural es también importante la coordinación del objetivo.

La importancia de la incorporación del concepto de objetivo en la coordinación queda clara si nos damos cuenta de la fuerza del concepto de objetivo en un sentido explicativo. Ya se dijo que cualquier comportamiento se puede explicar como un comportamiento orientado hacia un objetivo. Así, comportamientos diferentes (en conflicto) se pueden explicar por medio de diferencias de objetivos y las interdependencias entre las partes de un sistema causadas por comportamientos diferentes y en conflicto de las partes se pueden explicar en términos de objetivo, es decir, las interdependencias se pueden -

deducir a partir de diferencias de objetivo.

Para definir la coordinación incorporando la forma anterior mencionada de coordinación de objetivo, adoptaremos un punto de vista sistémico: la coordinación es el control de un sistema de sistemas parciales. Esta definición implica en primer lugar, que los sistemas parciales están interrelacionados, de otro modo no podrían constituir conjuntamente un sistema. En segundo lugar, esta definición no es una definición específica sino general de control. El control de un sistema supone, a través de la definición de sistema, que el control se aplica a un sistema de entidades interrelacionadas.

Una observación importante que se puede deducir de la definición general de coordinación es que la unidad coordinativa puede controlar o bien el sistema en su totalidad, o a los sistemas parciales por separado. De tal modo que se puede considerar la coordinación o bien como el controlador de la totalidad de los sistemas parciales o como el controlador directo de los sistemas parciales controlados por separado.

A la vista de lo dicho cabe entonces hablar de distintas modalidades de control:

- Control de objetivo del sistema (Control de objetivos).
- Control de las relaciones entre los sistemas parciales (Control estructural).
- Control "rutina" del sistema global (Control ordinario del sistema).
- Control del objetivo de los sistemas parciales.
- Control de la estructura de los sistemas parciales, es decir, de las relaciones dentro de los sistemas parciales.
- Control "rutina" de los sistemas parciales. Control ordinario de los sistemas parciales.

Otra distinción importante que puede hacerse es en tre coordinación "extrínseca" e "intrínseca". En la coordina--

ción extrínseca el coordinador es un subsistema distinto de los sistemas parciales coordinados; en la coordinación intrínseca no. Puede distinguirse además entre coordinación "interna" y "externa" de acuerdo con la distinción entre control "interno" y control "externo" siendo el último el control del entorno para influir en el sistema de control de modo in directo.

Veamos, brevemente, que relación tiene lo anterior con el control del objetivo. Consideremos el sistema controlado como una "caja negra" formada por un input ambiental  $x$ , un input de control  $u$  y una función de transferencia  $f$  que determina el output  $y$ . El objetivo de la caja negra se puede considerar como un subconjunto deseado  $G$  del conjunto de todos los posibles outputs.  $y$ , es decir,  $G \subset C y$ . A partir de esta configuración el controlador puede obtener el objetivo  $G$  de los siguientes modos: por una acción de control  $u$  apropiada (control "rutina"), cambiando la estructura  $f$  de la caja negra -- (control estructural), cambiando el objetivo  $G$  (control de objetivo) y cambiando el output ambiental  $x$  (control externo). La diferencia entre control de objetivos y otros modos de control es que los otros modos intentan, directa o indirectamente, influir sobre  $y$  para cambiarlo en la dirección del sub-

conjunto  $\mathcal{G}$  deseado mientras que el control de objetivos cambia la amplitud del subconjunto para permitir que incluya  $y$ .

La coordinación, por definición, trata de un sistema de sistemas parciales interrelacionados, de tal modo que la coordinación de objetivos trata de un sistema de objetivos interrelacionados.

Un sistema de procesos interdependientes de toma de decisión puede tener varias formas de interdependencia. El sistema puede acoplarse a través de su inputs y outputs de tal modo que el output de un proceso de decisión puede ser el input del siguiente proceso. Las interdependencias de las decisiones en la teoría matemática de la decisión se representan por las interrelaciones entre las funciones de utilidad de los distintos decisores. Las interdependencias entre las decisiones se representan como interdependencias entre los objetivos de los decisores.

Tipología de sistemas de objetivos: Los sistemas se pueden clasificar de tal modo que exista un objetivo común del sistema. En la toma de decisión el caso extremo es la llamada jerarquía

de objetivos. Cada individuo en el sistema de toma de decisión ha adoptado el objetivo común (el de la organización). Este es el caso "ideal" de una jerarquía mecánica en la que cada individuo se identifica con la organización. En la mayoría de los casos el objetivo organizacional común se presupone que debe ser descompuesto en un sistema de subobjetivos (jerarquía de objetivos). A pesar de que, de forma estricta, esto es una situación de objetivos múltiples, los objetivos pueden considerarse como una totalidad, de tal modo, que se puede clasificar como una situación de objetivo único.

En una segunda clase (colectividad) los individuos inicialmente tienen objetivos diferentes pero -- llegan a un consenso en cuanto al objetivo común del grupo. El interés aquí reside en la agregación de objetivos individuales en un objetivo común. A pesar de que el resultado es un solo objetivo, como en el caso anterior, el método que se sigue es contrario; aquí el método es de abajo-arriba, un objetivo colectivo formado por los individuales. En el caso de la jerarquía de objetivos es de arriba-abajo, un objetivo -- común descompuesto en subobjetivos que se atribuyen a los individuos.

La tercera clase (coaliciones) es un caso especial del segundo grupo en el sentido de que se aplica lo mismo pero solo a los subgrupos. Los individuos tienen sus propios objetivos pero los subgrupos (de individuos) llegan a un acuerdo sobre objetivos de subgrupo comunes; forman las -- llamadas coaliciones. La diferencia es que no es la totalidad de los grupos sino solo los subgrupos los que llegan a un consenso acerca de los objetivos comunes.

La última clase (autonomía) se sitúa en el polo opuesto. Los individuos, tienen, y mantienen, objetivos diferentes. No existe una decisión en común. Cada individuo decide de acuerdo con su objetivo. En la teoría de juegos se hace una distinción más. Situaciones en conflicto puras, donde una alternativa ventajosa para un individuo es desventajosa para el otro, y situaciones conflictivas no puras. En el primer caso el "beneficio" total es constante, es decir, lo que uno gana el otro lo pierde (juegos bipersonales de suma -cero). En el último caso no existe una "suma nula".

Otra distinción importante que se puede hacer en la teoría de la decisión es entre situaciones con o sin comunicación directa entre los decisores. Donde no existe

comunicación es de hecho imposible para los decisores cambiar sus objetivos o adaptarlos entre sí. En el caso de la colectividad esto implica que el único modo para llegar a un consenso es votar, en el caso de la autonomía esta situación (sin comunicación) bloquea la posibilidad de negociación. La adaptación de objetivo puede tener lugar donde exista comunicación y por medio de la adaptación al objetivo un grupo puede llegar a un consenso. Esta distinción no juega un papel importante en el caso de la jerarquía.

Siguiendo las líneas de la tipología anteriormente mencionada de sistemas de objetivos, se puede hacer una clasificación de los métodos por los que estos sistemas se pueden coordinar.

En los sistemas de objetivos jerarquizados la forma correspondiente de coordinación es la descomposición del objetivo. La descomposición del objetivo puede ser "adecuada" o "no adecuada". El objetivo organizacional se puede descomponer si puede dividirse en dos o más subobjetivos. Estos subobjetivos se llaman "adecuados" si cada subobjetivo se refiere exactamente a un sistema parcial. En caso contrario existirá la necesidad de otras formas de coordinación.

En el caso de la coalición o en la colectividad los métodos de coordinación son esencialmente métodos de obtención de consensos, es decir, métodos para agregar objetivos individuales en un objetivo común de grupo (colectividad) o en número de objetivos comunes de subgrupo (coaliciones). Como se vió anteriormente, la no existencia de comunicación implica que el único método de agregación posible es la votación. Algunos posibles procedimientos para agregar los votos (objetivos individuales) en un resultado común pueden ser: regla de la mayoría, derecho de veto, unanimidad, etc.

En el caso de la autonomía (sin comunicación) existen, normalmente, tres procedimientos:

- principio de dominación: el individuo (autónomo) elige alternativas no dominadas. Es decir, cambia su elección solo si es ventajosa para él.
- principio maximin: los individuos eligen en cuanto a obtener el máximo "beneficio" en el peor caso posible.
- principio de equilibrio: el individuo no cambia su elección si ésta es desventajosa.

Coordinación estructural: La coordinación estructural puede ser, o bien el control de la estructura del sistema en su totalidad, es decir, las relaciones entre los sistemas parciales o, el control de la estructura de los sistemas parciales en sí mismos, es decir, las relaciones dentro de los sistemas parciales.

La diferencia es una diferencia de nivel de agregación; en ambos casos el control se aplica, a la estructura (relaciones) pero a diferentes niveles.

Un método importante de coordinación es el evitar, o reducir, la necesidad de coordinación. En primer lugar se debe intentar aumentar la autonomía de los sistemas parciales, porque cuanto mayor sea la autonomía, menor será las interdependencias y por lo tanto se necesitará menos coordinación. Este método sin embargo no es una forma de coordinación sino una forma de descomposición, porque la coordinación estructural se ha definido explícitamente como el control de las relaciones entre los sistemas parciales. Una manera para reducir la necesidad de coordinación que sin embargo si satisface la definición de coordinación estructural es la de Galbraith.

Galbraith (6) deduce su tipología de -  
 coordinación desde el punto de vista del procesamiento de  
 información y llega a la siguiente distinción.

a) Creación de recursos hol- gados.	b) Creación de tareas autonó- mas.	c) Inversión en sistemas de informa- ción vertical.	d) Creación de relacio- nes latera- les.
<hr/> <p>Reducir la necesidad de proce- samiento de información.</p>		<hr/> <p>Aumentar la capacidad de procesamiento de informa- ción.</p>	

- a) Creación de recursos holgados: Una organización puede reducir el número de excepciones que ocurren, simplemente disminuyendo el nivel requerido de actuación. Es decir, se podrían consumir más recursos. Estos recursos adicionales se llaman recursos holgados.

La creación de recursos holgados disminuyen la cantidad de información que debe ser procesada durante la ejecución de la tarea y previene la sobrecarga de los canales jerárquicos.

- b) Creación de tareas autónomas: El segundo método consiste en cambiar el diseño por tarea funcional, a otro en el que cada grupo cuente con todos los recursos necesarios para llevar a cabo su tarea.

El cambio reduce la cantidad de procesamiento de información a través, de varios mecanismos: Primero, reduciendo la cantidad de diversificación de producción, habiendo una sola recopilación de recursos. Segundo, por medio de una menor división del trabajo.

De este modo, las primeras dos estrategias reducen la sobrecarga en la jerarquía, al disminuir el número de excepciones que ocurren. La reducción ocurre cuando se reduce el nivel de actuación, la diversificación de producción, o la división del trabajo. DE acuerdo con la teoría expuesta anteriormente, al reducir el nivel de actuación, etc., se disminuye la cantidad de información requerida para coordinar los recursos al crear los servicios o productos de la organización. Así se reduce la cantidad de información que debe ser adquirida y procesada durante la ejecución de la tarea y, como conse

cuencia, la cantidad de incertidumbre de la tarea.

En contraste, las otras dos estrategias (c, d), toman el nivel requerido de información como se les da y desarrollan procesos y mecanismos para adquirir y procesar información durante la ejecución de la tarea.

c) Inversión en sistemas de información vertical: La estrategia de inversión consiste en recopilar información en los puntos de origen y dirigirla, en los momentos apropiados, a los lugares apropiados de la jerarquía. La estrategia aumenta el procesamiento de información en el tiempo de planeación, a la vez que reduce el número de excepciones que han sobrecargado a la jerarquía.

d) Creación de relaciones laterales: Consiste en emplear selectivamente procesos de decisión lateral que pasan a través de las líneas de autoridad. La estrategia lleva el nivel de toma de decisiones hacia abajo, donde existe la información, en lugar de

llevarlo hacia arriba, hacia los puntos de decisión. Descentraliza las decisiones sin crear grupos autónomos. Se emplean varios mecanismos, cuyo número y tipo dependen del nivel de incertidumbre.

La manera más simple de la relación lateral es el contacto directo entre dos personas que comparten un problema. El contacto directo evita pasar el problema a un superior y elimina la sobrecarga en la jerarquía.

En algunos casos se presentan considerable contacto entre dos subtareas, tales como el diseño de proceso y el ensamble. Bajo estas circunstancias puede crearse un nuevo rol: un rol de enlace, para manejar los contactos interdepartamentales.

La solución de los problemas interdepartamentales se convierte en un mecanismo para descentralizar decisiones y reducir las sobrecargas jerárquicas.

Conforme mayor número de decisiones y de mayor importancia se toman a niveles inferiores dentro de la organización, a través de los grupos interdepartamentales, se originan problemas de liderazgo. La respuesta a esto es la creación de un nuevo rol: un rol integrador. La función de este rol es representar al gerente general en las decisiones interdepartamentales para una márcâ en particular, una línea de próducto, un proyecto, un país o una unidad geográfica. A quienes cumplen estos roles se les llama gerentes de producto en firma comerciales, gerentes de proyecto en firmas aeroespaciales, gerentes de unidad en los hospitales.

Después de que se crea este rol, el punto clave es que cantidad y que tipo de influencia necesita el ocupante de este rol para lograr la integración necesaria en el proyecto, la unidad o el producto.

Se emplean mecanismos que van

desde la información de apoyo y el control presupuestal hasta las relaciones de depen  
dencias dual y el diseño matriz.

Las relaciones laterales permi  
ten trasladar las decisiones hacia niveles más bajos de la organización, garantizando sin embargo que incluya toda la información en el proceso.

Galbraith subdivide la estrategia "creación de relaciones laterales" de acuerdo con la cantidad de incerti  
dumbre de las tareas.

Cuanto mayor sea la incertidumbre de las tareas mayor es la cantidad de información que hay que procesar. Galbraith en resumen distingue los siguientes tipos de "relaciones laterales" a lo largo de la línea de aumento de incerti  
dumbre:

- 1.- Contacto directo: los directivos que comparten un problema lo resuelven por sí mismos.
- 2.- Roles de enlace: cuando el volumen de con

tactos aumenta se crea un rol especial para manejar esta comunicación.

- 3.- Agrupamiento de grupos de trabajo: cuando más directivos o departamentos, están involucrados, se crea unos grupos de -- trabajo de representantes de los departamentos afectados.
- 4.- Equipos: los grupos se hacen permanentes, se persigue un consenso de grupo.
- 5.- Rol integrador: el problema de liderzgo se resuelve creando un nuevo rol. El poder se ejercita en la forma de persua-- sión e influencias informales.
- 6.- Rol geencial de enlace: el lider tiene que tener más poder del tipo de autoridad formal pero todavia es diferente de la - línea de los papeles directivos.
- 7.- Organizaciones matrices: se crea la relación de autoridad dual. La autoridad de coordinación y la línea de autoridad se

igualan.

Esta tipología de "relaciones laterales" representa un corte horizontal a través de la jerarquía de línea vertical organizacional existente. A partir del quinto tipo sin embargo no existe coordinación intrínseca.

Coordinación Estructural Jerárquica: Un tipo particular de coordinación estructural es la de tipo jerárquico. El concepto clásico de jerarquía implica el ordenamiento de superiores y subordinados. Este ordenamiento está caracterizado porque los subordinados tienen únicamente un superior. Existe únicamente un elemento en la cúspide jerárquica. Esta definición de jerarquía hace referencia claramente a la estructura de organización lineal que se basa en el principio de la "unidad de mando".

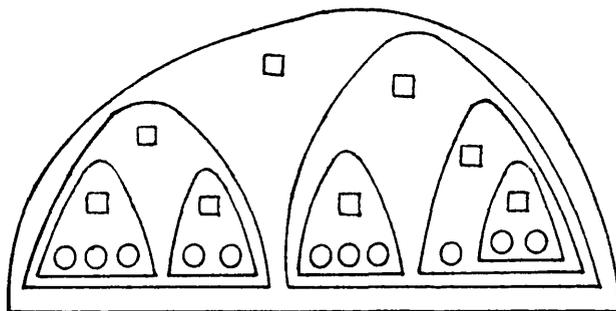
Un enfoque diferente al concepto de jerarquía es aquel en el que no es la relación de ordenamiento de subordinados y superiores la que es importante sino la descomposición. Esencial para este enfoque es el punto de vista de que un sistema consta de sistemas parciales y de las relaciones entre ellos. Simon define un sistema jerárquico como el

que puede dividirse en sistemas parciales, que a su vez se pueden dividir en sistemas parciales, y así sucesivamente hasta cierto nivel elemental. En este concepto de sistema - jerárquico el problema de la construcción de relaciones de mando se traslada al problema de la descomposición en sistemas - parciales. En la jerarquía clásica la esencia reside en el ordenamiento, mientras que en este tipo de jerarquía la esencia reside en la descomposición.

La diferencia entre los dos conceptos que da clara si se sigue la línea de argumentación de Simon. Simon añade el concepto de "casi-descomponibilidad" a su concepto de jerarquía, es decir, los sistemas parciales a partir de los - cuales se compone un sistema complejo tiene muchas relaciones internas y pocas relaciones externas. Por lo tanto en los sistemas jerárquicos el interés reside en la intra e interrelaciones a un mismo nivel y no en las relaciones entre diferentes - niveles como en la jerarquía clásica. El primero podría llamar se un concepto horizontal y el último un concepto vertical.

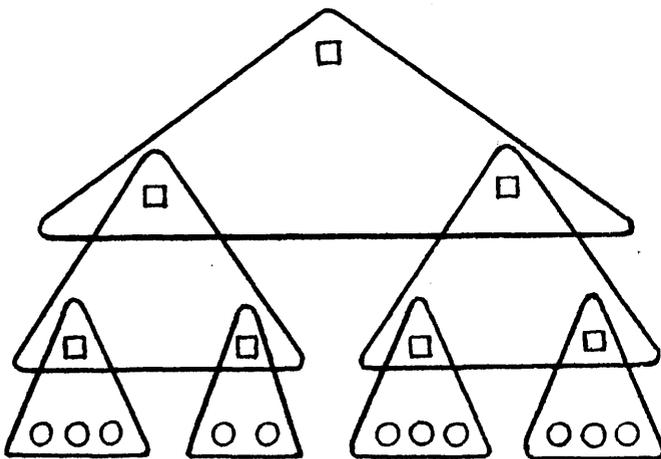
Si se añade la regla de la "casi descomponibilidad" al concepto de jerarquía se obtiene un sistema que minimiza la coordinación requerida.

En la concepción de Simon la coordinación aparentemente significa el control de las relaciones que quedan entre los sistemas parciales casi autónomos. Consideremos ahora el control extrínseco de estas relaciones, es decir, la coordinación estructural extrínseca. En la figura se ilustra como un control estructural extrínseco del sistema jerárquico realmente lleva a un control jerárquico piramidal.



- Parte del Sistema Controlado.
- Controlador.

La configuración muestra la analogía con la estructura de organización "pinza de unión" (Likert)



ilustrando que esta forma jerárquica de coordinación también se puede realizar por coordinación de grupo.

Likert (7) propone una tarea coordinativa separada a realizar por cada individuo específico, es decir, un coordinador extrínseco. La distinción entre coordinación intrínseca y extrínseca está relacionada realmente con la distinción entre coordinación a un único nivel o a multinivel (jerárquica). La coordinación por un coordinador separado, es decir, la coordinación extrínseca, se considera generalmente como la auténtica base de la jerarquía clásica superior-subordinada. Una clase de estructuras de coordinación de este tipo

es la de: línea, línea-staff, funcional y proyecto/matriz. Estos tipos de estructura constituyen puntos en un continuo cuyos - extremos son la "unidad de mando" y el "mando múltiple".

NOTAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) BERTALANFFY, L. Von "Teoría general de los sistemas"  
Fondo de Cultura Económica 1.980  
pág. 156.
- (2) LAWRENCE, P. R. y "Differentiation and Integration  
LORSCH, J. W. in Complex Organizations"  
Administrative Science Quarterly  
Junio 1.967. pág. 3-4.
- (3) Sin perder nivel de generalización, el término "individuo"  
se puede sustituir por el concepto más general de "elemento"  
que engloba objetos, mecanismos instantes de tiempo, etc.
- (4) ASHBY, W. R. "Sistemas y sus medidas de infor-  
mación. Tendencias en la Teoría  
general de Sistemas"  
Alianza Universidad 1.978. pág.  
104.
- (5) ROTHSTEIN, J. "Comunication, organizacion and  
Science"  
Indian Hills. Colorado. Falcon's

Wing Press. 1.958 Discussion: "Information and Organization as the  
Langrage of the Operational Viewpoint  
Philosophy of Science, 29, 1.962 pág.  
36.

(6) GALBRAITH, J. "Planificación de organizaciones"  
Fondo Educativo Interamericano, S.A.  
1.977 pág. 14 y ss.

(7) LIKERT, R. "New patterns of management"  
New York, 1.961.

APENDICE IILa Teoría de la información y la función de entropía. (1)

La teoría matemática de la información arranca de la hipótesis de una fuente que constantemente genera señales, símbolos o mensajes, (variedad) y un receptor - que puede utilizar esta variedad.

Se supone que tanto la fuente como el receptor han delineado o codificado previamente esta variedad para referentes idénticos o similares, de manera que los mensajes pueden tener significado y relacionarse con la conducta; pero acerca de esto la teoría matemática no tiene nada más que decir.

La teoría es de tipo estadístico y suministra como medida de "información" un promedio que depende del supuesto de largas secuencias de "mensajes" (generados por un proceso de Markov o algún otro de carácter estocástico), de manera que tales mensajes se aproximan a una distribución de frecuencia estable a medida que las secuencias se aproximan a la longitud infinita (es decir son "ergódicas").

La medida de información más general - se refiere, no a un conjunto especial y limitado de señales, sino a una tasa o cantidad promedio generada por una fuente si se transmiten secuencias suficientemente largas de señales o mensajes. Las diferentes secuencias especificarán diferentes magnitudes de variedad, de manera que la magnitud promedio que podemos esperar para cualquiera de estos mensajes emanados de la fuente dada se expresan en la fórmula --  $H = - \sum_i p_i \log_2 p_i$ , donde  $p_i$  es la probabilidad de que tenga lugar, en el largo plazo, la señal o mensaje  $i$ ésima.

Así, H en "bits" por mensaje o por unidad de tiempo (a menudo denominada "entropía" porque la fórmula, si no el principio, es casi idéntica a la de la entropía en la termodinámica) aumenta en relación con el incremento de la magnitud bruta de la variedad en el conjunto de posibles mensajes, pero está ponderada por la frecuencia relativa de ocurrencia de las diversas señales o mensajes que constituyen el conjunto. Si todos los elementos son equiprobables, H alcanza el máximo; en el extremo opuesto, si las probabilidades de todos los elementos, salvo uno, son cero, entonces solo ese puede ocurrir, y la variedad, H, es cero. Asimismo, las constricciones sobre las posibles combinaciones de elementos reducen la variedad y por ende a H.

Se observó que de este modo  $H$  está relacionada con las teorías estadísticas de correlación o contingencia y puede ser considerada como medida no paramétrica de varianza (2). En resumen, la "entropía"  $H$  de un conjunto de elementos variables mide la magnitud de variación de los elementos, su frecuencia relativa de ocurrencia, y la cantidad de constricciones, correlaciones o interdependencia existentes entre ellos.

Al desarrollar su teoría matemática. - Shannon pasó a considerar el caso de otra fuente de variedad, el "ruido" introducido en el flujo de variedad emanado de una fuente de información, y la diferencia resultante entre el conjunto de mensajes de entrada (input) y de salida (output). Sus importantes teoremas especificaron las condiciones en las cuales podía alcanzarse, con error mínimo, la fidelidad de los mensajes de salida a pesar de la intromisión del ruido en canal, condiciones que afectan la capacidad relativa del canal, la introducción de un grado suficiente de redundancia en los mensajes y su codificación eficaz.

"La teoría de la información suministra un patrón de medida para medir la organización. El argumento se desarrolla del siguiente modo: -

un sistema bien organizado hace algo, poco se aprende que no se conociera previamente: se adquiere poca información. Un sistema perfectamente organizado es totalmente predecible y su conducta no suministra información. Cuando más desorganizado e imprevisible es un sistema, más información se recoge observándolo. La información, la organización y la posibilidad de predicción confluyen en esta estructura teórica(3)".

La noción formal de información y su medida.

Siguiendo al Profesor López Cachero supongamos un sistema, que será representado como "X", que puede concretarse en un número finito de estados,  $x_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ), cada uno de los cuales posee una probabilidad  $p_i$ :

$$P(X \sim x_i) = p_i$$

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

$p_i$  representa la probabilidad "a priori" de que el sistema se concrete en el estado  $x_i$ .

Supongamos que nos hallamos en condiciones de recoger una información de carácter estadístico relacionada con esta hipótesis,  $z$ ; según sabemos, si

$$P(X \sim x_i) = P(H_i) = p_i$$

es una probabilidad "a priori"  $P(H_i/z)$  será la probabilidad "a posteriori" para  $H_i$ . Pues bien, llamaremos "información" que sobre el acaecimiento de  $H_i$  comporta el suceso  $z$  al logaritmo (cualquiera que fuere su base,  $k$ ) del cociente entre la probabilidad "a posteriori" y la probabilidad "a priori" de  $H_i$ . -- Representándola por  $I_i$ , tendremos:

$$I_i = \log_k \left[ \frac{P(H_i/z)}{P(H_i)} \right] = \log_k [P(H_i/z)] - \log_k [P(H_i)]$$

Ahora bien, supuesto que hiciésemos coincidir  $H_i$  con  $z$ , esto es, que sólo pudiéramos recabar información sobre  $H_i$  mediante el acaecimiento a que  $H_i$  se refiere -- ( $H_i: X \sim x_i$ ), tendríamos que

$$P(H_i/z)=1$$

$$\log_k [P(H_i/z)] = 0$$

$$I_i = -\log_k [P(H_i)] = -\log_k p_i$$

Por tanto, denominaremos "información" sobre un estado cualquiera de un sistema al logaritmo cambiado de signo, de la probabilidad asignable a dicho estado.

Si establecemos la correspondencia entre cada estado de un sistema, la información concerniente al mismo y la probabilidad que le corresponde.

$$x_i \longrightarrow p_i \longrightarrow I_i$$

(siendo  $I_i$  la información concerniente al estado  $x_i$ ), es claro que podríamos definir la variable aleatoria,  $I$ , "información" correspondiente al sistema. La distribución de probabilidad de esta variante vendría dada por el conjunto de sus valores,  $I_i$ , y sus respectivas probabilidades  $p_i$ , pues  $P(I_i) = P(X \sim x_i) = p_i$ . Con esto llamaremos entropía del sistema.  $H(x)$ ,

al valor probable de la información del mismo:

$$H(x) = E(I) = \sum_{i=1}^n I_i \cdot p_i = - \sum_{i=1}^n p_i \log_k p_i$$

(es evidente que si nos refiriésemos a sistemas de carácter continuo no habría ningún nuevo problema, pues bastaría con reemplazar las probabilidades elementales  $p_i$  por los correspondientes elementos de probabilidad, a partir de la función de densidad de la variante, y los sumatorios que aquí empleamos por integrales de Riemann).

#### Unidades de medida de la entropía.

$$H(p_1, p_2, \dots, p_n) = - \sum p_i \log p_i$$

Las distintas unidades de entropía son -- función de la base tomada para el  $\log_k p_i$ , las bases que se -- consideran para determinar las unidades de entropía son las -- siguientes:

- base 2

- base 10

- base e

dando lugar a:

-  $H(1/2, 1/2) = \log_2 2 = 1$  bit.

-  $H(1/10, \dots, 1/10) = \log_{10} 10 = 1$  DIT o HARTLEY

- Cuando se toma como base e la unidad se denomina NIT.

Equivalencias:

- 1 HARTLEY o DIT = 3'32' bits

- 1 BIT = 0'693 NITS

- 1 NIT = 1'443 BITS

A partir de ahora se usará siempre la base 2 y, por tanto, cualquier log aunque no se indique su base, esta será 2 por la razón que veremos más adelante.

El rango de la entropía.

1) Extremo inferior:

$$0 \leq H(P_1, P_2, \dots, P_n) \leq \log_k m \quad \text{ya que}$$

En primer lugar,  $H(P_1 \dots P_n) \geq 0$

$$H(P_1 \dots P_n) = - \sum_i^n P_i \log_k P_i$$

y dado que

$$0 \leq P_i \leq 1$$

tenemos

$$\log_k P_i \leq 0$$

Por tanto

$$H(P_1 \dots P_n) = - \sum_i^n P_i \log_k P_i \geq 0$$

$H(P_1 \dots P_n) = 0$  se dará cuando se sabe de antemano la presentación de un determinado estado  $x_i$ . Para comprobar tal resultado partiremos de los valores que adoptarán los distintos elementos de la función.

$$P_1 = 0 \rightarrow \log_k P_1 = -\infty$$

$$\begin{array}{l}
 P_2 = 0 \longrightarrow \log_k P_2 = -\infty \\
 \vdots \\
 P_i = 1 \longrightarrow \log_k P_i = 0 \\
 \vdots \\
 P_n = 0 \longrightarrow \log_k P_n = -\infty
 \end{array}$$

Por tanto

$$\begin{array}{l}
 P_1 \quad \log_k P_1 = 0.(-\infty) \\
 \vdots \\
 P_i \quad \log_k P_i = 1.0 = 0 \\
 \vdots \\
 P_n \quad \log_k P_n = 0.(-\infty)
 \end{array}$$

Para resolver la indeterminación  $0.(-\infty)$

se efectuará la siguiente transformación

$$P_j \cdot \log_k P_j = \frac{\log_k P_j}{\frac{1}{P_j}} \quad P_j \xrightarrow{0} \frac{\infty}{\infty}$$

Aplicando L'Hopital

$$\lim_{P_j \rightarrow 0} \frac{\log_k P_j}{\frac{1}{P_j}} = \lim_{P_j \rightarrow 0} \frac{\frac{1}{P_j} \log_e k}{-\frac{1}{P_j^2}} = \lim_{P_j \rightarrow 0} (-P_j \cdot \log_e k) = 0$$

Por tanto,

$$H(P_1, \dots, P_n) = 0$$

2) Extremo superior:

se obtendrá maximizando la función

$$H(P_1, \dots, P_n) = -\sum_i^n P_i \log P_i \quad \text{con} \quad \sum_i^n P_i = 1$$

Aplicado el método de los multiplicadores de Lagrange:

$$\phi = -\sum_i^n P_i \log_k P_i + \lambda \left( \sum_i^n P_i - 1 \right)$$

$$\frac{J \phi}{J P_i} = - \left( P_i \frac{1}{P_i} \log_e k + \log_k P_i \right) + \lambda = 0$$

$$\text{luego} \quad \log_k P_i = \lambda - \log_e k \Rightarrow P_i = k^{(\lambda - \log_e k)}$$

y como este resultado es válido  $\forall i$ , ello implica que ---

$$P_1 = P_2 = \dots = P_n$$

y, por tanto, al ser  $\sum_i^n P_i = 1$ ,  $P_i = \frac{1}{n} \forall i (i=1, 2, \dots, n)$

con el cual la función de entropía alcanza el máximo

$$\begin{aligned} H(p_1, \dots, p_n) &= - \sum_{i=1}^n p_i \log_k p_i = - \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \log_k \left(\frac{1}{n}\right) = \\ &= - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log_k \left(\frac{1}{n}\right) = - \frac{1}{n} \cdot n (-\log_k n) = \log_k n \end{aligned}$$

Si queremos tomar como unidad de medida el caso más elemental, es claro que habríamos de referirnos a un sistema que se concreta en sólo dos estados. Es obvio que, para él.

$$0 \leq H(x) \leq \log_k 2$$

No menos obvio es que si  $k = 2$ ,  $\log_2 2 = 1$ , en cuyo caso

$$0 \leq H(x) \leq 1$$

Tomaremos precisamente, por este motivo, como unidad de medida de la información al  $\log_2 2$ , por lo que, en general,  $H(x)$  verificará

$$H(x) = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

$$0 \leq H(x) \leq \log_2 n$$

Entropía de dos variables discretas.

Dada la variable bidimensional  $(\mathcal{X}, \mathcal{Y})$  pueden obtenerse las siguientes distribuciones de probabilidad:

- Distribución conjunta  $p(\mathcal{X} = x_i; \mathcal{Y} = y_j)$

- Distribución marginal de  $\mathcal{X}$

$$P(\mathcal{X} = x_i) = \sum_{j=1}^m P(\mathcal{X} = x_i, \mathcal{Y} = y_j)$$

al poder variar  $\mathcal{Y}$  desde  $y_1$  hasta  $y_m$

- Distribución marginal de  $\mathcal{Y}$

$$P(\mathcal{Y} = y_j) = \sum_{i=1}^n P(\mathcal{X} = x_i; \mathcal{Y} = y_j)$$

al poder variar  $\mathcal{X}$  desde  $x_1$  hasta  $x_n$

- Distribución de  $\mathcal{X}$  condicionada al valor que adopte  $\mathcal{Y}$

$$P(\mathcal{X} = x_i / \mathcal{Y} = y_j) = \frac{P(\mathcal{X} = x_i; \mathcal{Y} = y_j)}{P(\mathcal{Y} = y_j)}$$

- Distribución de  $\eta$  condicionada al valor que adop

te  $\xi$

$$P(\eta = y_j / \xi = x_i) = \frac{P(\xi = x_i; \eta = y_j)}{P(\xi = x_i)}$$

dando que

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m P(\xi = x_i; \eta = y_j) = 1$$

Las dos últimas distribuciones van a dar lugar a las funciones de entropía condicionada para cada valor de  $\eta$  y  $\xi$

$$H(\xi / \eta = y_j) = - \sum_{i=1}^n P(\xi = x_i / \eta = y_j) \log P(\xi = x_i / \eta = y_j)$$

$$H(\eta / \xi = x_i) = - \sum_{j=1}^m P(\eta = y_j / \xi = x_i) \log P(\eta = y_j / \xi = x_i)$$

La determinación de la entropía de una variable condicionada a otra se obtiene por el valor medio de las anteriores entropías:

$$- H(\xi / \eta) = \sum_{j=1}^m P(\eta = y_j) H(\xi / \eta = y_j) =$$

$$- \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(\eta=y_j) \cdot P(\xi=x_i / \eta=y_j) \cdot \log P(\xi=x_i / \eta=y_j) =$$

$$- \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(\xi=x_i; \eta=y_j) \log P(\xi=x_i / \eta=y_j)$$

$$- H(\eta / \xi) = \sum_{i=1}^n P(\xi=x_i) H(\eta / \xi=x_i) =$$

$$- \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(\xi=x_i) P(\eta=y_j / \xi=x_i) \log P(\eta=y_j / \xi=x_i) =$$

$$- \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(\xi=x_i; \eta=y_j) \log P(\eta=y_j / \xi=x_i)$$

Para la distribución conjunta ( $P(\xi=x_i; \eta=y_j)$ ) se obtiene la función de entropía:

$$H(\xi; \eta) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(\xi=x_i; \eta=y_j) \log P(\xi=x_i; \eta=y_j)$$

$\eta=y_j)$

tomando logaritmos en

$$P(\xi=x_i; \eta=y_j) = P(\xi=x_i) \cdot P(\xi=x_i / \eta=y_j)$$

lo que da

$$\log P(\xi = x_i; \eta = y_j) = \log P(\xi = x_i) + \log P(\xi = x_i / \eta = y_j)$$

y sustituyendo

$$\begin{aligned} H(\xi; \eta) &= - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(\xi = x_i; \eta = y_j) \log P(\xi = x_i) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(\xi = x_i; \eta = y_j) \log P(\eta = y_j / \xi = x_i) \\ &= H(\xi) + H(\eta / \xi) \end{aligned}$$

Igualmente se demostraría que

$$H(\xi; \eta) = H(\eta) + H(\xi / \eta)$$

Si  $\xi$  y  $\eta$  son estocásticamente independientes, entonces

$$H(\xi; \eta) = H(\xi) + H(\eta)$$

Teorema de la disminución de la entropía.

$$H(\mathcal{Z}/\mathcal{Y}) \leq H(\mathcal{Z})$$

La demostración sigue la que realiza G. ALVAREZ

Por el lema de GIBBS se puede escribir:

$$- \sum_{i=1}^n P(\mathcal{Z} = x_i / \mathcal{Y} = y_j) \log P(\mathcal{Z} = x_i / \mathcal{Y} = y_j) \leq$$

$$\leq - \sum_{i=1}^n P(\mathcal{Z} = x_i / \mathcal{Y} = y_j) \log P(\mathcal{Z} = x_i)$$

multiplicando en ambos miembros por  $P(\mathcal{Y} = y_j)$  y sumando respecto a los valores de  $\mathcal{Y}$

$$- \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(\mathcal{Y} = y_j) P(\mathcal{Z} = x_i / \mathcal{Y} = y_j) \log P(\mathcal{Z} = x_i / \mathcal{Y} = y_j) \leq$$

$$\leq - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(\mathcal{Y} = y_j) P(\mathcal{Z} = x_i / \mathcal{Y} = y_j) \log P(\mathcal{Z} = x_i);$$

$$\begin{aligned}
& - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(\xi = x_i; \eta = y_j) \log P(\xi = x_i / \eta = y_j) \leq \\
& \leq - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(\xi = x_i; \eta = y_j) \log P(\xi = x_i) - \sum_{i=1}^n P(\xi = x_i) \log P(\xi = x_i)
\end{aligned}$$

es decir, y tal como se quería demostrar

$$H(\xi/\eta) \leq H(\xi)$$

Aplicando este teorema a

$$H(\xi, \eta) = H(\eta) + H(\xi/\eta) \text{ quedaría que}$$

$$H(\eta) + H(\xi/\eta) \leq H(\eta) + H(\xi)$$

lo que viene a indicar que la entropía correspondiente a dos variables será máxima cuando éstas son in dependientes, disminuyendo por la dependencia existente entre ellas (información que una aporta sobre la otra).

Algunas Axiomaticas de las que se deduce directamente la --  
función entropica de un sistema.

AXIOMATICA DE KHINCHIN

a)  $H(P_1, \dots, P_n)$  es,  $\forall n$ , una función no negativa, definida y continua en el dominio  $0 \leq P_k \leq 1$   $k=1, \dots, n$   $\sum_{k=1}^n P_k = 1$

b)  $H(P_1, \dots, P_n)$  es  $\forall n$ , función simétrica de sus  $n$  argumentos.

$$c) H(P_1, \dots, P_n, 0) = H(P_1, \dots, P_n) \quad \forall n$$

$$d) H(P_1, \dots, P_n) \geq H(1/n, \dots, 1/n) \quad \forall n$$

$$e) \text{ Si } P_k = \sum_{i=1}^m H_{ki}, \quad 1 \leq k \leq n, \quad H_{ki} \geq 0$$

$$1 \leq i \leq m$$

$$\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m H_{ki} = 1$$

se cumple que

$$H(H_{11}, \dots, H_{nm}) = H(P_1, \dots, P_n) + \sum_{k=1}^n P_k H \frac{h_{k1}}{P_k}, \dots,$$

$$\frac{h_{km}}{P_k}$$

$$f) H(1/2, 1/2) = 1$$

#### AXIOMATICA DE FADDEEV

a)  $H(P_i, 1-P)$  es función continua de  $P$  en el intervalo  $(0,1)$

b)  $H(P_1, \dots, P_n)$  es,  $\forall n$ , función simétrica de sus  $n$  argumentos

c) Si  $P_n = q_1 + q_2 > 0$  se cumple

$$H(P_1, \dots, P_{n-1}, q_1, q_2) = H(P_1, \dots, P_n) + P_n \cdot H(q_1/P_n, q_2/P_n)$$

$$d) H(1/2, 1/2) = 1$$

#### AXIOMATICA DE YAGLOM

a)  $H(P_1, \dots, P_n)$ : El valor de ésta función no cambia al realizar cualquier permutación en las probabilidades  $P_1, \dots, P_n$ .

b) La función  $H(P_1, \dots, P_n)$  es continua

c) La función  $H(P_1, \dots, P_n)$  verifica la relación:

$$H(P_1, \dots, P_n) = H(P_1, P_2, P_3, \dots, P_n) + \\ + (P_1 + P_2) H\left(\frac{P_1}{P_1 + P_2}, \frac{P_2}{P_1 + P_2}\right)$$

d) la función  $H(1/k, \dots, 1/k) = f(k)$  es una función creciente con  $k$

#### AXIOMÁTICA DE GIL ALVAREZ

Plantea otra caracterización de la función en trópica, con una axiomática que está, según sus mismas palabras, a camino entre la de FADDEV y KHINCHIN.

Sea  $H(1), H(P_1, P_2), \dots, H(P_1, \dots, P_n) \dots$ , una sucesión de funciones asignadas a distribuciones de probabilidad correspondiente a  $1, 2, \dots, n, \dots$ , resultados, que verifican:

I .-  $H(P_1, P_2)$  es función continua y no negativa

en el dominio

$$P_1, P_2 \geq 0, \quad P_1 + P_2 = 1$$

II.-  $H(P_1, \dots, P_n)$  es  $\forall n$ , función simétrica de sus  $n$  argumentos

III.- Si  $P_n = q_1 + q_2 > 0$ , entonces

$$H(P_1, \dots, P_{n-1}, q_1, q_2) = H(P_1, \dots, P_n) + P_n H(q_1/P_n, q_2/P_n)$$

IV.-  $H(P_1, \dots, P_n) \leq H(1/n, \dots, 1/n), \forall n$

V.-  $H(1/2, 1/2) = 1$

Entonces las funciones  $H$  toman la forma

$$H(P_1, \dots, P_n) = - \sum_{k=1}^n P_k \log_2 P_k$$

El desarrollo a través del cual se deduce la función entrópica es como sigue:

Sea  $L(n) = H(1/n, \dots, 1/n)$ . Vamos a demostrar - que se cumple:

$$\begin{aligned}
 & - L(n) \leq L(n+1) \\
 & \text{Y} \\
 & - L(r^m) = m L(r), \quad m, r \in \mathbb{N}
 \end{aligned}$$

Para la primera expresión se parte, por el axioma III, de que

$$H(P_1, \dots, P_n, 0) = H(P_1, \dots, P_n) + P_n H(1, 0)$$

y en virtud de los axiomas II y III:

$$H(1/2, 1/2, 0) = H(1/2, 1/2) + 1/2 H(1, 0)$$

$$\begin{aligned}
 H(1/2, 1/2, 0) &= H(0, 1/2, 1/2) = H(0, 1) + H(1/2, 1/2) = \\
 &= H(1, 0) + H(1/2, 1/2)
 \end{aligned}$$

$$H(1, 0) = 0$$

$$\text{luego } H(P_1, \dots, P_n, 0) = H(P_1, \dots, P_n)$$

de donde

$$\begin{aligned}
 1(n) = H(1/n, \dots, 1/n) &= H(1/n, \dots, 1/n, 0) = H(1/n, \dots, 1/n+1) = \\
 &L(n+1)
 \end{aligned}$$

Para la segunda expresión resulta necesario generalizar el axioma III:

Supongamos que es

$$H(P_1, \dots, P_{n-1}, q_1, \dots, q_r) = H(P_1, \dots, P_n) + P_n H\left(\frac{q_1}{P_n}, \dots, \frac{q_r}{P_n}\right)$$

con  $P_n = q_1 + \dots + q_r > 0$

entonces,

$$H(P_1, \dots, P_{n-1}, q_1, \dots, q_{r+1}) = H(P_1, \dots, P_{n-1}, q_1, \dots, q_r, q_{r+1}) +$$

$$+(q_r + q_{r+1}) H\left[\frac{q_r}{q_r + q_{r+1}}, \frac{q_{r+1}}{q_r + q_{r+1}}\right] =$$

$$H(P_1, \dots, P_n) + (q_1 + \dots + q_{r+1}) H\left(\frac{q_1}{P_n}, \dots, \frac{(q_r + q_{r+1})}{P_n}\right) +$$

$$+(q_r + q_{r+1}) H\left[\frac{q_r}{q_r + q_{r+1}}, \frac{q_{r+1}}{q_r + q_{r+1}}\right]$$

donde  $P_n = q_1 + \dots + q_{r+1} > 0$ . Por tanto, se puede expresar lo anterior en la siguiente forma:

$$H(P_1, \dots, P_{n-1}, q_1, \dots, q_{r+1}) = H(P_1, \dots, P_n) + P_n (H(q_1/P_n), \dots,$$

$$(q_r + q_{r+1})/P_n) + (q_r + q_{r+1})/P_n \cdot H \left[ \frac{q_r}{q_r + q_{r+1}}, \frac{q_{r+1}}{q_r + q_{r+1}} \right]$$

siendo

$$H(q_1/P_n, \dots, q_r + q_{r+1}/P_n) = H(q_1/P_n, \dots, q_r/P_n, q_{r+1}/P_n)$$

Luego,

$$H(P_1, \dots, P_{n-1}, q_1, \dots, q_{r+1}) = H(P_1, \dots, P_n) + P_n H$$

$$(q_1/P_n, \dots, q_r/P_n, \frac{q_{r+1}}{P_n})$$

P. G. ALVAREZ (pág. 33) afirma:

"Y como la expresión es cierta para  $r=2$  por el axioma III, un argumento de inducción prueba la validez para todo valor natural de  $r$ . De este modo la ley de agrupación de probabilidades en un solo valor (su suma) se extiende a cualquier número de -- ellos que se desee agrupar.

Por otra parte la simetría impuesta en el axioma II garantiza la ley de agrupación para pro-

babilidades en posición cualesquiera, e incluso permite efectuar diversas agrupaciones simultáneas, obteniéndose en definitiva:

$$H(q_{11}, \dots, F, m_1, \dots, F n_1, \dots, F n m_n) = H(P_1, \dots, P_n) +$$

$$+ \sum_{k=1}^n P_k H(q_{k1}/P_k, \dots, q_{k m_k}/P_k)$$

$$\text{con } P_k = \sum_{j=1}^{m_k} q_{kj} > 0 \quad \forall k=1, 2, \dots, n$$

Si ahora tomamos en particular  $m_1 = \dots = m_n = m$ ,

$q_{ij} = \frac{1}{m-n} \quad \forall i, \forall j$ , la expresión anterior resulta:

$$H(1/mn, \dots, 1/mn) = H(1/n, \dots, 1/n) + \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} H(1/m, \dots, 1/m)$$

Es decir,

$$L(m \cdot n) = L(n) + \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} L(m) = L(n) + L(m) \text{ y}$$

para  $n=m=r$ ;  $L(r^2) = 2L(r)$

que, por un sencillo proceso de inducción, da el resultado buscado:

$$L(r^m) = m L(r)$$

#### Cantidad de Información de SHANNON.

La información entre variables aleatorias toma expresión formal a través de la noción "cantidad de información de Shannon". Dadas dos variables aleatorias ( $\mathcal{Z}$ ,  $\eta$  y -- siendo  $H(\eta)$  la incertidumbre a priori sobre  $\eta$  y  $H(\eta/\mathcal{Z})$  - la incertidumbre sobre la misma variable bajo la hipótesis del conocimiento del acaecimiento de otra variable  $\mathcal{Z}$ , se define a la "cantidad de información de Shannon" como la diferencia entre  $H(\eta)$  y  $H(\eta/\mathcal{Z})$ :

$$I(\eta, \mathcal{Z}) = H(\eta) - H(\eta/\mathcal{Z})$$

lo que indica la cantidad de información que la variable  $\mathcal{Z}$  contiene sobre  $\eta$ .

#### PROPIEDADES

$$1^a. - I(\mathcal{Z}, \eta) = I(\eta, \mathcal{Z})$$

tal y como lo demuestra P. G. Alvarez:

$$H(\xi, \eta) = H(\xi) + H(\eta/\xi) = H(\eta) + H(\xi/\eta)$$

por tanto,

$$H(\eta) - H(\eta/\xi) = H(\xi) - H(\xi/\eta)$$

$$I(\eta, \xi) = I(\xi, \eta)$$

De aquí se deduce que la información de  $\xi$  sobre  $\eta$  es igual a la de  $\eta$  sobre  $\xi$ . Se puede, por tanto, denominar a  $I(\eta, \xi)$  como la cantidad de "información mutua".

2ª.- Otras expresiones de la cantidad de información de Shannon:

A partir de la ley de entropías totales,

$$H(\eta/\xi) = H(\eta, \xi) - H(\xi)$$

se deduce:

$$I(\eta, \xi) = H(\eta) + H(\xi) - H(\eta, \xi)$$

$$I(\eta, \xi) = \sum_j \sum_i p_{\eta=y_j; \xi=x_i} \log \frac{P(\eta=y_j; \xi=x_i)}{P(\eta=y_j)P(\xi=x_i)}$$

3ª.- La "información mutua" es no negativa, anulándose en el -

caso de que ambas variables aleatorias sean independientes y la cantidad de información que una variable contiene sobre otra se halla acotada por su propia entropía y coincide con la información que la variable contiene sobre sí misma.

$$0 \leq I(\eta, \xi) \leq H(\eta)$$

Así,

$$I(\eta, \xi) = H(\eta) - H(\eta/\xi) \geq 0$$

dado que  $H(\eta) \geq H(\eta/\xi)$

Por otra parte,

$$H(\eta) - H(\eta/\xi) \leq H(\eta)$$

ya que  $H(\eta/\xi) \geq 0$  y  $I(\eta, \eta) = H(\eta)$  al ser  $H(\eta/\eta) = 0$

4<sup>a</sup>.- Tal y como lo indica P. G. Alvarez, tanto la "información mutua" como la "cantidad de información de Shannon" se puede expresar como el valor medio de informaciones individuales.

Así,

$$\begin{aligned}
I(\eta, \xi) &= H(\eta) - H(\eta/\xi) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(x_i, y_j) \log P(x_i) + \\
&+ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(x_i, y_j) \log P(y_j/x_i) = \\
\sum_{i=1}^n P(x_i) H(\eta) &- \sum_{i=1}^n P(x_i) H(\eta/\xi - x_i) = \\
&= \sum_{i=1}^n P(x_i) (H(\eta) - H(\eta/\xi - x_i))
\end{aligned}$$

(1) En lo fundamental seguiremos las Obras:

- LOPEZ CACHERO, M. "Fundamentos y Métodos de Estadística"  
Editorial Pirámide. 1.977
- GIL ALVAREZ, P. "Teoría Matemática de la Información"  
Editorial I.C.E. 1.981

- (2) MACGILL, W.J. "Isomorphism in Statistical -  
Analysis"  
Information Theory of Psychology, Henry Quastler, comp.  
Nueva York: Free Press of Glencoe, Inc 1.955 págs. 56-62.
- GARNER, W. R. "Uncertainty and Structure as Psychological Concepts"  
Nueva York; John Wiley & Sons, Inc. 1.962.

- (3) MILLER, G. A. "¿What Is Information Measurement?"  
American Psychologist, 8, 1.953  
págs 3-12. Cita en pág. 3.

#### 4. ANALISIS DE LA DECISION BASADA EN VALORES ESPERADOS EXTREMOS.

Una vez planteada la problemática de la organización del sistema de decisión -es decir, la propia organización de la toma de decisión en el sistema- cabe ahora enfrentarse a otro problema importante para la organización: el hacer uso de la información que dispone de la forma más eficaz posible a fin de reducir la incertidumbre que toda decisión comporta. A este fin la teoría de la decisión estadística dispone de una serie de técnicas analíticas que guían la elección de un único curso de acción de entre una serie de alternativas.

En lo que sigue el problema se aborda bajo el supuesto de que si bien la información que posee el "decisor" no le permite adoptar alguno de los conocidos criterios de decisión (certidumbre, riesgo o incertidumbre en la terminología "clásica") sí le capacita para llevar a cabo una elección de un curso de acción mediante las técnicas descritas. A esta nueva metodología la denominaré "análisis de la decisión basada en valores esperados extremos".

Una última consideración, antes de entrar en el desarrollo de la mencionada metodología, se refiere al término decisor. Si bien es obvio que en el ámbito de una organización todas las decisiones son tomadas por seres humanos, no por la organización como tal no es menos cierto, que en el ámbito de la misma, existen mecanismos y elementos (grupos, departamentos, etc.) que pueden configurar la decisión de la "organización" como tal.

## INTRODUCCION: CRITERIO DEL VALOR ESPERADO EXTREMO.

Uno de los determinantes de la variada tipología de los problemas que se analizan en la Teoría de la Decisión, se refiere a la situación en la que el decisor se encuentra respecto de la información acerca de la presentación de los estados de la naturaleza.

Así, certeza, riesgo e incertidumbre son tres términos que comportan la descripción de tres situaciones distintas caracterizadas por niveles de información en grado -- diferente.

La caracterización de cada una de estas -- tres situaciones es bien conocida: representado el conjunto de los estados de la naturaleza por una variable aleatoria, en el supuesto que la distribución de probabilidad correspondiente a dicha variable sea una distribución de probabilidad degenerada se hablará de decisión en régimen de certidumbre, en tanto que si dicha distribución de probabilidad es no-degenerada se hablará de decisión en régimen de riesgo. Bajo el supuesto de que no sea posible la determinación de tal distribución de probabilidad se denomina a tal situación régimen de incertidumbre .

Ciertamente, la asunción de esta última postura conlleva la negación de la posibilidad de asignación de probabilidades a los distintos estados de la naturaleza por vía distinta de su inferencia a través de ensayos repetidos. Más, es obvio, la aceptación de la concepción subjetiva de la probabilidad que no comporta tal requisito, implica la creación de una nueva metodología para la toma de decisiones que es conocida con el nombre de metodología bayesiana.

Cualquiera que sea, pues, la situación a la que se alude es claro que no puede eludirse el hablar de la probabilidad como elemento fundamental en el proceso que conduce a la forma de decisiones, y por ello no puede dejar de resaltarse su estrecha vinculación con la racionalidad buscada, y postulada, en cada una de las distintas metodologías que las anteriores situaciones generan.

Los valores de las probabilidades de los estados de la naturaleza son aportados por distintas vías: bien por la vía frecuentista, bien por la vía subjetiva, ó en su caso a través de la generalización del principio de uniformidad, no siendo pues determinadas en estricto sentido dentro de la Teoría de la Decisión.

Evidentemente y aún cuando no resulta esta teoría, y la consecuente metodología que se genera en cada situación, completamente neutral respecto de la concepción de la probabilidad que se emplee, es claro sin embargo que no es competencia de ella ni la obtención de la medida de la incertidumbre que comporta la presentación de los estados de la naturaleza ni los análisis filosóficos encontrados acerca del concepto de probabilidad.

En cualquier caso, y para todas las anteriores situaciones en las que el espacio de los estados de la naturaleza se probabiliza, se han considerado asignadas medidas precisas a los distintos grados de probabilidad. En lo que sigue se intentará el análisis de los procesos de toma de decisión bajo el supuesto de que la asignación de tales medidas precisas a los grados de probabilidad sea discutible y, por ello, sólo sea posible, y como consecuencia de meros juicios de comparación, que las probabilidades a asignar a los estados de la naturaleza sean sólo ordenables.

Es intención, pues, en lo que sigue obviar, por un lado, la descripción de las distintas metodologías que se siguen de las situaciones que propician la aplicación de las con

cepciones de la probabilidad, bien frecuentista, bien subjetiva, y por otro lado ir a la elaboración de los principios, criterios y algoritmos que posibiliten la adopción de decisiones para el supuesto de que la información que el decisor posea acerca de la presentación de los estados de la naturaleza sólo le permita una ordenación -débil o estricta, en la forma que más adelante se define- de las probabilidades a asociar a dichos estados.

Esta nueva situación, así caracterizada, va a generar una metodología que se conocerá con el nombre de -- "análisis de la decisión basado en valores esperados extremos" en tanto que el criterio de elección se fija de entre los estadísticos que pueden definirse en la distribución de probabilidad - que corresponde a cada alternativa, en el "valor esperado", asumiéndose no obstante que la determinación precisa de tal valor - esperado no es posible, al no estar determinadas las probabilidades de los estados de la naturaleza, y sí sin embargo ser posible la determinación de los valores esperados extremos que es lo que, en última instancia, justifica el nombre dado a esta metodología.

DETERMINACION DEL VALOR ESPERADO EXTREMO PARA UN ORDEN DEBIL  
DE PROBABILIDADES.

Supuesto el problema de decisión propuesto, descrito a través del formato matricial siguiente:

	$E_1$	$E_2 \dots$	$E_j \dots$	$E_n$
$A_1$	$R_{11}$	$R_{12} \dots$	$R_{1j} \dots$	$R_{1n}$
$A_2$	$R_{21}$	$R_{22} \dots$	$R_{2j} \dots$	$R_{2n}$
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
$A_i$	$R_{i1}$	$R_{i2} \dots$	$R_{ij} \dots$	$R_{in}$
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
$A_m$	$R_{m1}$	$R_{m2} \dots$	$R_{mj} \dots$	$R_{mn}$

se considera que la información que dispone el decisor acerca de la presentación de los estados de la naturaleza le permite concluir sólo que dichas probabilidades están ordenadas de forma -- que --y ello no supone pérdida de generalidad alguna-- tal ordenación resulta ser:

$$P_1 \gg P_2 \gg \dots \gg P_j \gg \dots \gg P_{n-1} \gg P_n$$

y donde, a tal tipo de ordenación, se convendrá en llamar "ordenación débil".



Formulación del problema: programa lineal asociado.

La determinación, entonces, de los valores esperados extremos para cada alternativa, habida cuenta la definición de valor esperado, pasará por determinar el valor máximo ó el valor mínimo de la función:

$$E [A_i] = \sum_{j=1}^n P_j R_{ij}$$

Teniendo en cuenta que se dan para las componentes del vector de probabilidades, las relaciones siguientes:

$$\sum_{j=1}^n P_j = 1$$

$$P_j \geq 0 \quad (j=1,2,\dots,n)$$

como obvia consecuencia de ser un vector de probabilidades, y además es:

$$P_j - P_{j+1} \geq 0 \quad , \quad (j=1,2,\dots, n)$$

por la ordenación establecida para las probabilidades  $P_j$ , se -

sigue que tales valores esperados extremos resultarán como soluciones del programa lineal,

$$\text{máx (ó mín.) } \sum_{j=1}^n P_j R_{ij}$$

$$\sum_{j=1}^n P_j = 1$$

$$P_j - P_{j+1} \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n-1)$$

$$P_j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

resultando ser el poliedro convexo que definen las restricciones, y para el supuesto de ordenación que se ha establecido, aquél que tiene por vértices los baricentros generados, de forma sucesiva, en los conjuntos convexos que tienen por extremos los puntos:

$$\{ (1, 0, 0, \dots, 0) \}$$

$$\{ (1, 0, 0, \dots, 0), (0, 1, 0, \dots, 0) \}$$

$$\{ (1, 0, 0, \dots, 0), (0, 1, 0, \dots, 0), (0, 0, 1, \dots, 0) \}$$

⋮

$$\{ (1,0,0,\dots,0), (0,1,0,\dots,0), \dots, (0,0,0,\dots,1) \}$$

Así, y para el caso que se considerara un espacio tridimensional, la representación gráfica del anterior conjunto de restricciones vendría dada por el conjunto de vértices:

$$(1,0,0)$$

$$(1/2, 1/2, 0)$$

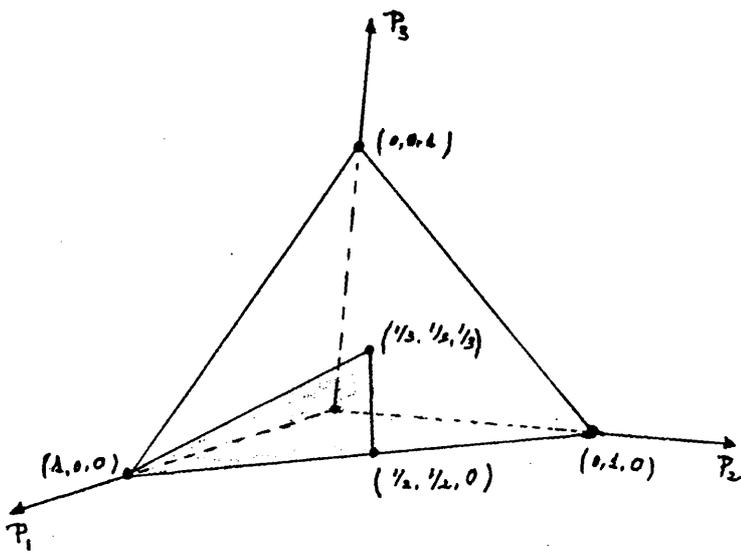
$$(1/3, 1/3, 1/3)$$

en la forma que indica la figura de la página siguiente.

PROGRAMA LINEAL EQUIVALENTE.

TRANSFORMACION EMPLEADA: MATRIZ DE LA TRANSFORMACION.

La transformación lineal, definida por la matriz  $T$ , cuadrada, de orden  $n$ :



$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

transforma el poliedro convexo, definido por el conjunto de las restricciones del Programa lineal inicial, en otro conjunto poliédrico convexo, de suerte que todo vector de probabilidades:

$$P \equiv (P_1, P_2, \dots, P_j, \dots, P_n)$$

se transforma en un vector:

$$q \equiv (q_1, q_2, \dots, q_j, \dots, q_n)$$

de componentes:

$$q_j = P_j - P_{j+1} \geq 0, \quad j = (1, 2, \dots, n-1)$$

$$q_n = P_n \geq 0,$$

como consecuencia del producto matricial T.P, esto es:

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ \vdots \\ P_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_1 - P_2 \\ P_2 - P_3 \\ P_3 - P_4 \\ \vdots \\ P_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ \vdots \\ q_n \end{pmatrix}$$

De esta forma, el conjunto de restricciones del programa lineal inicial.

$$\sum P_j = 1$$

$$P_j - P_{j+1} \geq 0$$

será sustituido por la única restricción:

$$\sum j q_j = 1$$

expresión, ésta última, que constituye la ecuación del transformado del conjunto poliedrico convexo definido por las restricciones iniciales, por cuanto que es:

$$\sum_{j=1}^n j q_j = q_1 + 2q_2 + 3q_3 + \dots + nq_n =$$

$$= (P_1 - P_2) + 2(P_2 - P_3) + 3(P_3 - P_4) + \dots + nP_n = \sum_j P_j = 1$$

y al ser:

$$P_j = \sum_{k=j}^n q_k = (P_j - P_{j+1}) + (P_{j+1} - P_{j+2}) + \dots + (P_{n-1} - P_n) + P_n$$

con lo que, puesto que  $q_j \geq 0$  es  $P_j \geq 0$ , resultarán las restricciones del nuevo programa escritas en la forma:

$$\sum_{j=1}^n j q_j = 1$$

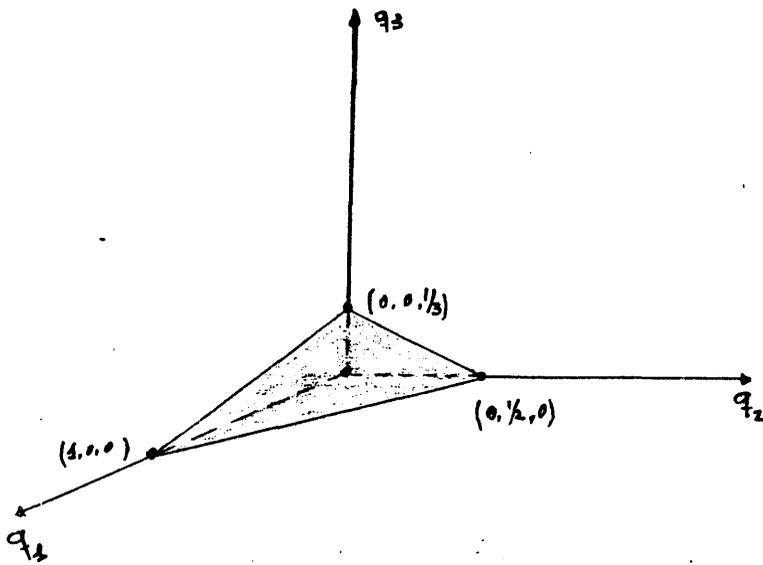
$$q_j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

Así, y para el supuesto contemplado anteriormente, se tendrá como imagen gráfica del conjunto convexo:

$$\sum_{j=1}^n j q_j = 1$$

$$q_j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

la dada por la figura siguiente:



donde los puntos de coordenadas:

$$(1, 0, 0) \quad , \quad (0, 1/2, 0) \quad , \quad (0, 0, 1/3)$$

son los correspondientes, mediante la transformación definida por la matriz T, de los puntos:

$(1,0,0)$  ,  $(1/2, 1/2, 0)$  ;  $(1/3, 1/3, 1/3)$ .

MATRIZ DE SUMAS PARCIALES  $S_i$ :

La matriz  $S_i$ ,

$(S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{ij}, \dots, S_{in})$

que se denominará matriz de sumas parciales, para la alternativa "i-ésima" definida en la forma:

$$S_{ij} = \sum_{k=1}^j R_{ik}$$

es tal que define la forma lineal, respecto de los vectores  $q$ , dada por el producto matricial:

$$S_i \cdot q$$

equivalente a la determinada por la matriz de resultados asociados a la alternativa i-ésima:

$$R_i = (R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{ij}, \dots, R_{in})$$

respecto de los vectores  $P$ , dada por el producto matricial,

$$R_i \cdot P$$

por cuanto el producto matricial  $S_i \cdot q$ , es

$$S_i \cdot q = \sum_{j=1}^n q_j S_{ij} = \sum_{j=1}^n q_j \left( \sum_{k=1}^j R_{ik} \right)$$

$$= q_1 R_{i1} + q_2 (R_{i1} + R_{i2}) + \dots + q_n (R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{in}) =$$

$$= (P_1 - P_2) R_{i1} + (P_2 - P_3) (R_{i1} + R_{i2}) + \dots + P_n (R_{i1} + R_{i2} + \dots$$

$$+ R_{in}) =$$

$$= P_1 R_{i1} + P_2 R_{i2} + \dots + P_n R_{in} = \sum_{j=1}^n P_j R_{ij} = R_i \cdot P$$

#### PROGRAMA LINEAL EQUIVALENTE:

Por lo anterior, el programa lineal equivalente al inicialmente establecido para el cálculo de los valores es

perados extremos, vendrá formulado ahora como:

$$\text{máx (ó mín)} \quad \sum_{j=1}^n q_j \cdot s_{ij}$$

$$\sum_{j=1}^n j q_j = 1$$

$$q_j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

del cual se sigue que, al existir una única restricción funcional, si existe solución óptima finita, el vector solución:

$$q = (q_1, q_2, \dots, q_j, \dots, q_n)$$

tendrá sólo una componente no nula, siendo el resto de ellas nulas.

#### SOLUCION DEL PROGRAMA LINEAL EQUIVALENTE:

De ser sólo una de las  $q_j$  no nula, se seguirá entonces que

$$\sum_{j=1}^n j q_j = 0+0+\dots+0+j q_j +0+\dots+0=1$$

y con ello que el valor no nulo de la componente del vector solución es:

$$q_j = \frac{1}{j}$$

De esta forma, la función objetivo

$$\sum_{j=1}^n q_j \cdot S_{ij}$$

en el óptimo, tomará la forma:

$$\frac{S_{ij}}{j}$$

resultando estar maximizada, respectivamente minimizada, para el valor máximo, respectivamente mínimo, de:

$$\frac{S_{ij}}{j}$$

Con ello los valores esperados extremos para la alternativa  $A_i$ , habida cuenta la ordenación asociada a las probabilidades que correspondan a los estados de la naturaleza, se de terminarán a través de la expresión:

$$\frac{1}{j} S_{ij} = \frac{1}{j} \sum_{k=1}^j R_{ik} = \bar{R}_{ij} \quad , \quad j=1,2,\dots, n$$

ésto es, con base en el cálculo de las  $n$  medias aritméticas -- parciales que se pueden derivar para cada alternativa.

ALGORITMO DE CALCULO:

En tanto que, como es obvio, el conjunto de restricciones:

$$\sum_{j=1}^n q_j = 1$$

$$q_j \geq 0 \quad j=1,2,\dots, n$$

es común a los distintos programas lineales que se derivarán para las distintas funciones objetivo

$$\sum_{j=1}^n q_j \cdot S_{ij}$$

correspondientes a las distintas alternativas  $A_i, V_i$ , y habida cuenta, como consecuencia de resultados precedentes, la forma

que adopta la solución en dichos programas, es posible entonces elaborar un algoritmo simple de cálculo, con base en expresiones matriciales adecuadas que, conduzca a la obtención de los valores esperados extremos.

En efecto:

si se considera la matriz, que convendrá en representarse por  $Q$ ,

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1/2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1/3 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1/n \end{pmatrix}$$

cuyos vectores columnas son los vértices del conjunto convexo definido por la ecuación:

$$\sum_{j=1}^n j q_j = 1$$

matriz que se denominará "matriz generadora de valores extremos" y es

$$R_i = (R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{ij}, \dots, R_{in})$$

y el vector resultados asociados a la alternativa  $A_i$ , el vector  $S_i$ :

$$S_i = (S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{ij}, \dots, S_{in})$$

correspondiente a la matriz de sumas parciales de la alternativa  $A_i$ , se determinará atendiendo a la definición de suma parcial de resultados consideradas anteriormente

$$S_{ij} = \sum_{k=1}^j R_{ik}$$

El producto matricial  $S_i \cdot Q$ :

$$(S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{ij}, \dots, S_{in}) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1/2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1/3 & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1/n \end{pmatrix} = (S_{i1}, \frac{S_{i2}}{2}, \dots, \frac{S_{ij}}{j}, \dots, \frac{S_{in}}{n})$$

generará, entonces, el vector  $\bar{R}_i$ , cuyas componentes son las medias aritméticas parciales asociadas a la alternativa  $A_i$ :

$$\bar{R}_i = (\bar{R}_{i1}, \bar{R}_{i2}, \dots, \bar{R}_{ij}, \dots, \bar{R}_{in}) =$$

$$\left( \bar{S}_{i1}, \frac{\bar{S}_{i2}}{2}, \dots, \frac{\bar{S}_{ij}}{j}, \dots, \frac{\bar{S}_{in}}{n} \right)$$

Por lo hecho hasta ahora, resulta ya fácil deducir un algoritmo que proporcione de forma simultánea el cálculo de las medias aritméticas parciales asociadas a cada alternativa, esto es, el cálculo de la matriz de medias aritméticas parciales correspondientes al problema de decisión propuesto.

Así, si es  $R$  la matriz de resultados asociados a cada alternativa, habida cuenta el estado de la naturaleza que se presenta,

$$R = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1j} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2j} & \dots & R_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot & & \cdot \\ R_{m1} & R_{m2} & \dots & R_{mj} & \dots & R_{mn} \end{pmatrix}$$

las etapas sucesivas, a seguir consistirán en:

1<sup>a</sup> Etapa:

Determinación de la matriz de sumas parciales S:

les S:

$$S = \begin{pmatrix} R_{11} & (R_{11}+R_{12}) & \dots & (R_{11}+R_{12}+\dots+R_{1j}) & \dots & (R_{11}+R_{12}+\dots+R_{1n}) \\ R_{21} & (R_{21}+R_{22}) & \dots & (R_{21}+R_{22}+\dots+R_{2j}) & \dots & (R_{21}+R_{22}+\dots+R_{2n}) \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ R_{i1} & (R_{i1}+R_{i2}) & \dots & (R_{i1}+R_{i2}+\dots+R_{ij}) & \dots & (R_{i1}+R_{i2}+\dots+R_{in}) \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ R_{m1} & (R_{m1}+R_{m2}) & \dots & (R_{m1}+R_{m2}+\dots+R_{mj}) & \dots & (R_{m1}+R_{m2}+\dots+R_{mn}) \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \dots S_{1j} \dots S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} \dots S_{2j} \dots S_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{i1} & S_{i2} \dots S_{ij} \dots S_{in} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{m1} & S_{m2} \dots S_{mj} \dots S_{mn} \end{pmatrix}$$

2<sup>a</sup> Etapa:

Determinación de la matriz  $\bar{R}$ , de medias aritméticas parciales con base en el producto matricial de la matriz  $S$ , de sumas parciales, y la matriz  $Q$ , matriz generadora de valores extremos,

$$\begin{pmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1j} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2j} & \dots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ s_{i1} & s_{i2} & \dots & s_{ij} & \dots & s_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mj} & \dots & s_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1/2 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1/j & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 1/n \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} s_{11} & \frac{s_{12}}{2} & \dots & \frac{s_{1j}}{j} & \dots & \frac{s_{1n}}{n} \\ s_{21} & \frac{s_{22}}{2} & \dots & \frac{s_{2j}}{j} & \dots & \frac{s_{2n}}{n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ s_{i1} & \frac{s_{i2}}{2} & \dots & \frac{s_{ij}}{j} & \dots & \frac{s_{in}}{n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ s_{m1} & \frac{s_{m2}}{2} & \dots & \frac{s_{mj}}{j} & \dots & \frac{s_{mn}}{n} \end{pmatrix} =$$

$$\begin{pmatrix} \bar{R}_{11} & \bar{R}_{12} \cdots \bar{R}_{1j} \cdots \bar{R}_{1n} \\ \bar{R}_{21} & \bar{R}_{22} \cdots \bar{R}_{2j} \cdots \bar{R}_{2n} \\ \vdots & \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ \bar{R}_{i1} & \bar{R}_{i2} \cdots \bar{R}_{ij} \cdots \bar{R}_{in} \\ \vdots & \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ \bar{R}_{m1} & \bar{R}_{m2} \cdots \bar{R}_{mj} \cdots \bar{R}_{mn} \end{pmatrix}$$

De esta manera la selección de los valores esperados extremos se seguirá de extraer para cada alternativa  $A_i$ , el valor máximo, ó en otro caso mínimo, del problema de decisión presentado ahora en la forma:

$$\begin{array}{cccc} & E_1 & E_2 \cdots & E_j \cdots & E_n \\ A_1 & \bar{R}_{11} & \bar{R}_{12} \cdots & \bar{R}_{1j} \cdots & \bar{R}_{1n} \\ A_2 & \bar{R}_{21} & \bar{R}_{22} \cdots & \bar{R}_{ij} \cdots & \bar{R}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_i & \bar{R}_{i1} & \bar{R}_{i2} \cdots & \bar{R}_{ij} \cdots & \bar{R}_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_m & \bar{R}_{m1} & \bar{R}_{m2} \cdots & \bar{R}_{mj} \cdots & \bar{R}_{mn} \end{array}$$

DETERMINACION DEL VALOR ESPERADO EXTREMO PARA UN ORDEN ESTRICTO DE PROBABILIDADES.

Si el decisor dispusiera de información tal que le permitiera que la ordenación de las posibilidades correspondientes a los estados de la naturaleza, fuera expresada en la forma:

$$P_j - P_{j+1} \geq d_j > 0, \quad j=1,2,\dots,n$$

donde las  $d_j$  son constantes positivas a tal tipo de ordenación se convendrá en llamar "ordenación estricta", significándose con ello que, en tal ordenación, las probabilidades sucesivas difieren en al menos una cantidad positiva dada  $d_j$ .

Bajo estas condiciones es posible, también, la determinación de los valores esperados extremos para cada alternativa.

FORMULACION DEL PROBLEMA: PROGRAMA LINEAL ASOCIADO.

Tal determinación se corresponderá con

el valor máximo, ó el valor mínimo, de la función:

$$E [A_i] = \sum_{j=1}^n P_j \cdot R_{ij}$$

teniendo en cuenta las naturales restricciones que corresponden al vector de probabilidades

$$(P_1, P_2, \dots, P_j, \dots, P_n)$$

y además, ahora, la dada por:

$$P_j - P_{j+1} \geq d_j > 0 \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

como consecuencia de la hipótesis de ordenación estricta enunciada anteriormente.

Con ello el programa lineal correspondiente, quedará escrito en la forma:

$$\text{máx (ó mín)} \quad \sum_{j=1}^n P_j \cdot R_{ij}$$

$$\sum_{j=1}^n P_j = 1$$

$$P_j - P_{j+1} \geq d_j \quad (j=1, 2, \dots, n), \text{ con } P_{n+1} = 0$$

$$P_j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

PROGRAMA LINEAL EQUIVALENTE:

Al igual que en el caso anterior, las transformaciones

$$q'_j = P_j - P_{j+1} - d_j$$

$$s_{ij} = \sum_{k=1}^j R_{ik}$$

posibilitan transformar el programa lineal anterior en otro equivalente, con idéntico resultado: la simplicidad en la resolución de aquel al que se accede con dichas transformaciones.

En efecto: por cuanto que

$$\sum_{j=1}^n j q'_j + \sum_{j=1}^n j d_j = q'_1 + 2q'_2 + \dots + nq'_n + d_1 + 2d_2 + \dots + nd_n =$$

$$\begin{aligned}
 &= (P_1 - P_2 - d_1) + 2(P_2 - P_3 - d_2) + \dots + n(P_n - d_n) + d_1 + 2d_2 + \dots + nd_n = \\
 &= \sum_{j=1}^n P_j = 1.
 \end{aligned}$$

y que:

$$q'_j \geq 0$$

puesto que las  $P_j \geq 0$  y  $d_j > 0$ , las restricciones del nuevo programa quedarán escritas en la forma:

$$\sum_{j=1}^n j q'_j + \sum_{j=1}^n j d_j = 1$$

$$q'_j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

Por otra parte, como:

$$\sum_{j=1}^n q'_j \cdot S_{ij} + \sum_{j=1}^n d_j S_{ij} =$$

$$= q'_1 S_{i1} + q'_2 S_{i2} + \dots + q'_n S_{in} + d_1 S_{i1} + d_2 S_{i2} + \dots + d_n S_{in} =$$

$$= (P_1 - P_2 - d_1) S_{i1} + (P_2 - P_3 - d_2) S_{i2} + \dots + (P_n - d_n) S_{in} + d_1 S_{in} + \dots + d_n S_{in} =$$

$$= (P_1 - P_2) S_{i1} + (P_2 - P_3) S_{i2} + \dots + P_n S_{in} =$$

$$= (P_1 - P_2) R_{i1} + (P_2 - P_3) (R_{i1} + R_{i2}) + \dots + P_n (R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{in})$$

expresión que, como se vió anteriormente es igual a:

$$\sum_{j=1}^n P_j R_{ij}$$

De esta forma, el programa lineal equivalente, vendrá formulado ahora como:

$$\text{máx (ó min)} \sum_{j=1}^n q'_j S_{ij} + \sum_{j=1}^n d_j S_{ij}$$

$$\sum_{j=1}^n j q'_j + \sum_{j=1}^n j d_j = 1$$

$$q'_j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

del cual se sigue que, al existir una sólo restricción funcio-

nal, si existe solución óptima finita, el vector solución:

$$(q'_1, q'_2, \dots, q'_j, \dots, q'_n)$$

tendrá solo una componente no nula, siendo el resto de ellas nulas.

SOLUCION DEL PROGRAMA LINEAL EQUIVALENTE:

Se ser sólo una de las  $q'_j$  no nula, se seguirá que:

$$\sum_{j=1}^n j q'_j + \sum_{j=1}^n j d_j = 0 + 0 + \dots + j q'_j + \dots + 0 + \sum_{j=1}^n j d_j = 1$$

y con ello, que el valor no nulo de la componente del vector - solución es:

$$q'_j = \frac{1}{j} \left( 1 - \sum_{j=1}^n j d_j \right)$$

De esta forma la función objetivo:

$$\sum_{j=1}^n q_j' s_{ij} + \sum_{j=1}^n d_j s_{ij}$$

en el óptimo, tomará la forma:

$$\frac{1}{j} (1 - \sum_{j=1}^n j d_j) s_{ij} + \sum_{j=1}^n d_j s_{ij}$$

Por cuanto que los valores  $d_j$  y  $s_{ij}$  están dados, los valores extremos de la función objetivo anterior podrán determinarse evaluando dicha función para todo valor de "j".

#### RELACION ENTRE LOS VALORES ESPERADOS EXTREMOS PARA AMBOS - TIPOS DE ORDENES.

Si se observan los resultados obtenidos para los dos tipos de ordenaciones contempladas correspondientes al vector de probabilidades de los estados de la naturaleza,

$$\frac{1}{j} s_{ij}$$

en el supuesto de orden débil, y

$$\frac{1}{j} S_{ij} (1 - \sum_{j=1}^n j d_j) + \sum_{j=1}^n d_j S_{ij}$$

en el supuesto de orden estricto, es claro que el valor de --  
"j" que optimiza a ambas funciones objetivos es el mismo por  
cuanto que para el segundo supuesto de los dos contemplados la  
parte que se ve afectada por la avariabilidad de "j" es idénti  
ca a la función objetivo del primer supuesto.

Por ello, si se conviene en representar  
al óptimo según el orden débil en la forma:

$$\left\{ \text{Opt. E } [A_i] \right\}_{\text{o.d.}}$$

y de igual manera, por:

$$\left\{ \text{Opt. E } [A_i] \right\}_{\text{o.e.}}$$

el óptimo según el orden estricto, es inmediata la relación:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Opt. E} [A_i] \\ \text{o.e.} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Opt. E} [A_i] \\ \text{o.d.} \end{array} \right\} \cdot \left( 1 - \sum_{j=1}^n j d_j \right) + \sum_{j=1}^n d_j S_{ij}$$

de suerte que la determinación de los valores esperados extremos para el supuesto de ordenación estricta es inmediata, conocida la solución al programa lineal correspondiente al orden débil, dados los  $d_j$ .

Por otra parte, si " $j^*$ " es el valor de " $j$ " que optimiza a las funciones objetivos, de ser:

$$\begin{aligned} & \left\{ \frac{1}{j^*} S_{ij^*} \right\} - \left\{ \frac{1}{j^*} S_{ij^*} \left( 1 - \sum_{j=1}^n j d_j \right) + \sum_{j=1}^n d_j S_{ij} \right\} = \\ & = \bar{R}_{ij^*} - \bar{R}_{ij^*} \left( 1 - \sum_{j=1}^n j d_j \right) - \sum_{j=1}^n d_j S_{ij} = \\ & = \bar{R}_{ij^*} \sum_{j=1}^n j d_j - \sum_{j=1}^n d_j S_{ij} = \bar{R}_{ij^*} \sum_{j=1}^n j d_j - \sum_{j=1}^n d_j \cdot j \cdot \bar{R}_{ij} = \\ & = \sum_{j=1}^n j d_j (\bar{R}_{ij^*} - \bar{R}_{ij}) \end{aligned}$$

que será-habida cuenta que "j" es un número natural y  $d_j$  positivo por hipótesis, no negativo o no positivo, según que lo sea la diferencia.

$$\bar{R}_{ij*} - \bar{R}_{ij}$$

y en tanto que tal diferencia es no negativa ó no positiva si la media parcial  $\bar{R}_{ij*}$  corresponde al valor extremo máximo o mínimo, respectivamente, se sigue que:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx} \\ \text{o.d.} \end{array} E [A_i] \right\} \geq \left\{ \begin{array}{l} \text{máx} \\ \text{o.e.} \end{array} E [A_i] \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{mín} \\ \text{o.d.} \end{array} E [A_i] \right\} \leq \left\{ \begin{array}{l} \text{mín} \\ \text{o.e.} \end{array} E [A_i] \right\}$$

#### ANALISIS DE SENSIBILIDAD.

La aplicación del criterio anterior, asignación a cada alternativa del valor esperado extremo de los resultados asociados a ella, permite hacer corresponder a cada alter-

nativa un índice, de lo que se sigue la posibilidad de comparación entre las distintas alternativas existentes en el problema de decisión que se considere, y con ello la elección de la mejor, atendiendo, en cada caso, al significado que como consecuencia favorables, o desfavorables, tengan para el decisor dichos resultados, estando por ello la formulación última del problema condicionada a esta última consideración.

Evidentemente no hubiese existido este problema, si el decisor poseyera una función de utilidad, en tanto en cuanto que, con base en tal función, a la perspectiva aleatoria para cada alternativa, definida a través del conjunto de resultados asociándoles las probabilidades de los estados de la naturaleza correspondientes,

$$\begin{pmatrix} P_1 & P_2 \dots P_j \dots P_n \\ R_{i1} & R_{i2} \dots R_{ij} \dots R_{in} \end{pmatrix}$$

sería posible asignarle un índice de utilidad, y a través de la comparación entre éstos efectuar la elección. Más, para el contexto en el que se desenvuelve el problema, la aplicación de los resultados que proporciona la Teoría de la Utilidad, en orden a la elaboración de una función de utilidad en ambiente

de incertidumbre y como consecuencia del Teorema de ANSCOMBE y AUMANN, obligaría a adoptar el supuesto de "comportamiento racional" que se sigue de la axiomática de Von Neumann-Morgenstern, así como el derivado de la situación que describe la asignación de "probabilidades subjetivas a los "sucesos" que constituyen - los resultados asociados a cada alternativa, provocada tal asignación de probabilidades por el teorema antes citado.

Obviamente, el pretender en este trabajo - analizar el problema de la toma de decisiones bajo supuesto distintos, para la asignación de probabilidades a los estados de - la naturaleza, de los que describe la concepción subjetiva de - la probabilidad -y claro es, también, de la concepción frecuentista- lleva a no tomar en consideración los resultados reseñados en el párrafo anterior, no suponiendo por tanto la postura -- adoptada en este trabajo rechazo alguna de la concepción subjetiva de la probabilidad.

Ello explicará entonces, que en lo que sigue se trate de detectar la "racionalidad" que avale el criterio de los valores esperados extremos, que aquí se estudia, a través del análisis de lo que pudieran constituir ciertos "principios de racionalidad", entendiendos de manera análoga al planteamien-

to efectuado por Milnor para el supuesto de ambiente de incer  
tidumbre, y evitando aquellos que, por evidentes, puedan ser  
 asociados al empleo del operador lineal "esperanza matemática",  
 y, justificaré el intento de analizar la sensibilidad de la so  
lución que proporciona el criterio establecido a partir de posi  
bles modificaciones en los supuestos básicos en los que descan  
sa el problema de decisión planteado.

MODIFICACION EN EL ORDEN INICIAL POR INVERSION DE LOS ESTA-  
 DOS DE LA NATURALEZA.

En el supuesto que la ordenación inicial  
 definida por el decisor para las probabilidades correspondien-  
 tes a los estados de la naturaleza,

$$P_1 \succcurlyeq P_2 \succcurlyeq \dots \succcurlyeq P_{j-1} \succcurlyeq P_j \succcurlyeq P_{j+1} \succcurlyeq \dots \succcurlyeq P_n$$

hubiera de ser revisada, pueden contemplarse dos situaciones -  
 caracterizadas por el hecho de que la inversión que se produz-  
 ca en dicha ordenación lo sea atendiendo a estados de la natural  
leza consecutivos o no consecutivos.

1<sup>er</sup> Caso: ESTADOS DE LA NATURALEZA CONSECUTIVOS.

Si la modificación en el orden afecta a dos estados de la naturaleza consecutivos, ésto es, la nueva ordenación resultará ser:

$$P_1 \succcurlyeq P_2 \succcurlyeq \dots \succcurlyeq P_{j-1} \succcurlyeq P_{j+1} \succcurlyeq P_j \succcurlyeq \dots \succcurlyeq P_n$$

como consecuencia de la inversión que se produce entre los estados de la naturaleza  $E_j$  y  $E_{j+1}$ , se seguirá que si es:

$$(R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{ij-1}, R_{ij}, R_{ij+1}, \dots, R_{in})$$

el vector de resultados asociado a la alternativa "i-ésima", correspondiente a la ordenación inicial, y es

$$(R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{ij-1}, R_{ij+1}, R_{ij}, \dots, R_{in})$$

el vector de resultados asociado a dicha alternativa, el que corresponde a la nueva ordenación, que se sigue de la inversión producida entre los estados de la naturaleza  $E_j$  y  $E_{j+1}$ , los vectores de sumas parciales para la alternativa "i-ésima" serán, respectivamente,

$$(s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{ij-1}, s_{ij}, s_{ij+1}, \dots, s_{in})$$

con:

$$s_{i1} = R_{i1}$$

$$s_{i2} = R_{i1} + R_{i2}$$

.

$$s_{ij-1} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij-1}$$

$$s_{ij} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij-1} + R_{ij}$$

$$s_{ij+1} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij-1} + R_{ij} + R_{ij+1}$$

.

$$s_{in} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij-1} + R_{ij} + R_{ij+1} + \dots + R_{in}$$

y:

$$(s'_{i1}, s'_{i2}, \dots, s'_{ij-1}, s'_{ij}, s'_{ij+1}, \dots, s'_{in})$$

con:

$$s'_{i1} = R_{i1}$$

$$s'_{i2} = R_{i1} + R_{i2}$$

.

$$s'_{ij-1} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij-1}$$

$$s'_{ij} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij-1} + R_{ij+1}$$

$$S'_{ij+1} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij-1} + R_{ij+1} + R_{ij}$$

.

.

$$S'_{in} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij-1} + R_{ij+1} + R_{ij} + \dots + R_{in}$$

de donde, es claro que todas las sumas parciales para la alternativa "i-ésima" son iguales, excepto la suma parcial de "orden j" :

$$S'_{ij} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij-1} + R_{ij+1} \neq R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij-1} + R_{ij} = S_{ij}$$

resultando, con ello, que las n medias aritméticas parciales resultarán ser también iguales excepto la de "orden j" :

$$\bar{R}'_{ij} = \frac{1}{j} S'_{ij} \neq \frac{1}{j} S_{ij} = \bar{R}_{ij}$$

No obstante, y como consecuencia de que al sumar a  $S'_{ij}$  el término  $(R_{ij} - R_{ij})$ , el valor de  $S'_{ij}$  no varía, - se sigue

$$S'_{ij} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij-1} + R_{ij+1} + (R_{ij} - R_{ij}) =$$

$$\begin{aligned}
 &= R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij-1} + R_{ij} + (R_{ij+1} - R_{ij}) = \\
 &= S_{ij} + (R_{ij+1} - R_{ij})
 \end{aligned}$$

expresión que permite relacionar las dos sumas parciales de "orden j"  $S'_{ij}$  y  $S_{ij}$  y, consecuentemente, las dos medias aritméticas parciales de "orden j",  $\bar{R}'_{ij}$  y  $\bar{R}_{ij}$ , en la forma:

$$\bar{R}'_{ij} = \bar{R}_{ij} + \frac{1}{j} (R_{ij+1} - R_{ij})$$

relación, por tanto, que posibilita el análisis de los efectos que sobre el valor esperado extremo asociado a cada alternativa provoca la inversión producida entre los estados de la naturaleza consecutivos,  $E_j$  y  $E_{j+1}$ .

Por otra parte, puede notarse, es un resultado práctico notable en tanto que evita tener que derivar desde el inicio los cálculos que pudieran esperarse como consecuencia de la inversión producida.

Así, la posible modificación del valor extremo

asociado a cada alternativa pasará por el análisis de la diferencia entre el valor esperado extremo, antes de producirse la inversión de los estados de la naturaleza, y después de producida ésta, en relación con la media aritmética parcial:

$$\bar{R}'_{ij}$$

lo cual resulta equivalente a analizar la diferencia de tal valor esperado extremo con la media aritmética parcial

$$\bar{R}_{ij}$$

atendiendo, claro es, al término:

$$\frac{1}{j} (R_{ij+1} - R_{ij})$$

2° Caso: ESTADOS DE LA NATURALEZA NO CONSECUTIVOS.

Si la modificación en el orden afecta a dos estados de la naturaleza no consecutivos, esto es, si la ordenación inicial definida por el decisor hubiese sido:

$$P_1 \gg P_2 \gg \dots \gg P_r \gg \dots \gg P_s \gg \dots \gg P_n$$

y como consecuencia de la inversión que se produce entre los estados de la naturaleza  $E_r$  y  $E_s$ , acaba siendo:

$$P_1 \succ P_2 \succ \dots \succ P_s \succ \dots \succ P_r \succ \dots \succ P_n$$

se seguirá que si es:

$$(R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{ir}, \dots, R_{is}, \dots, R_{in})$$

el vector de resultados asociado a la alternativa "i-ésima", - correspondiente a la ordenación inicial, y es:

$$(R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{is}, \dots, R_{ir}, \dots, R_{in})$$

el vector de resultados asociado a dicha alternativa el que corresponde a la nueva ordenación, que se sigue de la inversión - producida entre los estados de la naturaleza  $E_r$  y  $E_s$ , - los vectores de sumas parciales para la alternativa "i-ésima" serán, -- respectivamente,

$$(s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{ir}, \dots, s_{iS}, \dots, s_{in})$$

con:

$$s_{i1} = R_{i1}$$

$$s_{i2} = R_{i1} + R_{i2}$$

...

$$s_{ir} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(r-1)} + R_{ir}$$

.

.

$$s_{iS} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(r-1)} + R_{ir} + R_{i(r+1)} + \dots + R_{i(S-1)} + R_{iS}$$

.

$$s_{in} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(r-1)} + R_{ir} + R_{i(r+1)} + \dots + R_{i(S-1)} + R_{iS} + \dots + R_{in}$$

y:

$$(s'_{i1}, s'_{i2}, \dots, s'_{ir}, \dots, s'_{iS}, \dots, s'_{in})$$

con:

$$s'_{i1} = R_{i1}$$

$$s'_{i2} = R_{i1} + R_{i2}$$

$$S'_{ir} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(r-1)} + \underline{R_{iS}}$$

$$S'_{ir} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(r-1)} + \underline{R_{iS}} + R_{i(r+1)} + \dots + R_{i(S-1)} + \underline{R_{ir}}$$

$$S'_{in} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(r-1)} + \underline{R_{iS}} + R_{i(r+1)} + \dots + R_{i(S-1)} + \underline{R_{ir}} + \dots + R_{in}$$

de donde es claro que todas las sumas parciales para la alternativa "i-ésima" son iguales, excepto las que corresponden al 'orden k', para los valores de k siguientes:

$$r, (r+1), (r+2), \dots, (S-1)$$

que habrán de ser, nuevamente, calculadas.

Ahora bien, en tanto que se verifica que:

$$S'_{ik} = S_{ik} + (R_{iS} - R_{ir})$$

para los anteriores valores de k, se sigue que la relación entre las medias aritméticas parciales de "orden k" vendrá dada por:

$$\bar{R}'_{ij} = \bar{R}_{ik} + \frac{1}{k} (R_{iS} - R_{ir}) \quad (k=r, (r+1), \dots, (S-1))$$

relación por tanto que, al igual que en el primer caso de los dos aquí contemplados posibilita el análisis de los efectos que sobre el valor esperado extremo asociado a cada alternativa provoca la inversión producida entre los estados de la naturaleza no consecutivos  $E_r$  y  $E_S$ , y, al igual que entonces también, evita tener que reiniciar todos los cálculos.

De esta forma, los nuevos valores esperados extremos pueden ser localizados comparando las nuevas medidas aritméticas parciales con aquellas que no sufrieron modificación por la inversión producida.

Por lo dicho hasta aquí, queda clara la posibilidad de "medir" la sensibilidad que afecta a la solución -- adoptada con base en la ordenación inicial, en el caso que dicha ordenación hubiera de sufrir alteración, a través, de las dos expresiones calculadas, correspondientes a los dos casos analizados -contigüidad o no de los estados de la naturaleza- expresiones que, como se ha dicho, permiten derivar las soluciones correspondientes a la nueva ordenación sin requerir la vuelta - al estado inicial de todos los cálculos.

Por otra parte, y en relación con la posible estabilidad de la solución que aporte el criterio del valor esperado extremo, cabe suponer que en general dicha solución se mantenga estable por cuanto que muy probablemente la inversión que se produzcan entre los estados no diferirán mucho de la ordenación inicial: de no ser así, resultaría denunciado no tanto el criterio empleado en la elección como la coherencia manifestada por el decisor en dicha ordenación inicial, siendo éste - último tanto más claro cuanto menos contiguos resultasen los estados de la naturaleza que se invirtiesen.

MODIFICACION EN EL ORDEN INICIAL POR INCORPORACION DE UN  
NUEVO ESTADO DE LA NATURALEZA.

La ordenación inicial definida por el decisor para las probabilidades correspondientes a los estados de la naturaleza:

$$P_1 \gg P_2 \gg \dots \gg P_{j-1} \gg P_j \gg P_{j+1} \gg \dots \gg P_n$$

podría, también, verse modificada por el hecho de que tuviera que contemplarse un nuevo estado de la naturaleza no considera

do inicialmente. Así, si el nuevo estado de la naturaleza, que se convendrá en representar por  $E_0$  es tal que asocia resultados por alternativas dado por el vector columna:

$$\begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_i \\ \vdots \\ R_m \end{pmatrix}$$

y se conviene en que sea situado en la posición "t-ésima", se seguirá entonces que si es:

$$(R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{i(t-1)}, R_{it}, R_{i(t+1)}, \dots, R_{in})$$

el vector de resultados asociado a la alternativa "i-ésima", - correspondiente a la ordenación inicial y es:

$$(R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{i(t-1)}, R_{i0}, R_{it}, R_{i(t+1)}, \dots, R_{in})$$

el vector de resultados asociado a dicha alternativa una vez - considerado el nuevo estado de la naturaleza,  $E_0$ , los vectores de sumas parciales para la alternativa "i-ésima" serán, respectivamente,

$$(S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{i(t-1)}, S_{it}, S_{i(t+1)}, \dots, S_{in})$$

con:

$$S_{i1} = R_{i1}$$

$$S_{i2} = R_{i1} + R_{i2}$$

.

$$S_{i(t-1)} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)}$$

$$S_{it} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} + R_{it}$$

$$S_{i(t+1)} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} + R_{it} + R_{i(t+1)}$$

.

$$S_{in} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} + R_{it} + R_{i(t+1)} + \dots + R_{in}$$

y

$$(S'_{i1}, S'_{i2}, \dots, S'_{i(t-1)}, S'_{it}, S'_{i(t+1)}, \dots, S'_{in}, S'_{n+1})$$

con:

$$S'_{i1} = R_{i1}$$

$$S'_{i2} = R_{i1} + R_{i2}$$

$$\begin{aligned}
S'_{i(t-1)} &= R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} \\
S'_{it} &= R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} + R_{i0} \\
S'_{i(t+1)} &= R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} + R_{i0} + R_{it} \\
&\vdots \\
&\vdots \\
S'_{in} &= R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} + R_{i0} + R_{it} + \dots + R_{i(n-1)} \\
S'_{i(n+1)} &= R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} + R_{i0} + R_{it} + \dots + R_{i(n-1)} + R_{in}
\end{aligned}$$

de donde es claro que todas las sumas parciales para la alternativa "i-ésima" de "orden (t-1)", ó de orden inferior, no sufren variación, resultando distintas la de "orden t", u orden superior, que han de ser claculadas de nuevo.

Ahora bien, en tanto que se verifica que:

$$S'_{ik} = (R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ik}) + (R_{i0} - R_{ik}) = S_{ik} + (R_{i0} - R_{ik})$$

para todo valor de k,

para los valores de k siguientes:

$$t (t+1), (t+2) \dots n$$

se sigue que la relación entre las medias aritméticas parciales de orden  $k$  vendrán dadas por:

$$\bar{R}'_{ik} = \bar{R}_{ik} + \frac{1}{k} (R_{i0} - R_{ik}), \quad (k=t, (t+1), (t+2), \dots, n)$$

siendo, además, la media parcial de "orden  $(n+1)$ " dada por:

$$\bar{R}_{i(n+1)} = \frac{1}{n+1} S'_{i(n+1)} = \frac{1}{(n+1)} (R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} +$$

$$+ R_{i0} + R_{it} + \dots + \bar{R}_{in})$$

Las anteriores relaciones medirán por tanto el efecto que sobre los valores esperados extremos asociados a cada alternativa provoca la consideración de un nuevo estado de la naturaleza, siendo, como en casos anteriores, igualmente notables las posibilidades de simplificación, cara a los cálculos, que proporcionan dichas expresiones.

Es evidente que, para este supuesto que se contempla, cabe esperar una alta estabilidad en la solución -- proporcionada por el criterio, habida cuenta de que la consideración del nuevo estado de la naturaleza no parece que pueda -

conducir a situarlo, cara a la ordenación, en lugares altos: de ser así, dicho estado sería considerado bastante probable, sobre todo en términos relativos al resto de los considerados inferiores a él en la ordenación, lo cual conlleva el que hubiese tenido que ser reconocido inicialmente y, consecuentemente, considerado en la ordenación inicial.

MODIFICACION EN LOS RESULTADOS ASOCIADOS A LAS ALTERNATIVAS.

En el supuesto de que los resultados asociados a las alternativas,

$$R_{ij}$$

sufrieran revisión, como consecuencia de ser estimaciones de consecuencias que se siguen de la alternativa por la que se opte, teniendo en cuenta el estado de la naturaleza que se presente, convendrá analizar los efectos que dichas modificaciones puedan producir sobre la solución aportada por el criterio.

En lo que sigue -y sin que ello suponga -- pérdida de generalidad alguna- se va a analizar este supuesto

para el caso en que la modificación se produzca en un único - resultado

$$R_{it}$$

correspondiente a la alternativa "i-ésima", y bajo el supuesto de que el problema de optimización abordado a través del criterio lo haya sido en términos de maximización.

Así, si con estas condiciones, se conviene en representar por  $j^*$  el orden de la media aritmética parcial óptima, esto es:

$$\bar{R}_{ij^*} = \frac{1}{j^*} S_{ij^*}$$

es el valor esperado máximo correspondiente a la alternativa que se está contemplando, y se conviene en representar por  $\delta$  la modificación sufrida por el resultado:

$$R_{it} + \delta$$

pueden ser considerados cuatro casos, atendiendo al hecho de que  $\delta$  sea positivo ó negativo, y al hecho de que "t" sea menor

o mayor que "j\*", que convendremos en abordarlos en el orden - que describe la tabla siguiente:

	$\delta > 0$	$\delta < 0$
$t < j^*$	1 <sup>er</sup> Caso	3 <sup>er</sup> Caso
$t > j^*$	2 <sup>o</sup> Caso	4 <sup>o</sup> Caso

1<sup>er</sup> Caso: ( $\delta > 0$ ,  $t < j^*$ )

Si es:

$$(R_{i1} \ R_{i2} \dots \ R_{i(t-1)}, \ R_{it}, \ R_{i(t+1)} \dots \ R_{ij^*} \dots \ R_{in})$$

el vector de resultados asociado a la alternativa "i-ésima" - correspondiente a la situación inicial, y es:

$$(R_{i1}, \ R_{i2}, \dots, \ R_{i(t-1)}, \ R_{it} + \delta, \ R_{i(t+1)}, \dots, \ R_{ij^*}, \dots, \ R_{in})$$

el vector de resultados asociado a dicha alternativa como consecuencia de la modificación del resultado  $R_{it}$ , en la cantidad  $\delta > 0$  los vectores de sumas parciales para la alternativa "i-ésima" -

serán, respectivamente:

$$(S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{i(t-1)}, S_{it}, S_{i(t+1)}, \dots, S_{ij^*}, \dots, S_{in})$$

con:

$$S_{i1} = R_{i1}$$

$$S_{i2} = R_{i1} + R_{i2}$$

.

$$S_{i(t-1)} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)}$$

$$S_{it} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} + R_{it}$$

$$S_{i(t+1)} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} + R_{it} + R_{i(t+1)}$$

.

$$S_{ij^*} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} + R_{it} + R_{i(t+1)} + \dots + R_{ij^*}$$

.

$$S_{in} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} + R_{it} + R_{i(t+1)} + \dots + R_{ij^*} + \dots + R_{in}$$

y:

$$(S'_{i1}, S'_{i2}, \dots, S'_{i(t-1)}, S'_{it}, S'_{i(t+1)}, \dots, S'_{ij^*}, \dots, S'_{in})$$

con:

$$S'_{i1} = R_{i1}$$

$$S'_{i2} = R_{i1} + R_{i2}$$

.

.

$$S'_{i(t-1)} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)}$$

$$S'_{it} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} + R_{it} + \delta$$

$$S'_{i(t+1)} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} + R_{it} + \delta + R_{i(t+1)}$$

.

.

$$S'_{ij^*} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} + R_{it} + \delta + R_{i(t+1)} + \dots + R_{ij^*}$$

.

.

$$S'_{in} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{i(t-1)} + R_{it} + \delta + R_{i(t+1)} + \dots + R_{ij^*} + \dots + R_{in}$$

de donde, es claro que las sumas parciales desde el "orden 1" hasta el "orden (t-1)" permanecen inalteradas, y las sumas parciales de "orden  $j^*+1$ " u órdenes superiores, siguen siendo menores que la suma parcial de "orden  $j^*$ ", por cuanto que era la -- óptima y las de ordenes superior a ellas, por definición de suma parcial, acumulan su valor, y ser  $\delta > 0$ .

Para el resto, de las sumas parciales y,

como consecuencia para sus correspondientes medias aritméticas parciales, habrá que analizar la diferencia:

$$\left( \bar{R}_{ij} + \frac{1}{j} \delta \right) - \left( \bar{R}_{ij^*} + \frac{\delta}{j^*} \right), \quad j=t(t+1)\dots(j^*-1)$$

de suerte que, si tal diferencia es no positiva, la solución no se modificará.

En tanto que la condición anterior, puede ser escrita en la forma:

$$\left( \bar{R}_{ij} - \bar{R}_{ij^*} \right) + \delta \left( \frac{1}{j} - \frac{1}{j^*} \right) \leq 0 \quad j=t(t+1)\dots(j^*-1)$$

se seguirá,

$$\left( \bar{R}_{ij} - \bar{R}_{ij^*} \right) + \delta \left( \frac{j^* - j}{j^* j} \right) \leq 0, \quad j=t(t+1), \dots, (j^* - 1)$$

y en tanto que "j\*" y "j", son números naturales, por ello positivos, y suponerse que j\* es mayor que el "j" considerado en dicha expresión, es:

$$\frac{j^* - j}{j^* j} > 0$$

y con ello,



$$\delta \in \frac{j^* - j}{j^* - j} (\bar{R}_{ij^*} - \bar{R}_{ij}) \quad , \quad j=t, (t+1) \dots (j^*-1)$$

proporcionando, pues, la anterior expresión el rango de variación de  $\delta$  para el que la solución obtenida con base en el criterio del valor esperado máximo permanezca estable.

2º Caso: ( $\delta > 0$ ,  $t > j^*$ )

Si es:

$$(R_{i1} \quad R_{i2}, \dots, R_{ij^*}, \dots, R_{it}, \dots, R_{in})$$

el vector de resultados asociado a la alternativa "i-ésima" correspondiente a la situación inicial, y es:

$$(R_{i1} \quad R_{i2} \dots R_{ij^*}, \dots, R_{it} + \delta, \dots, R_{in})$$

el vector de resultados asociado a dicha alternativa como consecuencia de la modificación del resultado  $R_{it}$ , en la cantidad  $\delta > 0$ , los vectores de sumas parciales para la alternativa "i-ésima" serán, respectivamente,

$$(S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{ij^*}, \dots, S_{it}, \dots, S_{in})$$

con:

$$S_{i1} = R_{i1}$$

$$S_{i2} = R_{i1} + R_{i2}$$

.

$$S_{ij^*} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij^*}$$

.

$$S_{it} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij^*} + \dots + R_{it}$$

.

$$S_{in} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij^*} + \dots + R_{it} + \dots + R_{in}$$

y:

$$(S'_{i1} \quad S'_{i2} \quad \dots \quad S'_{ij^*} \quad \dots \quad S'_{it} \quad \dots \quad S'_{in})$$

con:

$$S'_{i1} = R_{i1}$$

$$S'_{i2} = R_{i1} + R_{i2}$$

.

$$S'_{ij^*} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij^*}$$

.

$$\begin{aligned}
 S'_{it} &= R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij^*} + \dots + R_{it} + \delta \\
 &\vdots \\
 S'_{in} &= R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij^*} + \dots + R_{it} + \delta + \dots + R_{in}
 \end{aligned}$$

de donde, es claro que las sumas parciales de "orden (t-1)", y todas las de inferior orden, permanecen inalteradas.

Las restantes sumas parciales se ven modificadas y, como consecuencia, para las correspondientes medias aritméticas parciales, habrá que analizar la diferencia:

$$(\bar{R}_{ij} + \frac{1}{j}\delta) - \bar{R}_{ij^*} \quad j = t, (t+1), \dots, n$$

de suerte que si tal diferencia es no positiva, la solución no se modificará.

En tanto que la condición anterior puede ser escrita en la forma:

$$(\bar{R}_{ij} - \bar{R}_{ij^*}) + \frac{1}{j}\delta \leq 0 \quad , j = t, (t+1), \dots, n$$

se seguirá:

$$\delta \leq j(\bar{R}_{ij^*} - R_{ij}) \quad , \quad j=t, (t+1), \dots, n$$

al ser "j", un número natural, por ello positivo, expresión -  
 que, para este segundo caso, proporciona el rango de variación  
 de  $\delta$  para que la solución obtenida con base en el criterio -  
 del valor esperado máximo permanezca estable.

3<sup>er</sup> Caso: ( $\delta < 0$ ,  $t < j^*$ )

Siendo en este supuesto, los vectores de resul-  
 tados asociados a la alternativa "i-ésima", para la situación  
 inicial y la que se sigue de la modificación en el resultado  $R_{it}$ ,  
 iguales a los considerados en el primer caso de este epígrafe -  
 con la salvedad de que ahora es  $\delta < 0$ , se sigue que las sumas --  
 parciales desde el "orden 1" hasta el "orden (t-1)" permanezcan  
 inalteradas, y que las sumas parciales desde el "orden t" al --  
 "orden (j\*-1)" son tales que las medias aritméticas parciales que  
 les corresponden permanecen inferiores, con la reducción que  $\delta < 0$   
 supone, que el nuevo valor que adoptará, con la reducción, la -  
 media aritmética parcial máxima.

Como consecuencia, entonces, de ser  $\delta < 0$  cabe  
 ahora contemplar dos posibilidades:

- I) que hace referencia a las medias aritméticas parciales de "orden  $(j^*+1)$ ", u órdenes superiores, que -- pueden resultar ser en esta situación mayores que la de "orden  $j^*$ "; obviamente, ello no ocurrirá cuando sea:

$$(\bar{R}_{ij} + \frac{1}{j} \delta) - (\bar{R}_{ij^*} + \frac{1}{j^*} \delta) \leq 0, \quad j=(j^*+1)\dots n$$

expresión que, por idénticas razones que en el 1<sup>er</sup> caso, puede ser escrita en la forma:

$$\delta \geq \frac{j \cdot j^*}{j - j^*} (\bar{R}_{ij} - \bar{R}_{ij^*}), \quad j=(j^*+1), \dots, n$$

- II) que hace referencia a las medias aritméticas parciales que permanecen inalteradas, las de "orden  $(t-1)$ " u orden inferior, que pueden resultar ser en esta si tuación mayores que la de "orden  $j^*$ "; obviamente, -- ello no ocurrirá cuando sea:

$$\bar{R}_{ij} - (\bar{R}_{ij^*} + \frac{1}{j^*} \delta) \leq 0, \quad j=1,2,\dots, (t-1)$$

expresión que puede ser escrita en la forma:

$$\delta \geq j^* \cdot (\bar{R}_{ij} - \bar{R}_{ij^*}) \quad j=1,2,\dots, (t-1)$$

constituyendo, pues, las expresiones anteriormente elaboradas para  $\delta$  los rangos de variación de  $\delta$ , según las dos situaciones contempladas I) y II), para los cuales la solución obtenida con base en el criterio del valor esperado máximo permanezca estable.

4° Caso: ( $\delta < 0$ ;  $t > j^*$ )

Siendo en este supuesto, los vectores de resultados asociados a la alternativa "i-ésima", para la situación inicial y la que se sigue de la modificación en el resultado  $R_{it}$ , iguales a los considerados en el 2° Caso de este epígrafe, con la salvedad de que es ahora  $\delta < 0$ , se sigue de manera obvia que las medias aritméticas parciales de "orden t" y de superior orden, se reducirán no repercutiendo por ello la modificación del resultado  $R_{it}$  en la solución optimal obtenida con base en el criterio del valor esperado máximo.

De igual forma que se han obtenido los rangos de variación de  $\delta$  para el supuesto de maximización, pueden obtenerse sin dificultad alguna los correspondientes al supuesto de que el óptimo se formule en términos de mínimo.

Así, las expresiones que se obtienen permiten verificar la optimalidad de cualquier solución obtenida sin tener que volver a iniciar los cálculos. El supuesto, no contemplado aquí, de que la modificación se produjera en más de un resultado asociado a cada alternativa no resta generalidad, como se ha dicho, a lo obtenido para el caso de modificación en un sólo resultado, aún cuando la complejidad algebraica implicada conlleva un proceso cálculo bastante más laborioso.

Por último, es trivial comprobar que, bajo el supuesto de maximización, y para los valores de  $\mathcal{J}$  dentro de los rangos considerados, la variación que experimentan los valores esperados máximos, como consecuencia de la modificación del resultado  $R_{it}$ , viene expresada por el cociente:

$$\frac{\mathcal{J}}{j^*}$$

que indica que la distribución de probabilidad, que genera tales valores esperados extremos, permanece invariante.

165

CONCLUSIONES

Resultaría extraordinariamente difícil, por no decir imposible, fijar unas relaciones de causa a efecto entre muchas de las parcelas del conocimiento, pues si bien es verdad que existen fases de este que desempeñan el mero papel de instrumentos respecto de otras, no lo es menos que un mismo tema puede hallarse inscrito en más de un lugar con absoluta propiedad ocupando el rango de "fin" y no el de "medio". Por esta razón, el orden seguido en las páginas anteriores ha pretendido desarrollar un conjunto de conceptos (un modo de crear orden en el caos de las impresiones) que podrían ser aplicables a múltiples aspectos del conocimiento científico.

Las primeras conclusiones que se derivan de los problemas suscitados en este trabajo hacen referencia al papel desempeñado por el enfoque sistémico en tanto que,

- i) dicho enfoque es concebido como una hipótesis de trabajo que trasciende de los problemas y requerimientos tecnológicos, suponiendo por ello una reorientación - que se ha manifestado necesaria, en general, en toda la gama de las disciplinas existentes.

ii) la posibilidad de detectar a través de dicho enfoque "similitudes estructurales e isomorfismos en diferentes campos", y el considerar que el problema fundamental planteado a la ciencia moderna, no es otro que el de la teoría general de la organización, justifican el empleo de este enfoque para una perspectiva metodológica que pretenda proporcionar modelos - utilizables y transferibles entre diferentes campos, evitando vagas analogías.

iii) aún cuando pueda argumentarse que dicho objetivo no ha sido todavía alcanzado, de lo cual es buena prueba los nuevos "recursos" puestos al servicio para su consecución, y de entre los cuales pueden suponer - buenos ejemplos la potenciación de disciplinas tales como la semántica, sicolingüística, semiología, etc., y en tanto que, y sobre todo por falta de perspectiva histórica, es difícil valorar aún sus realizaciones, no es menos cierto que la pretendida vocación con la que nació -actitud a crear problemas investigables- se ha visto hoy alentada y acrecentada como bien demuestra el hecho de que se le haya reconocido como

disciplina objeto de estudio universitario, hasta tal extremo que esté justificado el considerarla como una nueva metodología.

- iv) permite evidenciar la "aplicación" a la organización de un pensamiento teórico ajeno a la misma hasta ahora, no resultando por ello extraño al papel desempeñado por el enfoque sistémico las nuevas "concepciones de la organización".
  
- v) por todo ello la utilización del enfoque sistémico para el estudio del fenómeno organizacional significa un aporte positivo en la medida que permite destacar que sus partes componentes (elementos o unidades) interactúan entre sí en un contexto dado, de manera que el conjunto (las conductas colectivas) poseen atributos y valores distintos y adicionales respecto de las cualidades propias de sus elementos componentes.

De esta suerte, y fundamentado en el anterior enfoque sistémico de la organización,

- i) puede evidenciarse de mejor forma que la ciencia decisio-  
nal es más prescriptiva que descriptiva, lo cual genera  
dificultades metodológicas al constatarse, como consecuen-  
cia de haber atribuido a la ciencia un objetivo primordial-  
mente explicativo, la ausencia de una metodología suficien-  
temente explicativa de una "ciencia prescriptiva" que pue-  
da usarse para resolver problemas concretos como los que  
aborda la ciencia de la toma de la decisión en el marco  
de las organizaciones.
  
- ii) la consideración de la organización del proceso de la to-  
ma de decisiones conlleva la necesaria propuesta de bús-  
queda de racionalidades que posibiliten sobrepasar la in-  
suficiencia dinámica del concepto de racionalidad ordina-  
rio. Tal posibilidad, como alternativa, es proporcionada  
por lo que se ha denominado en este trabajo "racionalidad  
de procedimiento" y como lógica consecuencia, la conside-  
ración de la que se denominó "racionalidad estructural",  
como posible solución a las diferentes transferencias de  
unas partes del sistema a otras, incluyendo la propia de-  
terminación de estas.

- iii) la relevante importancia que el enfoque sistémico de la organización pone en la descomposición y coordinación del "sistema de toma de decisión" en sistemas parciales, se correlaciona con la facilidad de tratamiento que tal enfoque presta a dicho problema.
- iv) en relación con los métodos de descomposición, se han analizado en este trabajo, dos métodos cuyos criterios responden: para el primero, en que la agrupación de los elementos sea acorde con su similitud al objeto de acceder a sistemas parciales homogéneos; para el segundo, y bajo la influencia de la normativa propuesta por Simon, la formación de sistemas parciales de suerte que las relaciones entre los elementos que los integran sean maximizadas, en tanto que las relaciones entre los elementos de sistemas parciales diferentes queden minimizadas, esto es, un criterio que esté basado en la maximización de las interrelaciones y simultáneamente minimizar las intrarrelaciones.
- v) el problema de la coordinación no ha sido abordado restringiéndolo sólo al caso de la coordinación estructural, situación que generalmente es la que se da al tratar este tema en la ciencia de la organización, sino que, además, se

incorporó también el importante problema de la coordinación del objetivo.

Por último, y en línea con la necesaria referencia a la posibilidad de desarrollar nuevas técnicas de decisión que amplíen la gama de modelos ya existentes se ha abordado en este trabajo la elaboración de criterios que permitan manifestar de mejor forma las distintas situaciones en orden al conocimiento del "entorno" en el que hubiese de adoptarse la decisión. En este sentido el modelo propuesto aborda el supuesto de que el decisor sea capaz sólo de ordenar las probabilidades que corresponden a los estados de la naturaleza. Como conclusión, a este respecto, debe resaltarse que las técnicas de cálculo que se derivan son de una gran sencillez, lo cual junto a la menor "restricción" que implica el supuesto básico contemplado para esta metodología, facilita notablemente su aplicación y puede servir como solución a uno de los problemas principales de la teoría de la decisión; el desarrollo de técnicas analíticas que guíen la elección de un curso de acción de entre una serie de alternativas a fin de poder alcanzar un objetivo propuesto con anterioridad. Si bien el marco de referencia, en este caso, ha sido la organización, las técnicas descritas son, obviamente, aplicables a cualquier situación de decisión en la que exista incertidumbre y la información sea limitada.

Finalmente he de señalar que esta exposición ha sido necesariamente restringida fundamentalmente por dos razones: la primera por las limitaciones obvias que se siguen de la insuficiencia de medios; la segunda por el hecho de que el objeto de investigación es de una amplitud tal que es difícil, mejor sería decir imposible, ser abordado por el trabajo de una sola persona, cualquiera que sea su capacidad. Por estas razones es necesario restringir el ambicioso (posiblemente pretencioso) objetivo al que un planteamiento de este tipo señala, lo que, quizá explica -si no justifica- la exclusión de un buen número de temas que, necesariamente corresponde incluir en la idea global que se trata de abordar.

A la vista de lo anteriormente expuesto no hay probablemente necesidad de decir que es inevitable, mejor ineludible, proseguir con la investigación del tema.

273

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

- AGUNWAMBA, C.C. "Decision Theory under uncertainty and expected probability distribution"  
University of Cologne. 1.980
- AGUNWAMBA, C.C. "On decision theory and incomplete knowledge"  
Journal of Management Studies, vol. 18 N° 1. 1.981.
- AITCHISON, J. "Choice against chance"  
Addison-Wesley Publishing Company  
1.970.
- ARACIL, J. "Introducción a la dinámica de sistemas"  
Alianza Editorial 1.978.
- ARTHANARI, T.S. y  
DODGE, Y. "Mathematical Programming in Statistics"  
John Wiley & Sons. New York, 1.981.
- AUBERT-KRIER, J. "Gestión de la Empresa"

- Ariel, Barcelona, 1.980.
- BALLESTERO, E. "El encuentro de las ciencias"  
Alianza Universidad. Madrid 1.980.
- BERTALANFFY, L. Von "Teoría general de los sistemas"  
Fondo de cultura económica. Madrid  
1.976.
- BERTALANFFY, L. Von "Tendencias en la teoría general de  
ROSS ASHBY, W. sistemas"  
WEINBERG, G. M. y otros Alianza Editorial, S.A. Madrid, 1.978.
- BUENO CAMPOS, E. "Economía de la Empresa. Análisis de  
CRUZ ROCHE, I. y las decisiones empresariales"  
DURAN HERRERA, J.J. Pirámide. Madrid, 1.979.
- BUNGE, M. "Epistemología"  
Ariel, Barcelona, 1.980.
- CANNON, C.M. y "Decisión theory and incomplete know  
KMIETOWICZ, Z. W. ledge"  
Journal of Management Studies, vol.  
11, N° 3, 1.974.

- CARDENAS, M.A. "El enfoque de Sistemas"  
Limusa, México, 1.978.
- CARSBERG, B. "Teoría Económica de las decisiones  
Empresariales"  
Alianza Editorial, 1.977.
- COSTA REPARAZ, E. "Elaboración de decisiones en el aná-  
lisis económico: aproximación metodo-  
logica. Teoría Doctoral.  
Facultad de CC. EE. y EE. Universi-  
dad Complutense.
- COYLE, R.G. "Decision analysis"  
The Camelot Press Ltd. 1.972.
- CHIAVENATO, I. "Introducción a la teoría gral de la  
administración"  
McGraw-Hill Latinoamericana, S.A. Cal  
1.981.
- GROOT, M. H. de "Optimal statistical decisions"  
McGraw-Hill Nueva York 1.970.

- DESSLER, G. "Organization theory"  
Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.Y.  
1.980.
- DESSLER, G. "Organización y administración"  
Dossat, S.A., Madrid, 1.979.
- EDWARDS, W. y  
TVERSKY, A. "Toma de Decisiones"  
Fondo de Cultura Económica. México  
D.F., 1.979.
- EILON, S. "Management Control"  
Pergamon Press. Oxford, 1.979.
- EMERY, F.E. (ed) "Systems Thinking"  
Penguin, 1.978.
- EMERY, J.C. "Organizational Planning and Control  
Systems"  
Macmillan Publishing CO. New York,  
1.969.
- ESCUDERO, L.F. "Reconocimiento de Patrones"

- Paraninfo, Madrid, 1.977.
- ETKIN, J. "Sistemas y Estructura de Organización"  
Ediciones Macchi. Buenos Aires,  
1.978.
- FERNANDEZ DIAZ, A. "Introducción y metodología de la  
Política Económica"  
ICE.
- FISHBURN, P.C. "Decisión and value theory"  
J. Wiley. New York. 1.964.
- FLAMENT, C. "Teoría de grafos y estructuras de  
grupo"  
Tecnos, S.A., Madrid, 1.972
- FONTANET, J. "Libertad y Sistemas Sociales"  
Rialp, S.A. Madrid, 1.979
- FORESTER, J. "La estadística en la toma de deci-  
siones"  
Deusto, 1.973.

- FRISCHKNECHT, F. "La gerencia y la empresa"  
El Ateneo, Buenos Aires, 1.972.
- GALBRAITH, J. "Planificación de organizaciones"  
Fondo Educativo Interamericano, S.A.  
1.977.
- GEREZ, V. "El enfoque de Sistemas"  
GRIJALVA, M. Limusa, México, 1.976.
- GREENWOOD, W.T. "Teoría de decisiones y sistemas  
de información"  
Trillas, México, 1.978.
- GROFF, G.K. "Modelos de decisión"  
MUTHE, J.F. El Ateneo. Buenos Aires, 1.974.
- HEIN, L. W. "El análisis cuantitativo en las  
decisiones administrativas"  
Editorial Diana, 1.971.
- HOROWITZ, J. "Introducción al análisis cuanti-  
tativo de los negocios"

- Ediciones del Castillo, Madrid,  
1.968.
- INFANTE MACIAS, R. "Teoría de la Decisión"  
UNED, 1.976.
- KAUFMANN, A. "La ciencia y el hombre de acción.  
Introducción a la praxeología"  
Ediciones Guadarrma, 1.967.
- KAST, F.E. "Administración en las organizacio-  
ROSENZWEIG, J.E. nes"  
McGraw-Hill de México, S.A.  
México, D.F. 1.979.
- KATZ, D. "Psicología social de las Organiza-  
KAHN, R.L. ciones"  
Trillas, México, 1.977.
- KICKERT, W. J. M. "Systems theory, rationalyty and Orga-  
nisational decisión-making"  
Eindhoven, 1.978.
- KLIKSBERG, B. "El pensamiento organizativo: del --

Taylorismo a la teoría de la organización. La "administración científica" en discusión  
Paidós, Buenos Aires, 1.975.

KLIKSBERG, B.

"El pensamiento organizativo: del Taylorismo a la teoría de la organización. Estrategias modernas en administración: Relaciones humanas y teoría de la organización"  
Paidós, Buenos Aires, 1.975.

KLIR, G.J.

"Teoría General de Sistemas"  
ICE ediciones, Madrid, 1.980.

KRUPP, S. R.

"La estructura de la ciencia económica"  
Aguilar, Madrid, 1.973.

KWON, I. W.

"Statistical DEcision theory with Business an Economic Applications"  
Petrocelli Charter, New York, 1.978.

LAMBIN, J,J.

"Información decisión y eficacia co-

- mercional".  
Ediciones Deusto, Bilbao, 1.969
- LANGFORS, B. "Teoría de los Sistemas de Información"  
El Ateneo, Buenos Aires, 1.976.
- LITTERER, J.A. "Análisis de las Organizaciones"  
Limusa, México, 1.979.
- LOPEZ CACHERO, M. "El proceso de la Decisión Económica"  
Tesis Doctoral.  
Facultad de CC. EE. y EE. Universidad  
Complutense.
- LOPEZ CACHERO, M. "Fundamentos y Métodos de Estadística"  
Pirámide, S.A. Madrid, 1.977.
- LOPEZ CACHERO, M. "El problema de la regulación y la  
adopción de decisiones: el papel de la  
probabilidad y la información"  
Anales del Cunef. 1.981.
- LOPEZ FABÁ, A. "Un intento de síntesis de la meto-

## "dología de las Ciencias Sociales"

Tesis Doctoral. Facultad de CC. EE. y EE.  
Universidad Complutense.

- LOPEZ MORENO, M-J. "El problema conceptual en la Economía de la Empresa. Perspectivas en materia de decisiones."  
Boletín de Estudios Económicos. Vol. XXVI Diciembre de 1.971. N° 84.
- LUTHANS, F. "Introducción a la Administración"  
McGraw-Hill de México S.A.  
México 1.980.
- MCGUIRE "Decisión and organization"  
RADNER (ed) North-Holland, 1.972.
- MCMILLAN, C. "Análisis de Sistemas"  
GONZALEZ, R.F. Trillas, México 1.977.
- MENGES, G. "Economía decisión making."  
Longman, London, 1.973.
- MENGES G. y otros "Inference and decision"

- University Press Canada, Toronto,  
1.973.
- MESAROVIC, M.D. "Theory of Hierarchical Multilevel, Sys  
tems"  
MACKO, D. Academic Press, New York, 1.970.  
TAKAHARA, Y
- MOIGNE, Le J. L. "Los sistemas de decisión en las organiza  
ciones"  
Tecniban S.A. Madrid, 1.976.
- MOSTERIN, J. "Racionalidad y acción humana."  
Alianza Universidad, Madrid, 1.978.
- MOUZELIS, N. P. "Organización y burocracia"  
Ediciones Peninsula, Barcelona, 1.973.
- NICOSIA, F.M. "La decisión del consumidor"  
Gustavo Gili, 1.970.
- NIETO DE ALBA, U, "Introducción a la Estadística. Concepción  
clásica y bayesiana"  
Aguilar.

- NIETO DE ALBA, U. "Apuntes de Introducción a la decisión Empresarial"  
Editorial: Catedra de Matemática -  
Actuarial Facultad de CC. EE. y EE.  
Universidad Complutense 1.972.
- NIETO DE ALBA, U. "Boletín de Estudios Económicos"  
Vol. XXVI Diciembre 1.971 N° 84.
- OPINER, S. L. "Análisis de Sistemas para empresas  
y solución de problemas industriales"  
Editorial Diana, S.A. México, D.F.  
1.968.
- O'SHAUGHNESSY, J. "Inquiry and decision"  
George Allen & Unwin, London 1.972.
- O'SHAUGHNESSY, J. "Organización de empresas"  
Oikos-tau, 1.971.
- PENMAN, R. "Communication Processes and Relationships"  
Academic Press, London, 1.980.

- POZO NAVARRO, F. "La dirección por sistemas"  
Asociación para el progreso de la  
dirección, Madrid, 1.974.
- PRAWDA WITENBERG, J. "Métodos y modelos de investigación  
de operaciones Vol, 1 y 2".  
Limusa, México, 1.976.
- PRIETO PEREZ, E. "Teoría de la Inversión. Decisiones  
de inversión en ambiente de certidum  
bre, riesgo e incertidumbre"  
ICE, 1.973.
- RAIFFA, H. "Análisis de la decisión empresarial"  
Deusto, 1.978.
- RAIFFA, L. "Games and Decisions"  
John Wiley, 1.957.
- RAPPAPORT, A. (ed) "Information for Decision Making. -  
Quantitative and behavioral dimensions  
Prentice Hall 1.975.

- RHEAULT, J.P. "Introducción a la teoría de las -  
decisiones"  
Limusa, México, 1.975.
- RIGBY, P. H. "Models in Business Analysis"  
Charles E. Merrill Publishing. Ohio  
1.969.
- RIOS, S. "Análisis de decisiones"  
ICE, 1.976
- RIVERO ROMERO, J. "Contabilidad Financiera"  
ICE
- ROGERS, E.M. "La comunicación en las Organizaciones"  
AGARWALA, R. McGraw-Hill de México, S.A.  
México, D.F. 1.980.
- ROGERS
- ROSNAY, J. de "El Macroscopio"  
Editorial AC, Madrid, 1.977
- RYAN, M. J. "Decision Theory, incomplete knowledge  
and constrained games".  
Hull Economic Research Papers, N° 14,

1.976.

SAVAGE, L. J. "Foundations of statistics"  
J. Wiley New York, 1.954.

SILVERMAN, D. "Teoría de las organizaciones"  
Ediciones Nueva Visión, Buenos  
Aires, 1.975.

SIMON, H.A. "El comportamiento administrativo"  
Aguilar, Madrid, 1.962.

SIMON, H. A. y otros "Panoramas contemporáneos de la  
teoría económica.III. Asignación  
de recursos."  
Alianza Editorial, 1.970.

SINGLETON, R.R. "Introducción a la teoría de jue  
gos y a la programación lineal"  
TYNDALL, W.F. Editorial Labor 1.977.

SOLDEVILLA GARCIA, E. "Teoría y Técnica de la Organi-  
zación Empresarial"  
Editorial Hispano Europea. Barce  
lona, 1.974.

- SUAREZ SUAREZ, A. "Decisiones optimas de inversión y financiación en la empresa"  
Pirámide.
- SURI, R. "Resource mangement concepts for large systems"  
Pergamon Press, 1.981.
- TERRY, G.R. "Principios de administración"  
C.E.C.S.A., México, 1.980.
- THIERAUF, R.J. "Toma de decisiones por medio de investigación de operaciones"  
GROSSE R.A. Editorial Limusa. México 1.972.
- TIMMS, H.L. "Sistemas de decisión gerencial"  
El Ateneo. Buenos Aires, 1.970.
- VEGARA, J. M. "Programación matemática y cálculo económico. Teoría y aplicaciones"  
Vicens-Vives, 1.975.
- VEGAS ASENSIO, J. "Sistemas de información-decisión en la empresa"

- Anales del Cunef 1.979.
- VEGAS PEREZ, A. "Alienación y decisión económica"  
Boletín de Estudios Económicos. Vol.  
XXVI. Diciembre 1.971 N° 84.
- VEGAS PEREZ, A. "Estadística. Aplicaciones econometrí  
cas y actuariales"  
Editorial Pirámide, 1.981.
- VEGAS PEREZ, A. "Lógica de la decisión"  
Ministerio de Hacienda, 1.967.
- VINADER ZURBANO, R. "Teoría de la decisión empresarial"  
Deusto, 1.978.
- VOLTES BOU, P. "La teoría general de sistemas"  
Editorial Hispano Europea. Barcelona  
1.978.
- VON NEUMANN, J. "Theory of games and economic behavior"  
MORGENSTERN, O. Princeton. New Jersey, 1.947.
- WILDEN, A. "Sistema y estructura"

Alianza Editorial, S.A. Madrid, --

1.979.

WHITE, D.J.

"Decisión Methodology"

John Wiley & Sons, Ltd. London 1.975

WHYTE, L.L.

"Las estructuras jerárquicas"

WILSON, A.G.

Alianza Editorial, Madrid, 1.973.

WILSON, D.

WRIGHT, G.H. Von

"Explicación y comprensión"

Alianza Editorial, S.A., Madrid, 1.979

ZADEH, L.A.

"System Theory"

POLAK, E.

McGraw-Hill, 1.969

**JERSIDAD COMPLUTENSE**



**5310278859**