

## **MODULO**

### **PENSAMIENTO DE SISTEMAS**

**ROGELIO VASQUEZ BERNAL**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERIA DE SISTEMAS  
BOGOTÁ D.C., 2005**

## CONTENIDO

|   | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN  | 8    |
| UNIDAD 1  | 10   |
| ORIGEN DEL PENSAMIENTO DE SISTEMAS  | 10   |
| Capítulo 1. INTRODUCCIÓN AL PENSAMIENTO DE SISTEMAS                       | 10   |
| 1.1. Sistema  | 13   |
| 1.2. Pensamiento  | 13   |
| 1.3. Ciencia  | 13   |
| 1.4. Complejidad  | 14   |
| 1.4.1. Definición General   | 15   |
| 1.4.2. Complejidad y el tomador de decisiones                             | 15   |
| 1.4.3. Complejidad y sistemas de producción                               | 15   |
| 1.4.4. La complejidad de las necesidades                                  | 16   |
| 1.4.5. La complejidad en la centralización y descentralización            | 16   |
| 1.4.6. Complejidad y sistemas flexibles                                   | 17   |
| Capítulo 2. La materia de los sistemas                                    | 19   |
| 2.1. Una receta para la materia.  | 19   |
| Capítulo 3. Como construir modelos conceptuales                           | 22   |
| 3.1. Técnica para construir un modelo conceptual                          | 23   |
| UNIDAD 2  | 26   |
| PENSAMIENTO DE SISTEMAS   | 26   |
| Capítulo 1. La ciencia como una actividad humana: su historia y su método | 26   |
| 1.1. La ciencia como actividad humana                                     | 26   |
| 1.2. El método de la ciencia.   | 33   |
| Capítulo 2. La ciencia y el movimiento de sistemas                        | 34   |
| 2.1. Problemas para la ciencia: complejidad                               | 34   |
| 2.2. Problemas para la ciencia: la ciencia social                         | 35   |
| 2.3. Problemas para la ciencia: administración                            | 36   |
| 2.4. Pensamiento de sistemas: emergencia y jerarquía                      | 37   |
| 2.5. Pensamiento de sistemas: comunicación y control                      | 40   |
| Capítulo 3. Algunos pensamientos de sistemas                              | 45   |

|   |    |
|---|----|
| 3.1. Algunos pensamientos de sistemas básicos   | 45 |
| 3.2. Una Jerarquía de la complejidad de sistemas  | 48 |
| 3.3. Una tipología de sistemas  | 50 |
| UNIDAD 3  | 53 |
| SISTEMAS PRACTICOS  | 53 |
| Capítulo 1. Pensamiento de sistemas duros: La contribución de los ingenieros  | 53 |
| 1.1. La ciencia en comparación con la ingeniería y la tecnología  | 54 |
| 1.2. Análisis de sistemas   | 55 |
| 1.3. La ingeniería de sistemas  | 57 |
| 1.4. Naturaleza de la ingeniería de sistemas y el análisis de sistemas  | 60 |
| 1.5. Aplicación del pensamiento de sistemas “duros” a problemas “suaves   | 61 |
| 1.6. La base de la acción de investigación en la metodología de sistemas<br>“suaves”  | 63 |
| 1.7. los sistemas de información y el pensamiento de sistemas: ¿es hora de<br>unirlos?  | 65 |
| 1.8. El pensamiento de sistemas suaves.   | 66 |
| 1.9. Las implicaciones del nuevo pensamiento de sistemas en el<br>aprovisionamiento de sistemas de información en organizaciones. | 67 |
| Capítulo 2. El desarrollo de pensamiento de sistemas suaves   | 69 |
| 2.1. El contexto de la investigación y el método: la acción de investigación  | 70 |
| 2.2. El problema de los “problemas “ y la “solución de problemas”   | 72 |
| 2.3. La metodología de sistemas para enfrentar problemas no estructurados   | 74 |
| 2.3.1. La metodología en general  | 74 |
| 2.3.2. La metodología en bosquejo   | 75 |
| 2.3.2.1 Estadios 1 y 2: la expresión  | 78 |
| 2.3.2.2. Estadio 3: Definiciones raíz de sistemas pertinentes   | 78 |
| 2.3.2.3. Estadio 4: Confección y verificación de modelos conceptuales   | 79 |
| 2.3.2.4. Estadio 5: Comparación de los modelos conceptuales con la realidad   | 80 |
| 2.3.2.5. Estadios 6 y 7 : Habilitación de cambios “plausibles y deseables”  | 81 |
| 2.4. Comparación entre el pensamiento de sistemas “duros” y “suaves”  | 82 |
| 2.5. La ingeniería de sistemas y su colapso   | 84 |
| 2.6. La naturaleza del pensamiento de sistemas  | 84 |
| 2.6.1. Sistemático y sistémico  | 84 |
| 2.6.2. Los sistemas de actividad humana.  | 85 |
| Capítulo 3 . La metodología de sistemas en acción   | 87 |
| 3.1. Metodología  | 87 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.2. Estudios de sistemas  | 88  |
| 3.3. Utilice la metodología que no sigue la secuencia  | 92  |
| Capítulo 4. Análisis de resultados de la acción de investigación   | 95  |
| 4.1. La importancia de la Weltanschauung ( Visión particular del mundo )   | 96  |
| 4.2. La “tarea principal” y las definiciones raíz “basadas en controversia”  | 97  |
| 4.3. La estructura de la definición raíz   | 97  |
| 4.4. Los “qués” y los “cómos”.   | 99  |
| 4.5. Las leyes metodológicas.  | 99  |
| Capítulo 5. Implicaciones de la práctica de sistemas para el pensamiento de sistemas   | 101 |
| 5.1. Reflexiones sobre la acción de investigación  | 101 |
| 5.2. Comentario externo sobre la acción de investigación   | 103 |
| 5.2.1. Trabajo relacionado en otras partes   | 104 |
| 5.2.2. La naturaleza de la realidad social   | 108 |
| Capítulo 6. La metodología de sistemas suaves y la realidad social   | 110 |
| 6.1. La metodología de sistemas blandos (MSB) y las organizaciones humanas: un mutuo despliegue de su naturaleza a través de la investigación acción | 110 |
| 6.1.1. La investigación acción (action research):  | 110 |
| 6.2. La realidad social que implica la metodología de sistemas suaves  | 113 |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS   | 119 |
| FUENTES DOCUMENTALES   | 123 |
| CIBERGRAFÍA  | 123 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| No.1. Complejidad de los sistemas   | 18 |
| No. 2. Modelo conceptual del sistema de procesamiento y generación de Órdenes | 25 |
| No. 3. Cinco clases de sistemas que componen un mapa de sistemas del universo | 52 |
| No. 4 . El ciclo metodológico en el inicio de la acción de investigación      | 64 |
| No. 5. La metodología en resumen  | 76 |
| No. 6. La metodología en resumen  | 90 |
| No. 7. Metodología en problemas no privativos dentro de las organizaciones    | 93 |

## TABLAS

|   | Pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Algunos pensadores y experimentadores importantes en el desarrollo de la ciencia | 28   |
| Tabla 2. Forma del pensamiento de sistemas  | 43   |
| Tabla 3 Jerarquía intuitiva e informal de la complejidad del mundo real                   | 49   |
| Tabla 4. Secuencia de pasos en el proceso de ingeniería de sistemas                       | 60   |

## INTRODUCCIÓN

Existe un mundo real de gran complejidad en el cual nos encontramos nosotros. Nuestra especie tiene curiosidad por saber acerca de la realidad compleja y ha desarrollado métodos para hacer hallazgos sobre la misma. Somos capaces y hacemos esto todo el tiempo construcciones intelectuales tocantes a la realidad compleja. Las construcciones (que, aunque en si abstractas, por supuesto podrían expresarse en palabras sobre papel o como artefactos físicos) son en sí mismas más simples que la realidad, pero podrían confrontarse con ésta. (Esta postura inicial la ha expresado elegantemente Michael Frayn (1974) en la introducción de su libro Construcciones):

La complejidad del universo está más allá de la expresión, en cualquier notación posible. Alza la vista. Incluso ni lo que ve enfrente de usted alguna vez podrá ser expresado completamente. Cierre sus ojos. Incluso ni lo que usted ve ahora.

Nuestras notaciones son por la misma naturaleza de las mismas, más simples de lo que nosotros denotamos. Este es el objetivo de ellas: reducir la multiuniformidad del mundo a formas comunes, de manera que las cosas se puedan comprometer en una relación conceptual y lógica, unas con otras. Nuestra lectura del mundo y nuestro dominio de las notaciones están íntimamente ligados. Leemos el mundo de la misma manera en que leemos una notación -le damos sentido, colocamos construcciones sobre ella.

Cuando las construcciones intelectuales sobreviven a verificaciones severas tendemos a correr a describir el mundo como si éste fuera lo que las construcciones simplificadas dicen que es. Sería pedante hacerlo de otra manera. Sin embargo, debemos recordar ocasionalmente que nuestras descripciones y modelos del mundo, incluso cuando están bien verificadas, no son el mundo

mismo. El ejemplo más espectacular de esta discrepancia entre modelos y realidad se da en la física. El modelo intelectual del mundo de Newton, consistente de espacio en el cual existen objetos, sobrevive a algunas verificaciones severas. No es anormal que nosotros hablemos acerca del mundo como si éste consistiera realmente en espacios y objetos-en-el-espacio.

De hecho, el modelo que sobrevive las verificaciones más severas hasta este momento es el de Einstein, en el cual el espacio y los objetos-en-el-espacio no son separables como sucede en el modelo de Newton. La discrepancia entre el modelo de Newton y la realidad no tiene importancia para propósitos cotidianos, o para muchos propósitos científicos.

E incluso el modelo de Einstein, aunque sea más poderoso que el de Newton, no es la realidad misma, es únicamente el mejor modelo de la realidad que tenemos hasta ahora. Ocasionalmente, si necesitamos recordar que existe una distinción entre la realidad compleja y nuestras notaciones acerca de ella.

Este modulo contribuye al estudio de los sistemas, partiendo de un concepto general y estudiando en detalle cada una de sus partes, analiza algunas tipologías de sistemas tales como sistemas blandos y sistemas duros, establece comparaciones entre las tipologías y brinda al lector una clara concepción de ciencia, modelos conceptuales, movimientos de sistemas , metodologías de sistemas. El término pensamiento de sistemas invita a la reflexión y la motivación por querer explorar cada día más ese maravilloso mundo que contiene tantos sistemas, permite a la humanidad desmenuzarlos y estudiarlos en detalle para hacer un mejor aprovechamiento de ellos.



## **UNIDAD 1**

# **ORIGEN DEL PENSAMIENTO DE SISTEMAS**

## **Capítulo 1. INTRODUCCIÓN AL PENSAMIENTO DE SISTEMAS**

### **1.1. SISTEMA**

Las Ideas de sistemas constituyen un grupo particular de construcciones intelectuales, una notación particular, que podría usarse para hacer descripciones que se puedan confrontar y verificar con la realidad misma. La idea de sistema, en resumen, es una idea de todos jerárquicos que muestra propiedades emergentes y que se caracteriza por mecanismos de comunicación y control. Si este paradigma se usa para investigar fenómenos naturales, entonces las construcciones intelectuales, en este caso modelos de sistemas, se pueden verificar y confrontar con la realidad en una manera directa: ¿pueden ellas reproducir los observables repetibles? Si pueden hacer esto con éxito, nos apresuramos a decir que el mundo natural en realidad contiene o consiste de sistemas. Olvidamos que estamos hablando acerca de nuestras notaciones de la realidad, más que acerca de la realidad misma. Es probable que esto no importe mucho, especialmente si los modelos de sistemas están bien verificados empíricamente.

Sin embargo, ahora suponga que el pensamiento de sistemas se aplica a seres humanos y a las interacciones de éstos, e involucra al concepto de sistema de actividad humana”.

Debido a que un modelo de sistema de actividad humana expresará solamente una percepción particular de un grupo conectado de actividades, de entre un rango de posibilidades, no podemos esperar el tipo de acoplamiento entre la realidad y el modelo que la ciencia natural busca, el cual es posible de alcanzar en el caso de sistemas naturales. Si nuestro modelo de una taberna inglesa vista como un sistema de actividad humana, por ejemplo, ve a la taberna como “un sistema para proporcionar una atmósfera social particular”, esto probablemente no pueda concordar con la complejidad verdadera de nuestras percepciones de lo que es una taberna inglesa. E incluso un grupo de modelos provenientes de algunos puntos de vista puros y bien definidos (una visión nocional de un arrendador, o aquellas que proporcionan las taberneras, los magistrados con licencia, los policías, cerveceros, oficiales del Ejército de Salvación, bebedores menores de edad, etc.) no podría enfrentarse con nuestra libertad para cambiar nuestra percepción de lo que es una taberna (o cualquier otro trozo de realidad social) arbitrariamente. Suponga que un modelo de sistemas de un sistema químico, por ejemplo un modelo de la cinética de una reacción química, no concuerda con la cinética medida (repetible): entonces la falla deberá atribuirse al Constructor del modelo. Pero cuando un modelo de sistema de actividad humana no concuerda con la actividad humana observada, la falla podría ser el constructor del modelo, pero también podría atribuirse al comportamiento autónomo y del mundo real de los seres humanos. No podemos esperar un acoplamiento entre el modelo y la realidad en el último Caso por dos motivos simultáneos, debido a la multitud de percepciones autónomas y debido a que aquellas percepciones continuamente cambiarán, quizá de manera errónea.

Esto quiere decir que en el caso de los sistemas de actividad humana necesitamos estar particularmente conscientes de que ellos son construcciones mentales, y no descripciones supuestas de la realidad. Nuestro propósito al construirlas no es el andar a tientas buscando una ontología sistémica. Ellas son

herramientas de tipo epistemológico que se pueden usar en un proceso de exploración dentro de la realidad social.

Si al tratar de averiguar acerca del mundo que nos rodea utilizamos esa parte de la notación de sistemas que se ocupa de los “sistemas de actividad humana”, debemos ser especialmente cuidadosos de no hablar desahogadamente, como si los sistemas de actividad humana existieran en el mundo.

Aunque la literatura de sistemas, y en especial la de la teoría general de sistemas, ofrece un número de ideas pertinentes al pensamiento holístico, incluyendo las nociones de variedad requerida, equifinalidad, neguentropía, homeostasis, etc., este trabajo enfatiza que, al menos cuando se utiliza el concepto de “sistema de actividad humana, las ideas de sistema núcleo son dos pares de ideas: emergencia y jerarquía, comunicación y control. El principio de la rasuradora de Ockham, nosotros reducimos las ideas empleadas a un mínimo entonces el residuo irreducible incluye: la noción de entidades como un todo que tienen propiedades como las entidades (propiedades emergentes, descritas en la definición raíz); la idea de que las entidades son en si mismas partes de entidades ‘similares más grandes, a la vez que posiblemente tengan entidades similares más pequeñas dentro de si mismas jerarquía: sistemas, subsistemas y sistemas más amplios); la idea de que tales entidades están caracterizadas por procesos que mantienen la entidad y su actividad en existencia (control: una idea clave en el modelo de sistema formal); y la idea de que no importa que otros procesos sean necesarios en la entidad, ciertamente habrá procesos en los cuales la información se comunique de una parte a otra, mínimamente siendo esto ocasionado en la idea “control”.

## 1.2. PENSAMIENTO

“La frase “pensamiento de sistemas” implica razonar acerca del mundo que hay dentro y fuera de nosotros, y hacerlo mediante el concepto de “sistema”, proceso muy parecido al modo que concibió Einstein en el pasaje siguiente”<sup>1</sup>:

¿Qué es, precisamente, el “pensamiento”? Recibir las impresiones de los sentidos y hacer que surjan imágenes en memoria no es “pensamiento” todavía. Tampoco es “pensamiento” cuando tales imágenes forman series, en las que cada miembro evoca a otra. Sin embargo, cuando una imagen en especial se transforma en muchas de esas series, entonces, precisamente mediante ese giro, la imagen se vuelve un elemento de orden de tales series... Tal elemento se convierte en un instrumento, en un concepto. Pienso que la transición de la libre asociación o “ensoñación”, hacia el pensamiento se caracteriza por el papel más o menos dominante que el “concepto” tiene en ella (Einstein en Schilpp, 1949).

El pensamiento de sistemas, entonces, hace uso consciente del concepto particular de integridad que se aprende en la palabra “sistema”, para ordenar nuestros pensamientos. La práctica de sistemas, implica el uso del producto de pensamiento para iniciar y guiar acciones que podemos llevar a cabo en el mundo. El módulo trata acerca de ambos, los pensamientos y la práctica con sistemas y acerca de la relación entre los dos.

## 1.3. CIENCIA

Ciencia (en latín scientia, de scire, ‘conocer’), es el término que en su sentido más amplio se emplea para referirse al conocimiento sistematizado en cualquier campo, pero que suele aplicarse sobre todo a la organización de la experiencia

---

<sup>1</sup> Pensamiento de Sistemas, Práctica de Sistemas, Peter Checkland

sensorial objetivamente verificable. La búsqueda de conocimiento en ese contexto se conoce como ‘ciencia pura’, para distinguirla de la ‘ciencia aplicada’ —la búsqueda de usos prácticos del conocimiento científico— y de la tecnología, a través de la cual se llevan a cabo las aplicaciones.

La actividad que llamamos “ciencia” resulta que es el medio más poderoso que tenemos para hacer válidas algunas de nuestras construcciones intelectuales, nuestras notaciones; mediante la confrontación de ellas contra el mundo real en sí. El poder de la ciencia deriva del hecho de que las construcciones de ella, o sus consecuencias, son verificables públicamente.

Este módulo busca relacionar las diferentes concepciones analizadas y, comprender la naturaleza del pensamiento de sistemas como parte complementaria del pensamiento científico.

#### **1.4. COMPLEJIDAD**

Si observamos la realidad desde el punto de vista sistémico, encontramos que los sistemas no poseen todos la misma complejidad; ésta varía, desde objetos relativamente simples, como un átomo, hasta otros sumamente complejos, como el sistema político de una sociedad.

La Clasificación basada en una complejidad sistémica creciente toma en cuenta las relaciones entre diferentes niveles, de tal manera que los niveles más altos suponen la existencia de los más bajos, o, en otras palabras, los niveles inferiores se integran a los superiores en forma de elementos o componentes.

#### **1.4.1. Definición General**

La complejidad es el producto de la cantidad de información disponible. Toda cultura impone sus significados particulares, a través de un “sentido común cultural” y reduce, en forma arbitraria, la complejidad de los fenómenos sociales a niveles soportables. La tarea central del científico social es hacer de la complejidad su sujeto mediante métodos científicos, en vez de mediante el sentido común cultural, que puede cambiarse.

#### **1.4.2. Complejidad y el tomador de decisiones**

La selectividad o el dominio de la importancia relativa es importante en la toma de decisiones, donde el éxito depende en su mayor parte, de la habilidad del tomador de decisiones de proporcionar a cada parte de la información su importancia relativa apropiada, de acuerdo con la complejidad del sistema.

#### **1.4.3. Complejidad y Sistemas de Producción**

El principio de división del trabajo implica la estructura jerárquica entre las partes y los componentes. Este arreglo jerárquico permite un orden razonado por el cual la programación y la secuencia de procesos de manufactura para la producción masiva de unidades complicadas, pueda organizarse.

Los niveles de mecanización y automatización han sido caracterizados en una de complejidad cada vez mayor, que va de los trabajos manuales hasta el control automático y que incluye un nivel donde es factible el aprendizaje adaptativo.

#### **1.4.4. La complejidad de las necesidades**

Existe una inaplazable necesidad de proporcionar al planificador, al hombre de Estado, al político y a otros, métodos con los cuales hacer frente a la complejidad cada vez mayor de los problemas que tiene que resolver. Comprender y tratar la complejidad, problemas complejos, representan algunos de los desafíos de mayor presión del enfoque de sistemas. El punto es no simplificar o sobre simplificar, sino más bien extender los límites del razonamiento para dominar una mayor complejidad.

Uno de los objetivos del enfoque de sistemas es asegurar que todos los subsistemas trabajen mancomunadamente y contribuyan a los objetivos del sistema total. Este esfuerzo, como la maniobra de la generalización, puede presentar diversas dificultades. Las necesidades de las partes de los subsistemas, deben satisfacerse junto con las del todo.

La relación cada vez más íntima entre sistemas, demanda que el individuo considere no solamente su propio bienestar, sino cómo afectan sus acciones al bienestar de los demás. Al intentar optimizar su sistema, debe tomar en cuenta la optimización de otro sistema, en particular, la optimización de sistemas en su medio. El problema de la optimización, deja sin resolver el problema de la suboptimización y abre interesantes desafíos metodológicos.

#### **1.4.5. La complejidad en la centralización y descentralización**

El enfoque de sistemas requiere que se integren todas las unidades de decisión para tratar un problema común, sin tomar en cuenta sus límites organizacionales

formales.

Implantar el enfoque de sistemas, requiere el diseño de un sistema final en el cual se suscriban todos los subsistemas. Diseñar el sistema total para lograr un desarrollo ordenado con la participación y negociación de los subsistemas, no implica un aumento de control centralizado.

El acuerdo de trabajar en el contexto de un sistema mayor, puede necesitar que los subsistemas se vuelvan a alinear y se despojen de algunos de sus antiguos métodos, con el fin de trabajar en armonía.

#### **1.4.6. Complejidad y sistemas flexibles**

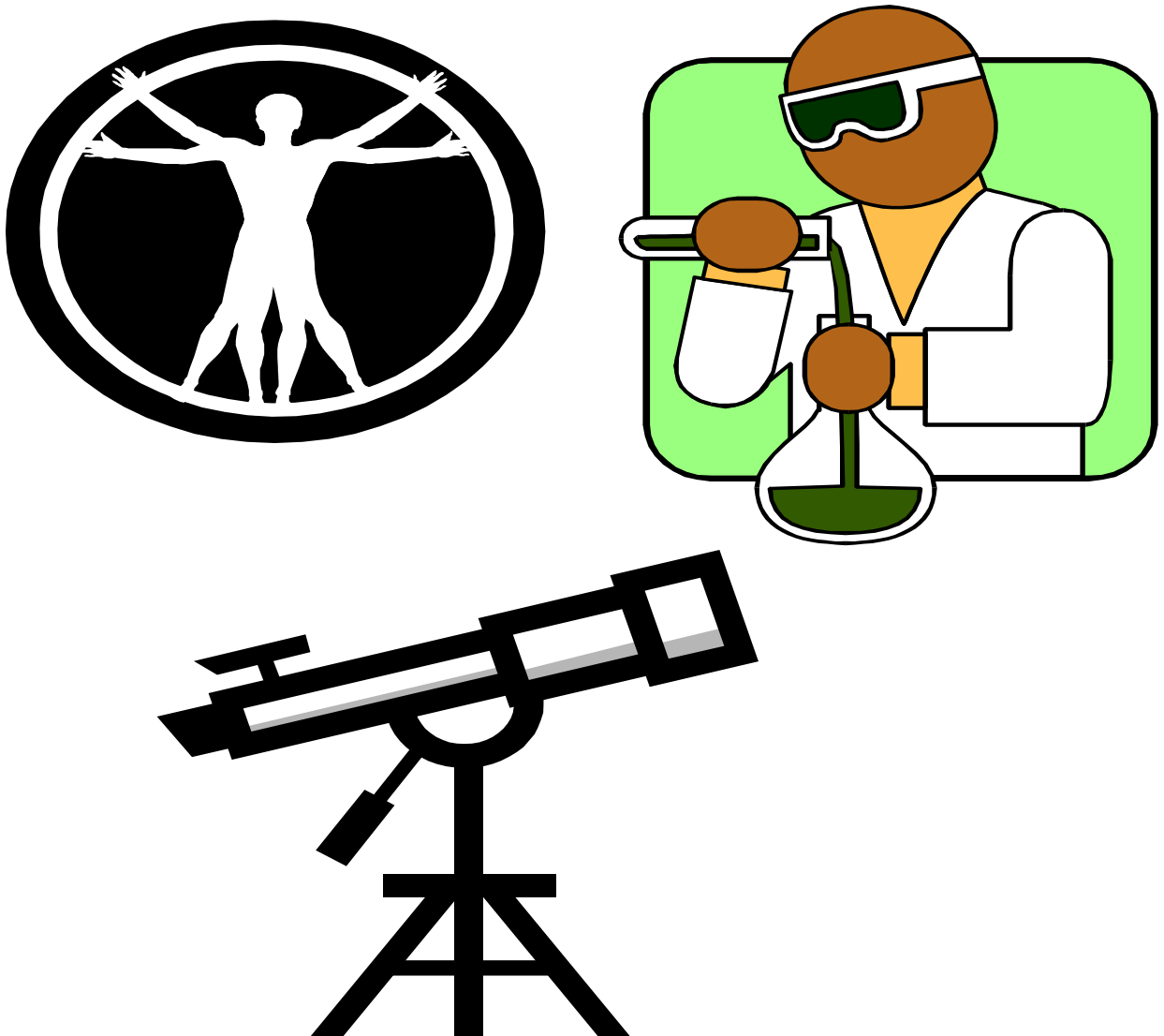
Los sistemas flexibles pueden caracterizarse ampliamente como sigue:

- Abiertos
- De complejidad organizada ( las unidades elementales son irreducibles)
- Buscan objetivos
- Tienen una estructura jerárquica que facilitan la compresión y las comunicaciones.
- Tienen propiedades en niveles elevados que no pueden inferirse de las propiedades en niveles inferiores.

El reconocimiento de similitudes entre los sistemas, estimula la transferencia de teorías y métodos, de una disciplina a otra. Sin embargo, no deben enfatizarse las similitudes, mientras que pasan por alto las diferencias. El papel de la teoría General de Sistemas, es mantener ambos aspectos en perspectiva. Las diferencias entre sistemas rígidos y flexibles justifican el esfuerzo para fomentar el



desarrollo y la aplicación de métodos específicamente diseñados para cada uno. Por tanto, se busca complementar el paradigma de ciencia (figura 1) , derivado del método científico con el paradigma de sistemas, que debe sus orígenes a la Teoría General de Sistemas.



**Figura 1.** La complejidad de los sistemas

## Capítulo 2. LA MATERIA DE LOS SISTEMAS

Es necesario analizar antecedentes que reflejen la interacción entre la inteligencia de sistemas y la práctica de sistemas para obtener conclusiones que permitan que la teoría futura se beneficie de la práctica y que la práctica futura se beneficie de la teoría.

La razón por la cual los sistemas no se reconocen puramente como una materia legítima es que difieren de la mayoría de las otras disciplinas. Su asunto no es un grupo particular de fenómenos, como la física o la química, ni tampoco es como la bioquímica, una materia que ha surgido de la superposición de temas ya existentes. Tampoco es una materia que exista debido a que un área de problema se reconozca como importante.

Los sistemas son en sí una materia que puede hacer referencia acerca de otros temas; no es una disciplina que se deba poner en el mismo grupo que otras: es una metadisciplina, cuya materia sustancial se puede aplicar virtualmente dentro de cualquier disciplina. La mayoría de la gente asocia esta materia con la frase: “enfoque de sistemas”.

¿Qué es un enfoque de sistemas? Es un enfoque a un problema que toma una amplia visión, que trata de tomar en cuenta todos los aspectos, que se concentra en interacciones entre las diferentes partes del problema. Puede decirse que para una disciplina que apenas comienza, ¡esto es un logro!.

La ciencia nos proporciona la frase “un enfoque científico” justo como los sistemas

nos proporcionan un “enfoque de sistemas”.

Estamos viviendo en la “época de los sistemas”, la teoría de sistemas anuncia una visión nueva del mundo de efecto considerable, “hoy en día necesitamos ser capaces de pensar no sólo acerca de procesos simples, sino también acerca de sistemas complejos”.

## **2.1. Una receta para la materia.**

Para que los sistemas puedan tomarse en serio, tendrán que demostrar que dentro de la materia existe un ciclo de interacción entre la formulación de la teoría relevante a problemas serios, o asuntos serios, y la verificación de esta teoría mediante la aplicación de la metodología apropiada a la materia sustancial.

Todas las fuentes de la disciplina –resultados previos dentro de ella, sus paradigmas, modelos y técnicas- se pueden emplear, entonces, dentro de una metodología adecuada para verificar la teoría. Esta verificación genera la fuente crucial de crítica que permite formular mejores teorías, técnicas y metodologías para desarrollarse.

Para que los sistemas sean una metadisciplina con una alta materia sustancial abstracta, “complejidad organizada”, existen dos posibilidades obvias para trabajar dentro de ella. Habrá trabajo sobre los principios generales de “integridad”, aplicable, ojalá, a cualquier “totalidad” que se perciba, y habrá trabajo que genere ideas de sistemas para sustentar problemas dentro de otras disciplinas.

La teoría general de sistemas no busca, por supuesto, establecer una “teoría general autónoma e individual de prácticamente todo” que remplace todas las teorías especiales de disciplinas particulares. En algún lugar entre lo específico

que no tiene significado y lo general que no tiene contenido, debe haber, para cada propósito y en cada nivel de abstracción, un grado óptimo de generalidad. El argumento de debate de los teóricos de sistemas generales establece que este grado óptimo de generalidad no siempre lo alcanza las ciencias particulares.

Los objetivos de la Teoría General de Sistemas pueden ser fijados a diferentes grados de ambición y de confianza. A un nivel de ambición bajo pero con un alto grado de confianza, su propósito es descubrir las similitudes o isomorfismos en las construcciones teóricas de las diferentes disciplinas, cuando éstas existen, y desarrollar modelos teóricos que tengan aplicación al menos en dos campos diferentes de estudio. A un nivel más alto de ambición, pero quizás, con un grado menor de confianza, espera desarrollar algo parecido a un “espectro” de teorías, un sistema de sistemas que puedan llevar a cabo la función de un gestalt<sup>2</sup> en las construcciones teóricas.

Mientras más se divide la ciencia en subgrupos y menor sea la comunicación entre las disciplinas, mayor es la probabilidad de que el crecimiento total del conocimiento sea reducido por la pérdida de comunicación relevante. Es esparcimiento de la sordera especializada significa que una persona que debiera saber algo que otra conoce es incapaz de conocerlo por la falta de un “oído generalizado”. Ahora bien, el objetivo de la Teoría General de Sistemas es la multiplicación de estos oídos generalizados y el desarrollo de un marco de referencia de teoría general que permita que un especialista pueda alcanzar a captar y comprender la comunicación relevante de otro especialista.

La metodología de los sistemas involucra la intervención en la “realidad”, la intervención que es una fuente de registros de caso para los estudios de sistemas.

---

<sup>2</sup> Gestalt: Palabra alemana que significa aproximadamente “configuración”. Es la experiencia perceptiva normal en la cual la totalidad es vista o comprendida como algo más que la simple suma de las partes.

Estos, a su vez, son un fuente de crítica para la teoría de sistemas como tal y para la metodología de sistemas empleada.

El pensamiento de sistemas comienza por resaltar que se da por hecho la asunción cartesiana, es decir, que una parte componente es la misma cuando se separa de un todo que cuando es parte del todo.

### Capítulo 3. COMO CONSTRUIR MODELOS CONCEPTUALES

Un modelo de sistema de actividad humana es una esquematización gráfica donde se identifican las acciones realizadas dentro del ambiente de un sistema.

El modelo debe incluir el número *mínimo* de verbos *necesarios* para el sistema, para que sea el que se nombra y se describe concisamente en la *definición raíz*. Estos tendrán que estar conectados entre sí para que representen al sistema como si fuera una entidad, y la forma más básica que esta conectividad podía tomar es la de un número de flechas que indican dependencias lógicas.

El objetivo debe ser construir un modelo de actividad de lo *que* debe ir en el sistema. Los *cómos* particulares (se incluyen por ejemplo roles, estructuras organizacionales y maneras específicas para llevar a cabo las actividades) se deben incluir sólo si están nombrados específicamente en la definición raíz.

Una *definición raíz* es una descripción concisa y construida con precisión de un *sistema de actividad humana* que enuncia lo que el sistema es; lo que éste hace después se incluye en un *modelo conceptual* que se construye con base en la definición. Todo elemento en la definición se debe reflejar en el modelo derivado de ésta. Una definición raíz bien formulada hará explícito a cada uno de los elementos CATWOE. Una definición raíz completamente general que encarne a CATWOE<sup>3</sup> podría tener la forma siguiente:

*Un (...O...) sistema poseído que, bajo las restricciones de medios siguientes que toma como dadas: (...E...), transforma esta entrada (...)*  
*en esta salida (...) por medio de las siguientes actividades principales*

<sup>3</sup> CATWOE: Un mnemónico de las seis características cruciales que se deben incluir en una definición raíz bien formulada.

*entre otras (... ..); la transformación la llevan a cabo estos actores: (...**A**...) y directamente afecta a los beneficiarios y (o) víctimas siguientes (...**C**...). La imagen del mundo que hace a esta transformación significativa incluye al menos los siguientes elementos, entre otros: (...**W**...).*

La tarea en la construcción de modelos conceptuales consiste simplemente en ensamblar la lista de verbos que describen las actividades que la definición raíz requiere, en conectarlos de acuerdo con los requerimientos de la lógica y en indicar cualquier flujo que parezca esencial en este primer nivel de resolución.

Una vez que esta versión del modelo se haya construido, puede usarse como base para versiones más expandidas. Algunas quizá muestren actividades en niveles más detallados, o registren todos los flujos en el sistema, materiales y abstractos; también, las versiones basadas en sustantivos del modelo podrían incluir entidades organizacionales que quizá lleven a cabo las actividades en el modelo básico.

Un proceso para su elaboración frecuentemente consiste en preguntar acerca de cada actividad: ¿qué información es necesaria para llevar a cabo esta actividad?, ¿a partir de qué recurso?, ¿con qué frecuencia? ¿en qué forma?. El modelo de actividad básica entonces se vuelve el origen de un modelo de flujo de información que se puede usar para indagar sobre flujos de información presentes o para diseñar nuevos sistemas de información.

### **3.1. Técnica para construir un modelo conceptual**

La técnica para construir un modelo conceptual de primer nivel a partir de una definición raíz, podría generalizarse en la secuencia siguiente que, sin embargo,

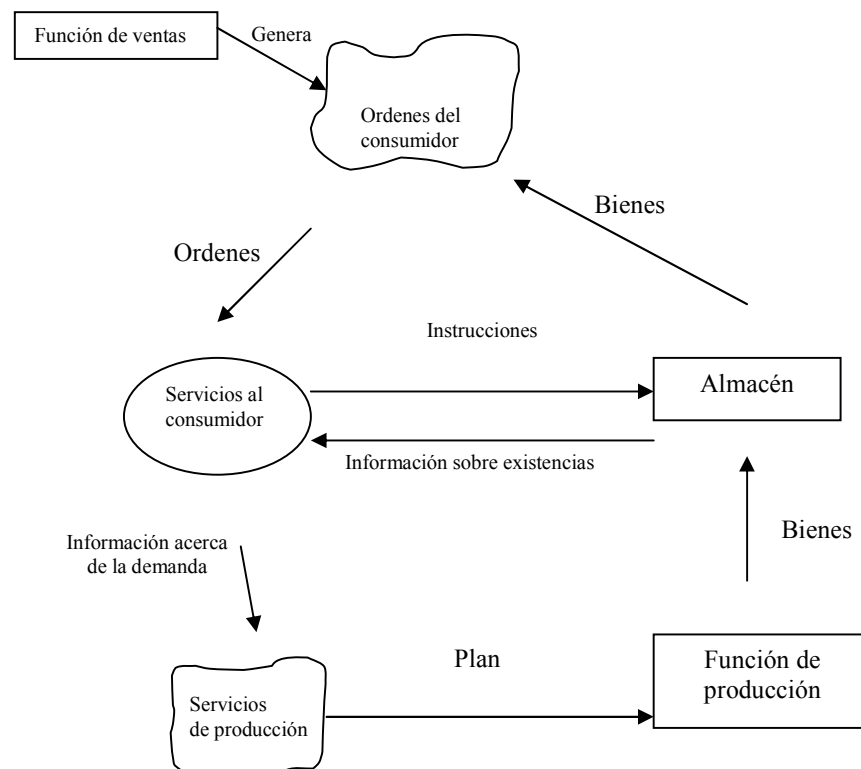
deberá usarse flexiblemente:

1. A partir de la Definición Raíz (RD) y de los elementos CATWOE de ésta, formar una impresión del sistema vista como una entidad autónoma, que lleva a cabo un proceso de transformación físico o abstracto.
2. Ensamblar un número pequeño de verbos que describan las actividades más fundamentales en el sistema ya descrito. Tratar de mantener un nivel de resolución evitando la mezcla de actividades definidas en diferentes niveles de detalle.
3. Si se puede justificar a partir de la definición raíz (RD), estructurar las actividades en grupos que junten actividades similares (por ejemplo, agrupando aquellas que juntas generan una salida que va a otra parte en el sistema).
4. Conectar las actividades y los grupos de actividades con flechas que indiquen dependencias lógicas.
5. Indicar los flujos (concretos o abstractos) que sean esenciales para expresar lo que el sistema hace. Distinguir estos flujos de las dependencias lógicas del número 4 anterior, y en cualquier caso, mantener el número de flujos a un mínimo en ese estadio.
6. Verificar que la definición raíz y el modelo conceptual constituyan un par de declaraciones mutuamente informantes: qué es el sistema y qué hace el sistema.

El siguiente es un modelo conceptual del sistema de procesamiento y generación



de órdenes –dos sistemas de “planeación” y dos formas de “llevar a cabo” (después de Checkland y Griffin, 1970).



**Figura 2.** Modelo conceptual del sistema de procesamiento y generación de órdenes

El error más común sin duda es apresurarse a modelar parte del mundo real, en vez de construir el modelo del sistema que se nombra en la definición raíz.

## **UNIDAD 2**

### **PENSAMIENTO DE SISTEMAS**

#### **Capítulo 1. LA CIENCIA COMO UNA ACTIVIDAD HUMANA: SU HISTORIA Y SU MÉTODO**

##### **1.1. La ciencia como actividad humana**

Más allá de ser un producto, la ciencia es una invención de nuestra civilización – una invención cultural- y es probablemente la invención más poderosa hecha en toda la historia de la humanidad. La ciencia nos ha proporcionado conocimiento verificable sobre la manera en que funciona el mundo natural, y nos ha dado al menos la posibilidad del bienestar material, incluso en un planeta con recursos finitos, y también nos ha dado los medios para destruir toda la vida de éste, nuestro planeta.

El impulso detrás de la ciencia (science) es el anhelo de conocer cosas, averiguar el cómo y el por qué el mundo es como es. Esto difiere del impulso detrás de la tecnología, que es el anhelo por hacer cosas, por alcanzar fines prácticos. Por supuesto, una vez que el método científico existe, puede existir la ciencia aplicada o una ciencia de las técnicas, pero la “urgencia por saber” y la “urgencia por hacer” son motivos diferentes, y no causa sorpresa que mucha tecnología fuera desarrollada mucho antes de que los griegos generaran la sociedad en la que nació la perspectiva científica y se iniciara el ascenso que culminó en la revolución científica del siglo XVII.

La urgencia por saber, por averiguar cosas, que la ciencia satisface, tiene en su centro el mayor legado que los griegos nos dejaron: el arte del pensamiento racional. La historia del ascenso de la ciencia es la historia de la creación de esta arma invaluable, del hiato en su uso durante los “principios de la Edad Media” (siglos V al X) y de su recuperación en la época medieval, cuando los filósofos escolásticos crearon la cosmovisión medieval e introdujeron el pensamiento de Aristóteles dentro de la órbita de la fe cristiana. La visión del mundo medieval, con su ciencia aristotélica, sobrevivió hasta el estallido de la energía intelectual que conocemos como el renacimiento del aprendizaje, llevando a cabo el remplazo, la nueva visión del mundo creada por Copérnico, Kepler, Galileo y Newton: la visión del mundo que aún reconocemos como nuestra, a pesar de algunas modificaciones sofisticadas en el siglo XX.

Uno de los aportes griegos al método científico es el uso sistemático del método dialéctico, es decir la búsqueda del conocimiento mediante pregunta y respuesta. La dialéctica alienta la discusión crítica que analizará los argumentos y premisas y revelará inconsistencias. Sin tal discusión crítica no puede haber ciencia.

Aristóteles, uno de los mayores pensadores griegos, concluyó que las ideas no existían de manera separada de su encarnación en objetos del mundo. Por el contrario, los objetos exhibían un esfuerzo por alcanzar su fin verdadero (telos), y el “fin encarnado” o entelequia era el objeto de estudio científico.

El énfasis de Aristóteles sobre la función o proceso, comparado con el énfasis de Platón sobre la forma o estructura, funda una tradición que conduce al empirismo, justo como el pensamiento de Platón conduce al racionalismo. Además, el énfasis de Aristóteles sobre la pregunta: ¿Cuál es la naturaleza fundamental de este objeto?, que conduce a una visión sobre la importancia de la clasificación por

función, por otra lleva a la formulación de la forma clásica del argumento deductivo: el silogismo.

El logro griego más importante consistió en apartar la explicación de los funcionamientos del mundo, de los dominios de la religión y la magia, y crear un nuevo tipo de explicación (la explicación racional) que fue la materia de un nuevo tipo de averiguación.

Algunas de las cosas de las que carecía la ciencia griega, y que iban a aparecer mediante las escolásticas medievales y mediante los científicos del siglo XVII, fue un agudo sentido de la importancia de la observación deliberadamente artificial en experimentos controlados, la importancia del argumento inductivo en vez del argumento deductivo, el uso de las matemáticas para representar el fenómeno observado y, quizá lo más importante, el concepto de la función social de la ciencia, es decir, que puede mejorar el control sobre el mundo material y reducir la necesidad de la labor física.

Algunos de los pensadores y experimentadores importantes en el desarrollo de la ciencia son:

|       |             |              |   |
|-------|-------------|--------------|---|
| IONIA | Tales       | 624-565 a.C. | Los filósofos naturales de Ionía                  |
|       | Anaximandro | 611-547 a.C. | Creación de mitos racionales acerca del universo: |
|       | Anaxímenes  | 570-¿? a.C.  | discusión crítica de ellos                        |

|              |                                  |              |  |
|--------------|----------------------------------|--------------|--|
|              | Heráclito                        | 540-475 a.C. | El “Cambio” como principio unitario que subraya la apariencia de las cosas; una distinción Aguda entre el sentido y la razón     |
|              | Demócrito                        | 470-400 a.C. | El mundo en forma de átomos y espacio, cualidades atribuidas a nuestros sentidos.  |
| MAGNA GRECIA | Parménides de Elea/Zenón de Elea | Siglo V A.C. | El ataque a la ciencia observacional; aseveración de la primacía del pensamiento lógico.   |
|              | Empédocles                       | 500-430 a.C. | Defensa de la ciencia observacional: el mundo está formado por los elementos básicos: fuego, aire, agua y tierra.                |
|              | Pitágoras                        | 582-¿? A.C.  | La tradición religiosa y la tradición matemática.<br>La unidad central: el número  |
|              | Hipócrates                       | 460-¿? A.C.  | Empiricismo: la verdad emerge de la observación cuidadosa y verificación de la práctica exitosa                                  |
| ATENAS       | Sócrates                         | 470-399 a.C. | El método dialéctico: el descubrimiento mediante la pregunta y la respuesta  |
|              | Platón                           | 428-347 a.C. | La realidad última expresada en ideas.   |
|              | Aristóteles                      | 384-322 a.C. | Las ideas no están separadas de su encarnación en los objetos. Una cosmovisión comprensible que vivió intacta durante 2000 años. |
| A Z          | Euclides                         | 330-260 a.C. | La ciencia profesional: principalmente en  |

|            |              |   |
|------------|--------------|---|
| Aristarco  | 310-230 a.C. | Aleandría. Elaboración y explotación de los   |
| Arquímedes | 287-212 a.C. | Conceptos fundados en escuelas anteriores.    |
| Ptolomeo   | ¿?           | Trabajos en geometría, astronomía, geografía, |
| Galeno     | 131-201 d.C. | Mecánica y medicina.                          |

Tabla 1 Algunos pensadores y experimentadores importantes en el desarrollo de la ciencia<sup>4</sup>

Guillermo de Ockham hizo un examen de la inducción centrando su atención en la observación, expuso el principio que conocemos como la rasuradora de Ockham, que es: “las entidades no se multiplicarán sin necesidad”, o “cuando se confronten explicaciones contrarias, aceptemos la más simple”.

A partir del siglo XVII ocurrió la revolución científica, después de un hiato de dos centurias. Fue durante los siglos XV y XVI, sin embargo, que ocurren los cambios sociales e intelectuales y se crean las condiciones para el repunte espectacular de la ciencia a partir del año 1600; la exploración de los límites del mundo conocido, la ebullición intelectual del Renacimiento, las ideas antiautoritarias de la Reforma y el desarrollo de tecnologías que hicieron posible el uso de instrumentos científicos muy mejorados, así como el incremento de la disposición de los libros impresos.

De estos avances se destacan principalmente: el establecimiento del modelo heliocéntrico del sistema solar, realizado por Copérnico y Kepler; el desarrollo de la mecánica, en especial, en el trabajo de Galileo; y la síntesis de Newton de las

<sup>4</sup> Según Peter Checkland en Pensamiento de Sistemas, Práctica de Sistemas

dinámicas terrestres y celestiales. Además, es necesario observar el desarrollo de la discusión en ebullición acerca de la naturaleza del método de la ciencia, que se observa en Francis Bacon, Galileo, Descartes y Newton.

Copérnico merece mención especial, ya que desde el inicio del movimiento empezó la destrucción del modelo de Aristóteles; Kepler encontró que el lenguaje de los números era el lenguaje del universo físico y generó una descripción matemática del movimiento planetario en el cual no se encontraron errores por 200 años; conceptuó un problema en un mundo abstracto de calidades “primarias” –sin embargo medibles- (en contraposición a calidades secundarias como el gusto o el olfato); esto constituyó un nuevo método que en manos de Newton dio término a la revolución científica. Galileo en 1610 descubrió las manchas solares y las lunas de Júpiter, y puede considerarse como el primer revolucionario importante ya que desafiaba la visión del mundo derivada de la reconciliación entre el aristotelismo medieval y la Cristiandad, y a la institución cuyo poder se unía a dicha visión: la Iglesia.

Newton formuló las tres leyes que sostienen a la dinámica clásica, discute el movimiento de los cuerpos en un vacío (proporciona la base de la mecánica celestial), el movimiento de los líquidos y demostró el “armazón del sistema del mundo”. Expuso las reglas del Razonamiento en filosofía, a partir de la elaboración del principio de la rasuradora de Ockham, escribiendo en su obra *Opticks*: “ En las matemáticas, como en la filosofía natural, la investigación de cosas difíciles mediante el método de análisis siempre debe preceder al método de la composición. Este análisis consiste en hacer experimentos y observaciones, y en derivar conclusiones generales de ellos mediante la inducción, y el admitir que no hay objeciones en contra de las Conclusiones, pero tales conclusiones se toman de experimentos o de otras verdades ciertas...”

Descartes acogió la teoría copernicana de la rotación de la Tierra; publicó el “Discurso del Método”, uno de los libros más importantes en la historia intelectual; no enfatizó los hechos de la ciencia, pero sí la manera de pensar; enunció la proposición más celebrada en la filosofía occidental: Cogito, ergo sum, “Pienso, luego existo”. En su “Discurso Segundo” proporcionó cuatro reglas para “dirigir adecuadamente la razón de uno mismo”: la primera describe la necesidad de evitar la “precipitación y el prejuicio”, la tercera requiere una progresión ordenada desde lo simple hacia lo complejo, la cuarta invoca un análisis completo en el que no se omite nada; la segunda consistía en dividir cada una de las dificultades que se estaban examinando en tantas partes como fuera posible y necesario para resolverla mejor (principio de la reducción analítica).

Durante el siglo XX el logro principal en la ciencia ha sido el derrumbamiento del modelo de Newton y su remplazo por del Einstein; éste último ha sido proferido porque puede generar como producto natural todos los resultados de Newton y más todavía.

Einstein enunció la teoría de la relatividad del tiempo y la distancia que hace que la velocidad de la luz sea una constante universal y para dar lugar a eso, los objetos en movimiento deben contraerse. Su famosa ecuación es  $E = mc^2$  (C es la velocidad de la luz).

La extensión posterior de las ideas de la relatividad para la gravitación y la inercia, en la teoría general de la relatividad, dieron lugar a una formulación en la cual el universo no es materia independiente posicionada en espacio y tiempo independientes, sino un continuum tiempo-espacio de cuatro dimensiones variables.

La lección para la ciencia a partir de la experiencia en este siglo XX es que los resultados del trabajo científico nunca son absolutos, y que se pueden remplazar



oportunamente por modelos mejores que tengan poder descriptivo y de predicción más grande. El conocimiento adquirido y verificado científicamente no es el conocimiento de la realidad, es un conocimiento de la mejor descripción de la realidad que tenemos en este momento de tiempo.

## **1.2. El método de la ciencia.**

La ciencia como una actividad humana organizada es un “sistema” que encarna un propósito particular; es un sistema de aprendizaje o indagación, un sistema para averiguar cosas acerca del mundo misterioso que nos encontramos habitando.

La ciencia como un todo, es una manera para adquirir conocimiento del mundo verificable públicamente; se caracteriza por la aplicación del pensamiento racional a la experiencia, experiencia que se deriva de la observación y de los experimentos diseñados deliberadamente, siendo el objetivo la expresión concisa de las leyes que gobiernan las regularidades del universo, leyes que se expresan matemáticamente de ser posible.

Este patrón de actividades humanas se puede resumir en tres características fundamentales: el reduccionismo, la repetibilidad y la refutación. Podríamos reducir la complejidad de la variedad del mundo real con experimentos cuyos resultados se validan mediante su repetibilidad, y podríamos erigir conocimientos a partir de la refutación de las hipótesis. Las conclusiones de la ciencia no tienen otra pretensión aparte del ser verificables (Pierce).

Kuhn define el cuerpo de conocimientos comúnmente aceptados como un paradigma; éste puede definirse como el logro o grupo de logros que una comunidad científica “reconoce como generadora de los fundamentos para su práctica futura”, logros que “atraen a un grupo de seguidores obstinados,

alejándolos de modos competidores de actividad científica” y están “abiertos suficientemente para dejar todo tipo de problemas para que el grupo redefinido de practicantes los resuelva”. En el nivel más alto, Newton y Einstein fueron responsables de los cambios revolucionarios del paradigma. Entre dichos cambios, lo que existe es “ciencia normal” que sigue en buenos términos con el paradigma prevaleciente.

## **Capítulo 2. La ciencia y el movimiento de sistemas**

El problema crucial que encara la ciencia reside en su capacidad para hacer frente a la complejidad. La segunda regla de Descartes para “dirigir adecuadamente la razón de uno”, por ejemplo, dividir los problemas que han de examinarse en partes separadas (el principio más central a la práctica científica) asume que esta división no distorsionará el fenómeno que se estudia. Asume que los componentes del todo son los mismos cuando se les examina individualmente que cuando asumen su rol en el todo, o que los principios que gobiernan el ensamblado de los componentes para formar el todo son, en sí mismos, directos.

### **2.1. Problemas para la ciencia: complejidad**

La inspección superficial del mundo sugiere que éste es un complejo gigante con conexiones densas entre sus partes. No podemos enfrentarnos a él en esa forma y nos vemos obligados a reducirlo en áreas separadas que podemos examinar individualmente. Nuestro conocimiento del mundo se ve necesariamente dividido en diferentes “materias” o “disciplinas” y, en el curso de la historia, éstas cambian de igual manera en que cambia nuestro conocimiento. Las divisiones fueron hechas por el hombre y son arbitrarias. No es la naturaleza quien se divide a sí misma en física, biología, sociología, etc.; somos nosotros quienes imponemos

estas divisiones a la naturaleza, y ellas impregnan tanto nuestro pensamiento que encontramos difícil el ver la unidad que yace bajo las divisiones. Pero dado que nuestro conocimiento se tiene que disponer de esta manera (y esto es inevitable, dada nuestra capacidad limitada para abordar el todo), entonces es útil, con miras en la coherencia, el disponer la clasificación del conocimiento de acuerdo con algunos principios racionales.

Comte estableció una organización uniforme de la totalidad del conocimiento humano para proporcionar una base para la nueva ciencia de la sociología, a través de la cual fuera posible transformar la vida social. La doctrina de Comte estableció que el pensamiento humano atravesó por tres fases: una fase teológica dominada por las creencias fetichistas y religiosas totémicas; una fase metafísica en la cual las causas sobrenaturales son remplazadas por “fuerzas”, “calidades”, “propiedades” y finalmente, una fase positiva donde se supone el triunfo de la racionalidad positiva y en la cual el objetivo es descubrir las leyes universales que gobiernan a los fenómenos.

Existe la posibilidad de que el enfoque científico basado en el reduccionismo, la repetibilidad y la refutación se hunda cuando se enfrente con fenómenos extremadamente complejos que generen más variables interactivas de las que puede manejar un científico en sus experimentos. Incluso cuando las ciencias naturales enfrentan el problema de la complejidad extrema, los científicos profesionales interesados están convencidos de que no hay implicada una disputa fundamental de principio.

## **2.2. Problemas para la ciencia: la ciencia social**

Después de un cuidadoso examen de las dificultades formidables que encara la ciencia social, Nagel concluye que los problemas para determinar las

explicaciones sistemáticas de fenómenos sociales no son en lógica superables. Admite que los “problemas no se resuelven simplemente demostrando que son necesariamente imposibles de resolver” y el hecho es que los problemas de una ciencia social construida con el patrón de la ciencia natural han sido difícilmente resueltos.

Los sistemas sociales revelarán “tendencias” en vez de “leyes” y el científico social reducirá su campo de estudio no exactamente al estudio de la realidad social, sino solamente a la lógica de las situaciones, generando hallazgos del tipo “En la situación A, un resultado probable es B”, sin ninguna garantía de que esto se lleve a cabo en cualquier situación particular. Y a través de los años, con el crecimiento del conocimiento humano, la “lógica de las situaciones” cambiará de manera gradual.

### **2.3. Problemas para la ciencia: administración**

El proceso de administración, no interpretado en un sentido de clase, tiene que ver con la decisión de hacer algo o no hacerlo, con la planeación, con la evaluación de alternativas, con el monitoreo del desempeño, con la colaboración de otras personas o el logro de fines mediante otras personas; es el proceso de la toma de decisiones en los sistemas sociales, frente a problemas que quizá sean autogenerados.

Al ser esto así, podemos esperar que la llamada “ciencia de la administración” sea de hecho un cuerpo de conocimientos y principios científicos pertinentes al proceso de administración. Sin embargo, para Drucker la “administración es una práctica más que una ciencia. No es conocimiento, sino desempeño”. Por esto, quizá deba hablarse de la investigación operacional.

La investigación de operaciones es la aplicación de los métodos de la ciencia a problemas complejos que surgen durante la dirección y administración de grandes sistemas de hombres, máquinas, materiales y dinero en la industria, los negocios, el gobierno y la defensa. El enfoque distintivo consiste en desarrollar un modelo científico del sistema, incorporando mediciones de factores como probabilidad y riesgo, con los cuales predecir y comparar los resultados de decisiones alternativas, estrategias o controles. El propósito es ayudar a la administración para que determine su política y acciones científicamente.

Lo que ha sucedido históricamente es que la investigación de operaciones ha concentrado la mayoría de sus esfuerzos por refinar sus herramientas cualitativas y desarrollarlas para situaciones específicas. El argumento implícito en el desarrollo de la investigación de operaciones en los últimos treinta años es que las situaciones problemáticas se repiten.

Los problemas irresueltos para la ciencia (complejidad en general, extensión de la ciencia para cubrir fenómenos sociales y la aplicación de la metodología científica en situaciones del mundo real) debido a su inhabilidad para comprender algunas formas de complejidad, han abierto espacio para el pensamiento de sistemas. A pesar de no haber hecho un progreso espectacular, el pensamiento de sistemas intenta enfrentarse a problemas de complejidad irreductible utilizando una forma de inteligencia basada en “todos” y en sus propiedades que complementan el reduccionismo científico.

#### **2.4. Pensamiento de sistemas: emergencia y jerarquía**

“Pensamiento de sistemas” no es todavía una frase de uso general. Eventualmente se considera al pensamiento de sistemas y al pensamiento analítico como los componentes gemelos del pensamiento científico, pero este

estadio de nuestra historia intelectual aún no se ha alcanzado. El pensamiento de sistemas se fundamenta sobre dos pares de ideas: emergencia y jerarquía, y comunicación y control.

Aristóteles arguyó que el todo es algo más que la suma de sus partes, pero esta cosmovisión perdió su vigencia cuando en el siglo XVII fue derrotada por la revolución científica; sin embargo, la historia de la biología moderna es la historia del restablecimiento del propósito como un concepto intelectual respetable.

Los avances prácticos en la ciencia de las cosas vivientes se aceleraron con la invención del microscopio. El examen microscópico de las plantas y del tejido vivo dio a la nueva ciencia su descubrimiento principal –el descubrimiento de la célula-, el cual nos lleva a la visión moderna de que existen en las cosas vivientes una jerarquía de estructuras dentro de la secuencia: moléculas, organelos, células, órganos y organismos. En esta **jerarquía** el organismo mismo al parecer intuitivamente marca una **frontera**, (organismos que tienen una identidad obvia como entidades completas) pues tiene una frontera que los separa del resto del mundo físico, incluso aunque existan transportes que atraviesan la frontera.

Las primeras exposiciones tentativas de lo que más tarde se convirtió en el “pensamiento de sistemas” fueron escritas en la década de 1920 y hacia 1940, L. Von Bertalanffy revolucionó el pensamiento organísmico (la “teoría del sistema del organismo” como él la llamó) para hacerlo pensamiento interesado en los sistemas en general; en 1954 participó en la fundación de la Sociedad para el desarrollo de la teoría general de sistemas generales.

La característica esencial del fenómeno vital que todavía no ha recibido atención es la del proceso del metabolismo... etc, sucede exclusivamente en relación con objetos materiales bien individualizados con una organización definida.

Es el concepto de complejidad organizada el que se volvió la materia sustantiva de la nueva disciplina de “sistemas” y el modelo general de complejidad organizada asume que existe una jerarquía de niveles de organización, cada uno más complejo que el que está debajo.

Smuts, en 1926, plantea el siguiente concepto de complejidad organizada: “Cada organismo, cada planta o animal, es un todo con una cierta organización interna y una medida de autodirección. No solamente las plantas y animales son todos, sino que en cierto sentido limitado las colocaciones naturales de materia en el universo también son todos; los átomos, moléculas y compuestos químicos son tan limitados... ***Un todo es una síntesis o unidad de partes, tan estrecha que afecta las actividades e interacciones de esas partes...*** Las partes no se pierden ni se destruyen en la nueva estructura... sus funciones independientes y actividades independientes se agrupan, relacionan, correlacionan y unifican en el todo estructural”.

La idea de que la arquitectura de la complejidad es jerárquica y de que lenguajes diferentes de descripción son necesarios en niveles diferentes en los años recientes han derivado en un interés creciente por la teoría de la jerarquía como tal, aunque mucho del interés aún se centra sobre la jerarquía de lógica, de la célula a las especies.

## 2.5. Pensamiento de sistemas: comunicación y control

En una jerarquía de sistemas como la representada por la secuencia de organelo de célula a organismo, o en general, en cualquier jerarquía de sistemas abiertos, el mantenimiento de la jerarquía generará un grupo de procesos en los cuales haya comunicación de información con propósitos de regulación o control.

Es intuitivamente obvio que una jerarquía de sistemas que son abiertos debe ocasionar procesos de comunicación y de control si es que los sistemas van a sobrevivir los golpes administrados por el medio de los sistemas.

El más famoso de los dispositivos de control, el regulador centrífugo para gobernar la velocidad de la máquina de vapor, fue diseñado a finales del siglo XIX, pero es solamente durante los últimos cuarenta años que la ingeniería de control y la teoría de control se han establecido como una actividad profesional y una disciplina académica, respectivamente.

Una unión de estos mecanismos de control estudiados en los sistemas naturales y aquellos diseñados en sistemas hechos por el hombre la proporciona la parte de la teoría de sistemas que se conoce como cibernética. Wiener definió la cibernética como el “campo entero de la teoría de control y comunicación, ya sea en la máquina o en el animal; y Ashby agregó que, ésta encara “todas las formas de comportamientos siempre y cuando sean regulares, determinados o producibles”.

Todos los procesos de control dependen de la comunicación, de un flujo de información o restricciones, un flujo que puede ser automático o manual. La información generada para establecer un cambio en el sistema y que se incorpora al mismo, puede ser positiva (reafirma las conductas del sistema; o negativa, si busca modificar la conducta del mismo).

En general, la idea de la información es anterior a la de retroalimentación, ya que cualquier mecanismo de retroalimentación en un sistema viable consiste en un sensor capaz de detectar cambios en el medio disruptivo potencialmente y un causante de efectos (afectador) capaz de inicializar una opción de remedio.

Muchos arguyen que el concepto de información es la idea más poderosa con que



hasta aquí ha contribuido el movimiento de sistemas, comparable en importancia con la idea de energía. Ambas son abstracciones; ambas tienen poder explicativo considerable; ambas generan conjeturas que se pueden someter a la verificación de una manera experimental. La física sería una entidad caótica si no contara con la idea de energía, definida como la capacidad para hacer un trabajo. El pensamiento de sistemas, similarmente, no podría existir sin la idea de la información, aunque su definición precisa genera algunos problemas que todavía no están resueltos.

La conceptualización básica en la ingeniería de sistemas de comunicación es que una fuente (emisor) de información genera un **“mensaje”** que se codifica para producir una **“señal”**; esta señal se transmite a través de un canal, que inevitablemente introducirá algunas perturbaciones no deseadas que se denominan **“ruido”**; la señal más el ruido pasan entonces a través de un **“decodificador”** que regenera el mensaje original, con poca distorsión (si somos optimistas) para el receptor.

Además, en el proceso de comunicación debe tenerse en cuenta aspectos como la “cantidad de información” y la “cantidad de significado”, para lo cual Shannon definió tres (3) niveles problema: nivel A, el “de problema técnico” de la transmisión de la señal; nivel B, el “problema semántico” sobre cuán precisamente los símbolos transmiten el mensaje deseado; y el nivel C, el “problema de la efectividad” sobre la manera en que el significado afecta la conducta del receptor.

Ackoff y Emery definen la información como una comunicación que produce un cambio en cualquiera de las probabilidades del receptor referente a la selección de un curso de acción en particular, y a la motivación como una comunicación que “genera un cambio en cualquiera de los valores relativos que el receptor atribuye a los posibles resultados de selección” en un curso de acción. El problema no

resuelto es hacer que tales definiciones sean operativas.

Un resumen de sistemas del mundo observado y un enfoque de sistemas para los problemas de éste se pueden encontrar en muchas disciplinas diferentes; todos estos esfuerzos juntos constituyen el “movimiento de sistemas”. El programa del movimiento de sistemas se podría describir como la verificación de la conjetura de que estas ideas nos permitirán enfrentar el problema que el método de la ciencia encuentra tan difícil, es decir, el problema de complejidad organizada.

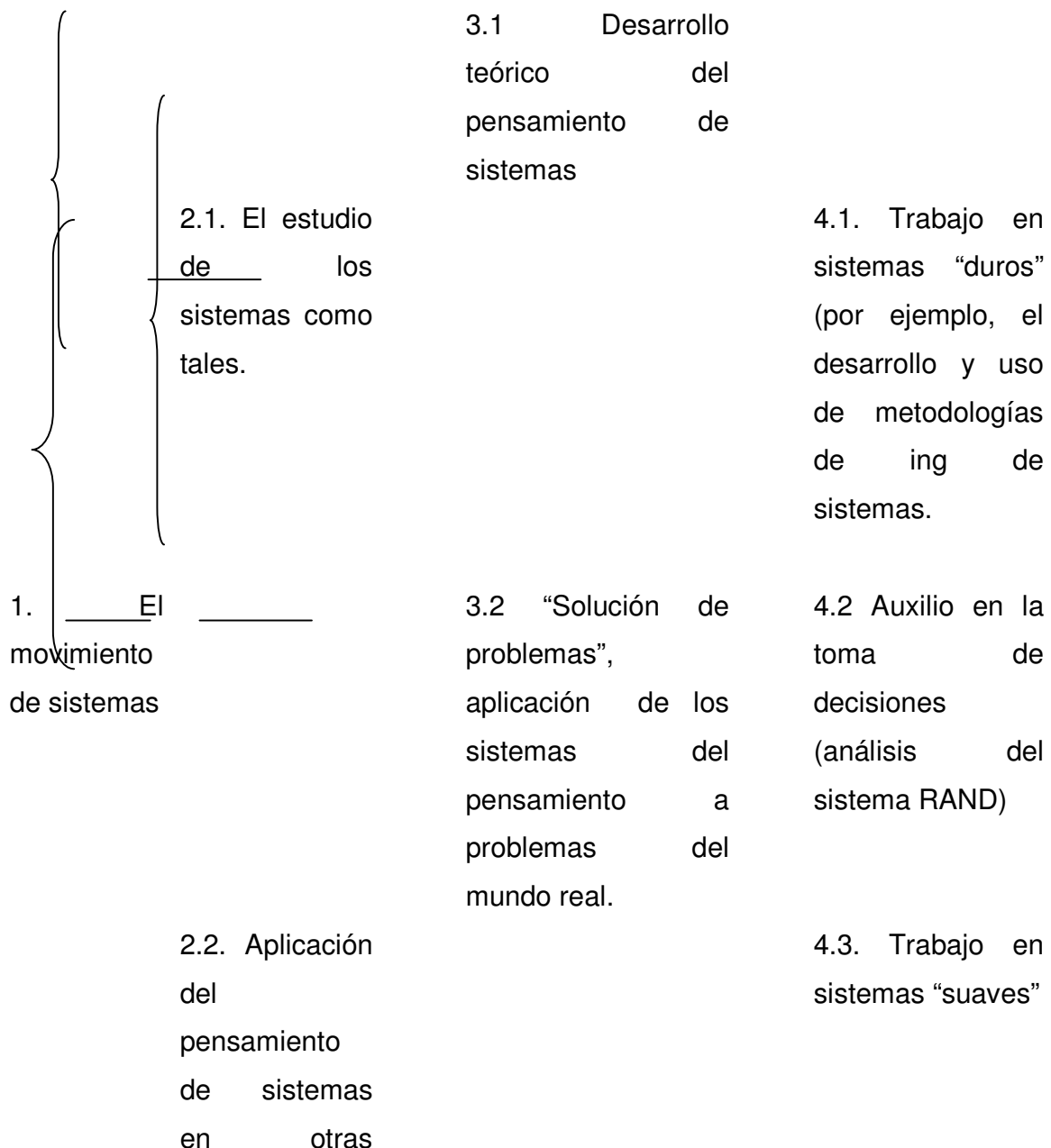
Por su parte, la Teoría General de sistemas (TGS) tiene como objetivos los siguientes: a) Investigar el isomorfismo de los conceptos, leyes y modelos en varios campos, y el ayudar en transferencias útiles de un campo a otro; b) El alentador desarrollo de modelos teóricos adecuados en áreas que carecían de ellos; c) Eliminar la duplicación de esfuerzos teóricos en diferentes campos; d) el promover la unidad de la ciencia mediante la mejoría de la comunicación entre los especialistas.

La similitud de forma matemática entre la información y la entropía negativa no establece ninguna conexión física que sea significativa entre los dos conceptos. Las analogías matemáticas nunca pueden establecer conexiones, pero la TGS tiene poco contenido más allá de dichas analogías.

Aunque la TGS en si misma no proporciona un medio para avizorar la totalidad de trabajo que se está llevando a cabo en el movimiento de sistemas, la distinción apenas hecha –entre el desarrollo del pensamiento de sistemas como tal y la aplicación de éste dentro de otras áreas o disciplinas- se puede extender para que genere un mapa razonable de toda la actividad del movimiento.

La ingeniería de sistemas duros es sólo un ejemplo del desarrollo del pensamiento

de sistemas mediante intentos en la solución de problemas. Veamos el siguiente esquema:



disciplinas

Tabla 2 Forma del pensamiento de sistemas

En este “mapa del movimiento de sistemas” se aprecia grupos de distinciones lógicas; no es incluso un grupo de distinciones que tienen que hacerse; lo que se muestra es una imagen del movimiento de sistemas que se ajusta bien a la actividad de sistemas del mundo real en curso.

### **Capítulo 3. ALGUNOS PENSAMIENTOS DE SISTEMAS**

Las ideas de sistemas proporcionan una forma de pensar acerca de cualquier tipo de problema, el pensamiento de sistemas no es en sí una disciplina; existe por ello la necesidad de un lenguaje básico de ideas de sistemas que sea metadisciplinario.

#### **3.1. Algunos pensamientos de sistemas básicos**

Cualquier todo concebido como un “sistema” es, en general, al menos potencialmente una parte de la jerarquía de tales cosas –quizá contenga “subsistemas” y él mismo sea parte de “sistemas más grandes”. El observador-descriptor será capaz de describir el comportamiento del sistema en dos formas: quizá se concentre exclusivamente en las entradas y salidas, o quizá describa la estado interno del sistema en términos de variables adecuadas.

Los conceptos de subsistema, sistema y supersistema llevan implícitamente la idea de recursividad, por cuanto los subsistemas y los supersistemas son, además, sistemas. En este sentido, las propiedades generales de los tres elementos son semejantes y fácilmente se pueden encontrar a derivar analogías y homologías.

El principio de la recursividad ya nos indica algo. Lo que es aplicable al sistema lo es para el super y el subsistema. Beer señala que en el caso de los sistemas viables, éstos están contenidos en supersistemas viables. En otras palabras, la viabilidad es un criterio para determinar si una parte es o no un subsistema y entendemos por viabilidad la capacidad de sobrevivencia y adaptación de un sistema en un medio de cambio. Evidentemente, el medio de un subsistema será

el sistema o gran parte de él.

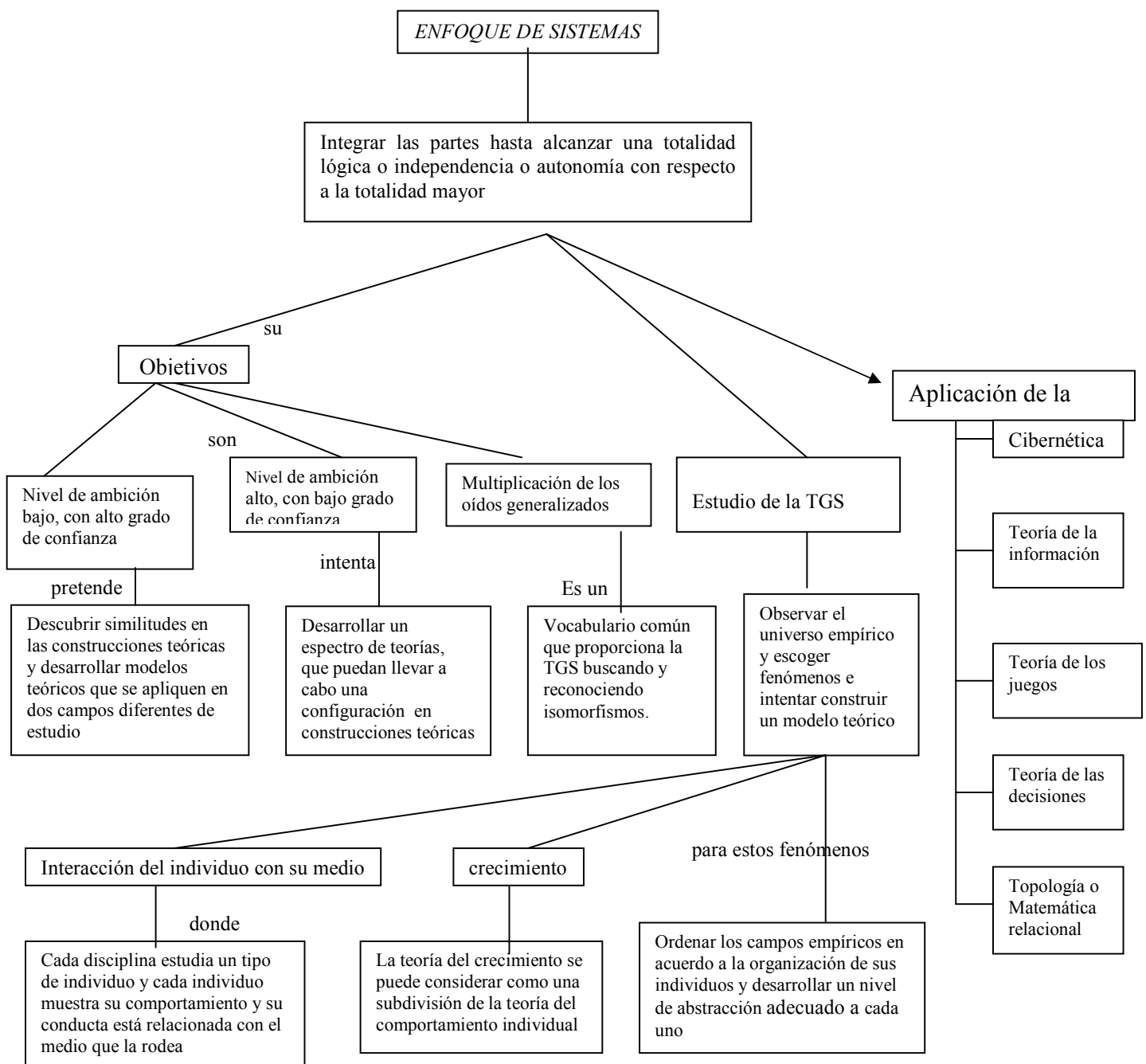
En resumen, habrá un observador que dé informe del mundo o parte de éste, en términos de sistemas; que indique su propósito al hacerlo; su definición de sistema o sistemas; el principio que los hace entidades coherentes; los medios y mecanismos por los cuales tienden a mantener su integridad; sus límites, entradas, salidas y componentes; su estructura. Finalmente, sus comportamientos quizá se describan en términos de entradas y salidas o vía descripciones de estado.

Otro criterio que se puede aplicar a este problema es el de los subsistemas funcionales definido por Katz y Kahn. Estos autores han desarrollado un modelo funcional de los sistemas dinámicos abiertos (vivos) y en ellos distingue cinco (5) funciones que debe cumplir todo sistema viable:

- 3.1.1. funciones o subsistemas de producción, cuya función es la transformación de las corrientes de entrada del sistema en el bien y/o servicio que caracteriza al sistema y su objetivo es la eficiencia técnica;
- 3.1.2. las funciones de apoyo, que buscan proveer, desde el medio al subsistema de producción, con aquellos elementos necesarios para esa transformación; luego son encargadas de la exportación del bien y/o servicio en el medio con el fin de recuperar o regenerar las corrientes de entrada;
- 3.1.3. Las funciones o subsistemas de mantención, encargadas de lograr que las partes del sistema permanezcan dentro del sistema;
- 3.1.4. los subsistemas de adaptación que buscan llevar a cabo los cambios necesarios para sobrevivir en un medio en cambio, y finalmente,
- 3.1.5. el sistema de dirección, encargado de coordinar las actividades de cada una de ellas y tomar decisiones en los momentos en que aparece necesaria una elección.

Así, en el caso de una empresa podemos distinguir fácilmente cada uno de estos

subsistemas: Producción en el taller o planta; Apoyo en las adquisiciones, ventas y Relaciones públicas; Mantención es la función de Relaciones industriales, Adaptación la encontramos en estudios de mercadeo, capacitación, investigación y desarrollo; y finalmente, la Dirección en la Alta Gerencia y, en general, toda la línea ejecutiva.



En el mapa anterior se puede observar el enfoque de sistemas tomando como eje principal la teoría general de sistemas, ya que esta se relaciona estrechamente con el pensamiento de sistemas.

### **3.2. Una Jerarquía de la complejidad de sistemas**

El informe de Kenneth Boulding en 1956, “Teoría de Sistemas: el esqueleto de las ciencias” es muy conocido y a menudo es el punto de inicio para la discusión de las ideas sobre sistemas.

Todo lo que podemos decir acerca de prácticamente todo es casi nada. Sin embargo debe haber un nivel en el cual una teoría general de sistemas pueda alcanzar un compromiso entre “el específico que no tiene significado y lo general que no tiene contenido.

Podemos definir para nuestros propósitos, la complejidad, en relación, por una parte, con las interacciones entre componentes y subsistemas del sistema, y por otra, con la variedad de cada uno de los subsistemas.

En la medida que desintegramos el sistema en subsistemas, vamos pasando de una complejidad mayor a una menor. A la inversa, en la medida que integramos subsistemas en sistemas mayores (o sistemas en supersistemas) vamos ganando una mayor comprensión en el todo y las interrelaciones de sus partes. Además, a medida que desintegramos, vamos perdiendo información del todo (o del sistema original) y nos vamos aproximando al método reduccionista, ya que, como se conoce, éste último método, el de aislar las partes (subsistemas), corresponde al



enfoque reduccionista, mientras que la integración representa el enfoque de sistemas.

Kenneth Boulding siguiendo esta idea de complejidad creciente, formuló una escala jerárquica de sistemas, partiendo desde lo más simple (en complejidad) para llegar a lo más complejo.

| <b>Nivel</b> |                                    | <b>Características</b>  | <b>Ejemplo</b>  |
|--------------|------------------------------------|---|---|
| 1            | Estructuras estáticas              | La descripción cuidadosa y precisa de estos marcos de referencia es el comienzo del conocimiento teórico en casi todos los campos.  | el modelo de los electrones dentro del átomo                |
| 2            | Sistemas dinámicos simples         | Gran parte de la estructura teórica de la física, la química y la economía caen en esta categoría.  | Máquinas simples; el sistema solar, gran reloj del universo |
| 3            | Sistemas cibernéticos o de control | El modelo homeostático es un ejemplo de mecanismo cibernético, y mecanismos de este tipo existen a través de todo el mundo empírico de los biólogos y científicos sociales. | El termostato   |
| 4            | Los sistemas abiertos              | Se hace dominante la propiedad de la mantención de la estructura, además de la propiedad de autorreproducción.  | Las células   |
| 5            | Genético social                    | División del trabajo entre las células como partes diferenciadas  | Las plantas   |

|   |                               |   |                                       |
|---|-------------------------------|---|---------------------------------------|
|   |                               | y mutuamente dependientes; diferenciación entre fenotipo y genotipo asociado con el fenómeno de equifinalidad.  |                                       |
| 6 | Animal                        | Incremento en la movilidad, en la conducta teleológica (con propósito) y de la conciencia. Desarrollo nervioso y de los receptores de información especializados                                | Los animales                          |
| 7 | El hombre                     | El hombre posee conciencia, maneja imágenes que poseen reflexión; puede elaborar imágenes de tiempo y relación.   | El hombre considerado como un sistema |
| 8 | Las estructuras sociales      | Conjunto de roles interconectados por canales de comunicación. El universo empírico es la vida humana y la sociedad con toda su complejidad y riqueza (valores, símbolos, emociones, historia). | Una empresa                           |
| 9 | Los sistemas trascendentales. | Aquí se encuentra la esencia, lo final, lo absoluto y lo inescapable.   | Lo absoluto.                          |

Tabla 3 Jerarquía intuitiva e informal de la complejidad del mundo real

### 3.3. Una tipología de sistemas

Se conoce la Tipología como la parte de la psicología dedicada al estudio de los

distintos tipos de morfología humana en relación con sus funciones vegetativas y psíquicas; pero al hablar de Tipología de sistemas, hacemos referencia a los distintos tipos de sistemas que hay en el universo y que hoy en día contribuyen a hacer más amable la vida en el planeta.

Las tipologías son sistemas de clasificación que se basan en un número pequeño de características. Algunas subrayan elementos de la morfología, los cuales se supone determinan no sólo el aspecto físico, sino también el comportamiento.

Comencemos con los sistemas físicos que aparentemente maquillan al universo. Estos van desde los sistemas subatómicos de núcleos atómicos (como los que describe la física) pasando por el marco físico de éste y otros planetas y los sistemas vivientes observados en la Tierra, hasta sistemas galácticos por el otro extremo. Todos estos son sistemas naturales, sistemas cuyos orígenes están en el origen del universo y que son resultado de las fuerzas y procesos que caracterizan a este universo. Estos sistemas no pueden ser distintos a lo que son, porque pertenecen a un universo cuyos patrones y leyes no son caprichosos.

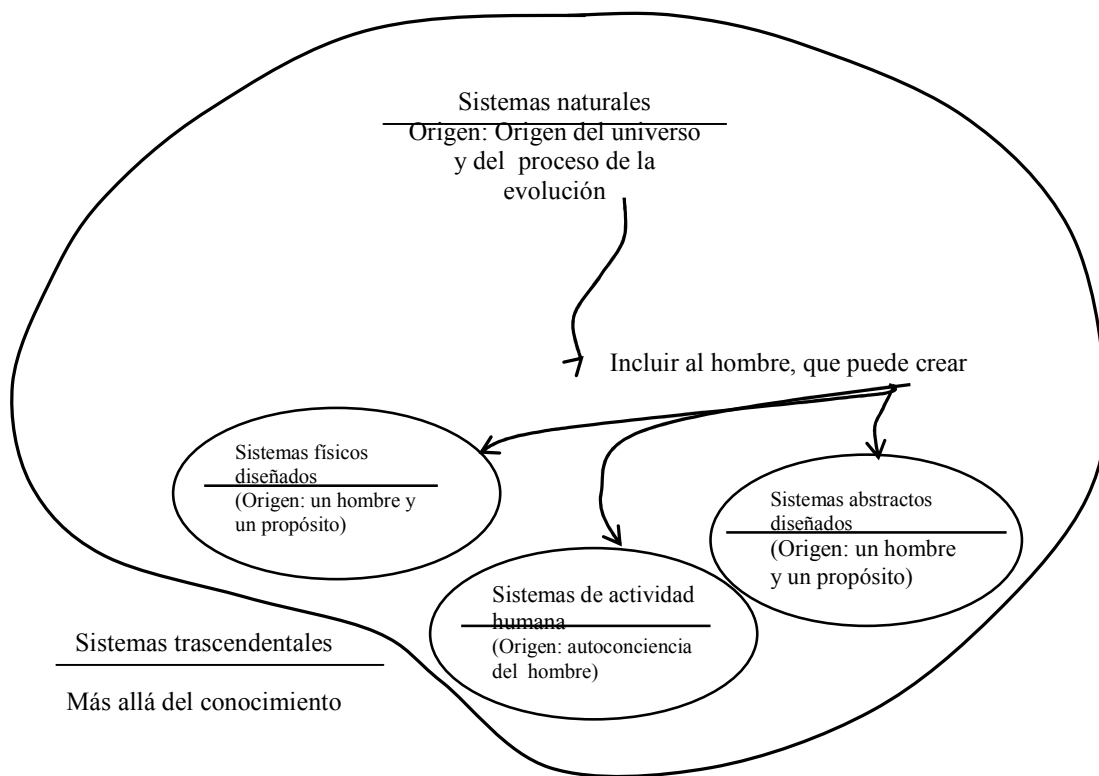
También podemos mencionar los sistemas físicos diseñados por el hombre, su clase va desde los martillos vía tranvías hasta cohetes espaciales. Son diseñados con algún propósito humano que es su origen y existen sólo para servir a ese propósito.

Pero la capacidad de diseño del hombre no se limita a crear elementos físicos, también podemos citar a los sistemas abstractos diseñados como la matemática, la poesía, la filosofía, etc., y que son una creación de la mente humana en su afán de expresar sus sentimientos, sus emociones.

Una cuarta categoría la conforma el sistema de actividad humana. Son sistemas

menos tangibles que los sistemas naturales y diseñados; sin embargo se pueden observar claramente en el mundo innumerables grupos de actividades humanas ordenadas más o menos conscientemente en todos, como resultado de algún propósito fundamental.

Más allá de los sistemas de actividad humana de diseño abstracto, diseño físico o natural, debe haber una categoría que incluya a los sistemas más allá del conocimiento; estos son llamados los sistemas trascendentes.



**Figura 3.** Cinco clases de sistemas que componen un mapa de sistemas del universo<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Peter Checkland, Pensamiento de Sistemas, Práctica de Sistemas

## UNIDAD 3

### SISTEMAS PRACTICOS

#### Capítulo 1. PENSAMIENTO DE SISTEMAS DUROS: LA CONTRIBUCIÓN DE LOS INGENIEROS

“La idea de “práctica de sistemas” implica un deseo por averiguar cómo utilizar los conceptos de sistemas para tratar de solucionar problemas”<sup>6</sup>. El solucionador de problemas tiene libertad de usar sistemas diseñados, ya sean físicos o abstractos, para alcanzar sus fines; puede apoyarse en los sistemas naturales, de los que puede aprender su dinámica y los medios que utilizan para mantener su integridad.

Cuando se piensa en sistemas duros quizá se toma como un complejo de sistemas descriptible como sistema “natural”, físicamente diseñado, “de diseño abstracto”, o “actividad humana”, podemos afirmar que cada tipo de sistema será importante de una manera diferente al supuesto solucionador de problemas. En primera, habrá mucho que aprender de los sistemas naturales. El estudio de los flujos de energía de la biosfera, por ejemplo, el ciclo de nitrógeno o los mecanismos de control por los cuales el cuerpo mantiene sus temperatura constante, nos enseñarán mucho acerca de la dinámica de sistemas y de los medios por los cuales se mantiene su integridad. En segunda, el solucionador de problemas tiene libertad de usar sistemas diseñados, ya sean físicos o abstractos, para alcanzar sus fines. Y en tercera, podríamos anticipar ya que los seres humanos tienen propósitos o buscan fines determinados, que podríamos buscar el ingeniar los sistemas de actividad humana, utilizando la palabra “ingeniería” en su

---

<sup>6</sup> Peter Checkland, Pensamiento de Sistemas, Práctica de Sistemas

sentido más amplio.

### **1.1. La ciencia en comparación con la ingeniería y la tecnología**

La intención detrás de la actividad de la ciencia es el establecer conocimiento bien fundamentado acerca del mundo y de nuestro lugar en él. Su método, la ejecución de experimentos repetibles, reduccionistas, cuyo objetivo es verificar la hipótesis hasta la destrucción, ha sido muy exitoso, y mucho conocimiento de un tipo especial – conocimiento público- se ha establecido mediante el uso de éste. En nuestra civilización la aplicación del conocimiento científico mediante la tecnología ha dominado de tal forma el mundo hecho por el hombre que quizá olvidemos las diferencias cruciales entre la ciencia y la tecnología y entre los objetivos y los métodos de los científicos profesionales e ingenieros o tecnólogos.

Cualquier actividad humana que tiene un propósito o fin determinado implica un cometido con un rango particular de valores. La ciencia implica la creencia de que el valor más alto se asigna al avance del conocimiento. La ingeniería y la tecnología, por otra parte premian con mayor mérito el logro eficiente de algún propósito definido. Donde los científicos preguntan: ¿hemos aprendido algo?, el ingeniero y el tecnólogo se preguntan : ¿funciona esto?.

En nuestra civilización, la incorporación de la ciencia en la solución de problemas ha producido una fuerza cultural muy poderosa donde es muy importante distinguir entre el desarrollo de habilidades y la aplicación de la tecnología en conjunto con la ciencia. En otras palabras, la ciencia se ocupa de lo que es, la tecnología de lo que va a ser. Según Jarvie, “las aseveraciones científicas se plantean para solucionar problemas científicos; las aseveraciones tecnológicas permiten que ciertos dispositivos no sean imposibles”.

No es sorprendente que la ingeniería, como actividad profesional, atraiga a gente orientada a la acción, que valora el logro práctico por encima de todo. Para Sporn, “el ingeniero es la figura clave en el progreso material del mundo. Es su ingeniería lo que hace que los valores potenciales de la ciencia se vuelvan una realidad, al traducir el conocimiento científico en herramientas, recursos, energía y labor para ponerlas al servicio del hombre... el ingeniero necesita su imaginación para visualizar las necesidades de una sociedad y para apreciar lo que es posible, así como el entendimiento social duro y tecnológico, para hacer que su visión se vuelva una realidad”.

La ingeniería de sistemas puede verse como la tarea total de concebir, diseñar, evaluar e implementar un sistema para que satisfaga alguna necesidad definida (la ejecución, en otras palabras de un proyecto de ingeniería) es la que persiste a lo largo de los informes de esta actividad.

## **1.2. Análisis de sistemas**

En la década de 1950, simultáneamente al desarrollo de la ingeniería de sistemas, emergió la vertiente de pensamiento metodológico conocido como “análisis de sistemas”, un desarrollo asociado especialmente con la corporación RAND; una corporación no lucrativa que se dedica a la consultoría sobre negocios.

Realmente, ¡hay gran controversia por describir al análisis de sistemas como menos refinado que la Investigación de Operaciones (OR)!, pero podemos estar de acuerdo que “fue menos cualitativa en método y más orientada hacia el análisis de cuestiones amplias de estrategia y política”.

En un reporte de la empresa RAND, se proporciona un informe que tiene muchas similitudes con la metodología de la ingeniería de sistemas (y la OR), y que estaba emergiendo al mismo tiempo. Los elementos esenciales se describen así:

- 1.2.1 Un objetivo u objetivos que deseamos alcanzar.
- 1.2.2. Técnicas alternativas o conductos (o “sistemas”) mediante los cuales se puede alcanzar el objetivo.
- 1.2.3. Los “costos” o recursos que requiere el sistema.
- 1.2.4. Un modelo o modelos matemáticos: por ejemplo, el marco matemático o lógico o grupo de ecuaciones que muestra la interdependencia entre los objetivos, las técnicas y los conductos, el medio y los recursos.
- 1.2.5. Un criterio que relaciona los objetivos y los costos o recursos para elegir la alternativa óptima o preferida.

Estos son los elementos en el enfoque: El hacer uso de ellos, está “saturado con intuición y juicio”; el análisis de sistemas es un “marco que permite el juicio de los expertos en numerosos subcampos a combinarse”. Es claro que la palabra “sistema” en el análisis de sistemas tiene dos connotaciones. Se utiliza en el mismo sentido que en la frase “ingeniería de sistemas”, y esto deriva del hecho de que a partir de la década de 1940 los requerimientos de la defensa se expresaron generalmente en términos de un complejo total de equipo, personal y procedimientos, y no sólo simplemente como un requerimiento para una pieza específica de equipo. Y la palabra también se emplea para indicar que el análisis trata de ser global, de tomar en cuenta muchos de los factores (financieros, técnicos, políticos, estratégicos) que afectarán la decisión sobre un problema importante.

En general, puede concluirse que el análisis de sistemas es el estudio organizado paso a paso de los procedimientos de traslado para la colección, manipulación y



evaluación de datos acerca de una organización, con el propósito no sólo de determinar lo que se debe hacer, sino también de averiguar la mejor manera para mejorar el funcionamiento del sistema.

### 1.3. La ingeniería de sistemas

La ingeniería esta orientada a la acción, que valora el logro práctico por encima de todo. Un resultado de esto se observa en que los ingenieros (y tecnólogos) están impacientes por teorizar; después de que un buen diseño se ha llevado a cabo con éxito en la práctica, ellos casi no se inclinan a analizar la manera en que lograron hacer esto. Como resultado, la literatura sobre la metodología de la ingeniería no es extensiva, a pesar del hecho de que la especulación pública sobre el rol de los ingenieros generalmente se encarna en visiones más que magnas: así Sport, 1964, escribe:

El ingeniero es la figura clave en el progreso material del mundo. Es su ingeniería lo que hace que los valores potenciales de la ciencia se vuelvan una realidad, al traducir el conocimiento científico en herramientas, recursos, energía y labor para ponerlas al servicio del hombre... el ingeniero necesita apreciar lo que es posible, así como el entendimiento social duro y tecnológico, para hacer que su visión se vuelva realidad.

Existe una parte de la ingeniería en la cual las prescripciones metodológicas son comunes. Esta es el área de la materia que se ocupa de la ingeniería, no de los componentes sino de la sistemas (tanto físicos como organizacionales) que involucran las interacciones mutuas de muchos componentes : la ingeniería de la red telefónica por ejemplo, más que el instrumento telefónico o el equipo de interruptores en un intercambio.

Para Goode y Machol la computadora es la herramienta básica del diseño interior de sistemas, y su enfoque global abarca: decidir qué sistema se tiene que diseñar y sugerir algunos diseños posibles; evaluación matemática y experimental de diseños potenciales de acuerdo a alguna “medida de efectividad” definida; diseño principal, una fase que “quizá dure de uno a 10 años”; construcción de un prototipo; y verificación, entretenimiento y evaluación, el propósito de ésta última es “decidir si el diseño cumple sus objetivos”. En el caso de sistemas de escalas grandes, diseñados y construidos a lo largo de un determinado número de años, la evaluación en el campo realmente no es posible, y en cualquier caso el problema mismo quizá se haya alterado. Así “la evaluación al final del proceso de diseño de sistema traslapa la evaluación al comienzo del proceso de diseño de sistema”.

Esta imagen de la ingeniería de sistemas, vista como la tarea total de concebir, diseñar, evaluar e implementar un sistema para que satisfaga alguna necesidad definida (la ejecución, en otras palabras de un proyecto de ingeniería) es la que persiste a lo largo de los informes de esta actividad; y, a partir de la década de 1950 en adelante, muchos ingenieros y administradores de proyectos en organizaciones grandes estuvieron formulando conscientemente los procedimientos necesarios para hacer que tales proyectos tuvieran éxito, incluida la secuenciación necesaria de actividades, así como los enfoques al problema de la coordinación de esfuerzos de numerosos especialistas.

Hall ve a la ingeniería de sistemas como parte de la “tecnología creativa organizada” en la cual el nuevo conocimiento de investigación se traduce en aplicaciones que satisfagan necesidades humanas mediante una secuencia de planes, proyectos y “programas enteros de proyectos”. El continúa:

“Así, la ingeniería de sistemas opera en el espacio entre la investigación y los negocios, y asume la actitud de ambas partes. En aquellos proyectos que la ingeniería de sistemas considera que vale la pena desarrollar, formula los objetivos operacionales, de desempeño, económicos y el plan amplio a seguirse”.

Hall sugiere una secuencia de pasos en el proceso de ingeniería de sistemas, éstos son:

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Definición de problemas   | Esencialmente la definición de necesidades  |
| ↓                         |   |
| Elección de los objetivos | Una definición de necesidades físicas y del sistema de valor dentro del cual ellos se deben confrontar  |
| ↓                         |   |
| Síntesis de sistemas      | Creación de sistemas alternativos posibles  |
| ↓                         |   |
| Análisis de sistemas      | Análisis de los sistemas hipotéticos bajo la luz de los objetivos   |
| ↓                         |   |
| Selección de sistemas     | Selección de la alternativa más promisoría  |
| ↓                         |   |
| Desarrollo de sistemas    | Abarca hasta el estadio de prototipo  |
| ↓                         |   |
| Ingeniería en curso       | Realización del sistema más allá del estadio de prototipo y que incluye el monitoreo, la modificación y la retroalimentación de información al diseño |

Tabla 4. Secuencia de pasos en el proceso de ingeniería de sistemas

Además enfatiza que el proceso de ingeniería de sistemas es en sí un sistema que se tiene que “ingeniar”... el problema global de la ingeniería de sistemas se compone de dos partes: una es la ingeniería de sistemas asociada con la manera en que el sistema operativo en sí funciona, y la otra es el proceso sistemático para desarrollar la ingeniería y el trabajo asociado para generar el sistema operativo.

#### 1.4. Naturaleza de la ingeniería de sistemas y el análisis de sistemas

La Ingeniería de sistemas abarca el grupo de actividades que juntas conducen a la creación de una entidad compleja hecha por el hombre y(o) los procedimientos y flujos de información asociados con su operación. El análisis de sistemas es la evaluación sistemática de los costos y otras implicaciones al satisfacer un requerimiento definido en distintas formas. Ambos son “estrategias de investigación” más que métodos o técnicas y ambos requieren “arte” del practicante cuando éste haga uso de los métodos científicos siempre que sea posible.

Es obvio que los dos se traslapan: la ingeniería de sistemas es la totalidad de un proyecto de ingeniería en el sentido más amplio del término; el análisis de sistemas es un tipo de evaluación importante para ambas, la toma de decisiones que debe preceder al establecimiento de cualquier proyecto de ingeniería y para los estadios tempranos de dicho proyecto al ejecutarse. Las dos son sistemáticas en el sentido de que ellas se desarrollan mediante pasos razonables y bien ordenados.

En la Ingeniería de sistemas se define “la necesidad” o el objetivo a alcanzarse, en el análisis de sistemas se proporciona una forma ordenada para seleccionar el mejor de entre los sistemas alternativos que podrían satisfacer esa necesidad. La creencia de que los problemas del mundo real se pueden formular de esta forma es la característica distintiva de todo el pensamiento de sistemas “duros”.

El ingeniero de diseño ejercita su profesionalismo en una situación en la cual lo *que* se requiere se ha definido y él debe examinar *cómo* se puede proporcionar esto. Su habilidad y su actitud se enfocan al proporcionamiento de respuestas posibles ingeniosas a la pregunta “Cómo?”. El mejor ingeniero de diseño es aquel

hombre que genera las alternativas más ingeniosas, más baratas y más eficientes.

La última identidad del pensamiento de sistemas “duros” con la ingeniería y con la economía se observa en el debate intermitente que transcurre acerca de si la “ingeniería de sistemas” no es simplemente “buena ingeniería”. Gibson, por ejemplo, ve a la ingeniería de sistemas como una “rama del arte [de la ingeniería] con problemas, métodos y objetivos peculiares para sí”.

### **1.5. Aplicación del pensamiento de sistemas “duros” a problemas “suaves**

La ingeniería de sistemas y el análisis de sistemas han tenido éxito sin duda al introducir la racionalidad sistemática en un área importante del entendimiento humano referente a la toma de decisiones, ya que en éste el problema consiste en seleccionar de entre un número de alternativas el medio eficiente para conseguir un fin que sabemos deseamos alcanzar.

El pensamiento de sistemas duros requiere al iniciarse, de una clara definición de los objetivos de dichos sistemas. Pero en los sistemas de este tipo es muy difícil de obtener una definición que sea útil operacionalmente.

Se puede formular la posición con respecto a la aplicación de este pensamiento de sistemas “duros” a problemas “suaves” en algo como esto:

- 1.5.1. El pensamiento tradicional de los ingenieros encara que la actividad comienza con la aceptación del ingeniero a una especificación de lo que se requiere que él cree.
- 1.5.2. Dada la definición de una necesidad se da inicio al análisis sistemático de la economía y de otros costos y beneficios de los métodos alternativos en que se puede satisfacer el requerimiento.

- 1.5.3. Según Quade los estadios del análisis de sistemas no se pueden separar rigurosamente y no conducen paso a paso a la solución “óptima”, especialmente en aplicaciones a la política pública.
- 1.5.4. La selección de un medio para alcanzar un objetivo definido constituye solamente una pequeña parte de la toma de decisiones administrativas. El análisis de sistemas es menos aplicable cuando los métodos de análisis se llevan a cabo en un rango más grande de problemas de administración.
- 1.5.5. El rol del analista de sistemas es proporcionar una pequeña base cuantitativa para la decisión administrativa sin “gradualmente, consciente o inconscientemente, invadir la función del otro”.

Los cinco puntos anteriores formulan racionalmente un problema que ha sido materia de discusión: la escuela de pensamiento anti-tecnología. Mientras los ingenieros de sistemas, los analistas de sistemas y, por ello, los investigadores operacionales, se han dado cuenta de las limitaciones de su tipo de raciocinio sistemático en los problemas del mundo real, ha habido cierto alboroto en contra de la noción completa de tecnología, centrado en la idea de los imperativos del pensamiento científico, encarnados en la tecnología de los países desarrollados, sirven para disminuir el número de seres humanos y para subordinar nuestras personalidades a la tecnología.

La “antitecnología” se traslapa con muchas otras áreas y asuntos del debate, incluyendo el movimiento de conservación del medio ambiente y el desarrollo de la “contracultura”; debe citarse aquí el texto “La sociedad tecnológica” de Ellul, a la que Roszak describe como la “mejor formulación teórica” sobre la tecnocracia.

Ellul quiere explicar que la regla siempre en expansión e irreversible de la técnica se ha extendido a todos los dominios de la vida. Es una civilización comprometida

con la búsqueda de medios mejorados que satisfagan fines descuidadamente examinados... la técnica transforma a los medios en fines.

### **1.6. La base de la acción de investigación en la metodología de sistemas “suaves”**

La acción de investigación en la metodología de sistemas “suaves” empieza con la selección del sistema, cuya ingeniería resolverá el problema y cuya existencia inicia la actividad. La idea núcleo en esta metodología es que los negocios y las industrias son sistemas. En este sentido Optner proporciona cuatro razones para utilizar el concepto de sistemas:

- a. Muchos problemas al parecer vuelven a surgir cuando se les considera como problemas de sistemas; por ello las soluciones se podrían transferir.
- b. La visión de los sistemas permite que la solución a problemas se concentre en el proceso por el cual las cosas se hacen, y no tanto en los “resultados finales”.
- c. Los “sistemas quizá proporcionen el objetivo estándar mediante el cual los problemas se pueden organizar para solucionarse... A partir de los objetivos estándares quizá seamos capaces de obtener discernimiento aún más grande para generalizar sobre los fenómenos de negocios”.
- d. Aunque la investigación de operaciones (OR) ha hecho importantes contribuciones matemáticas a la solución cualitativa de problemas, muchos problemas de negocios están “mezclados”, es decir, ellos tienen atributos cualitativos como cuantitativos.

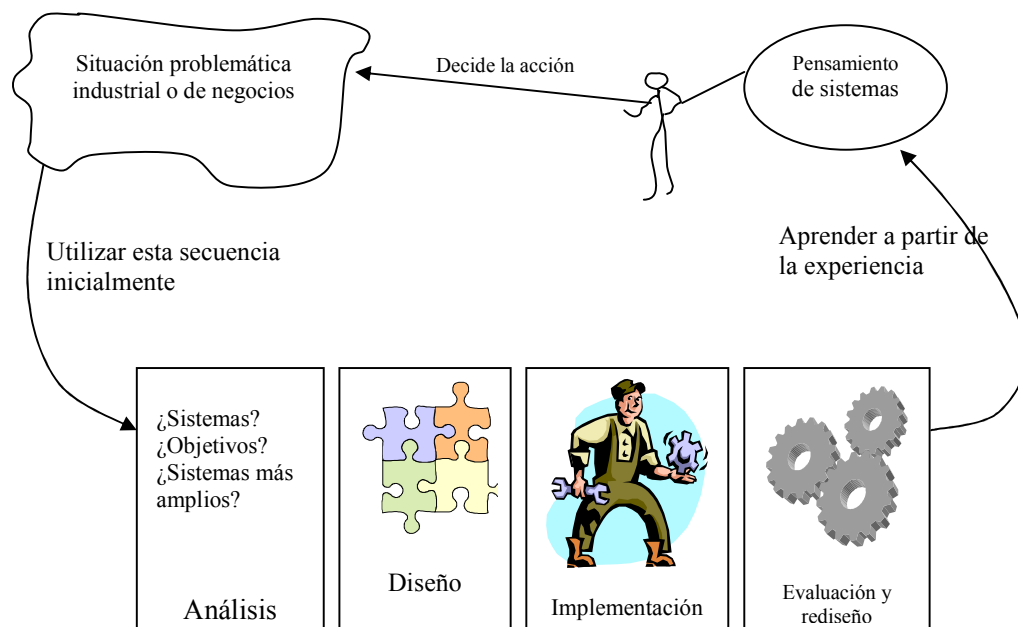
En conclusión, la metodología de solución a problemas para la industria y los negocios, debe:

1. Prescribir un sistema que organice funcionalmente un proceso general

de solución de problemas.

2. Estipular parámetros que proporcionen el formato necesario para la solución de problemas.
3. Describir modelos de sistemas y capacidades que proporcionen los medios para la interacción de salidas alternativas en el proceso de solución de problemas. (Optner, 1965).

El pensamiento incorporado en “pensamiento de sistemas” y “análisis de sistemas”, es esencialmente el mismo. Los análisis de muchas descripciones diferentes de estas actividades muestran que todos ellos asumen que los problemas se pueden formular como la toma de una elección, entre medios alternativos, con objeto de alcanzar un fin conocido (ver figura). La creencia de que los problemas del mundo real se pueden formular de esta manera es la característica distintiva de todo el pensamiento de sistemas “duros”,



**Figura 4 .** El ciclo metodológico en el inicio de la acción de investigación



### **1.7. Los sistemas de información y el pensamiento de sistemas: ¿es hora de unirlos?**

#### **Los sistemas de información ¿un enfoque mediante el pensamiento de sistemas?**

Se asume que los sistemas que existen en el mundo, y se asume aún más que puede ser una evaluación sistemática de las alternativas, seguida de la elección de aquella que mejor logrará los objetivos explícitos.

Esta es la versión de un enfoque de sistemas que fundamenta y da forma a la ingeniería de sistemas, a la investigación de operaciones clásica y a los análisis de sistemas. Todas asumen que lo que “el sistema” es no resulta problemático, que los objetivos del sistema se pueden definir, y que los medios alternativos para lograrlos se pueden modelar y comparar utilizando algunos criterios declarados, que permitan que se haga la selección adecuada de la forma más deseable del sistema. Esto entonces se puede implementar y monitorear. Esto es pensamiento de sistemas “duros”, un esquema medio fin que asume que los problemas se pueden percibir como la búsqueda de un medio eficiente para lograr objetivos declarados o satisfacer necesidades declaradas.

La erudición convencional aquí toma como “dato” el concepto de “ciclo de vida del proyecto”, donde el proyecto consiste en analizar los requerimientos de información de alguna organización, departamento o sección, en diseñar, construir e implementar un sistema computacional para proporcionar dichos requerimientos, y en monitorear la operación de éste.

Un proyecto de ingeniería comienza con las expectativas que no se están satisfaciendo en ese momento. Una expectativa involucra una necesidad

percibida y un medio percibido que puedan satisfacer dicha necesidad... Una necesidad que busca un medio se denomina problema.

### **1.8. El pensamiento de sistemas suaves.**

La idea de sistema más fundamental establece que la entidad vista como un todo posee las llamadas “propiedades emergentes”, propiedades que son propiedades del todo posee las llamadas “propiedades emergentes”, propiedades que son propiedades del todo y son significativas únicamente en el nivel del todo. (las propiedades vehiculares de una bicicleta son propiedades emergentes de una entidad todo particular estructurada de cierta manera: El sistema de frenos podría ser un subtodo dentro de ésta, y que también posee sus propias propiedades emergentes). Las cuatro ideas de sistema más fundamentales son así emergencia, jerarquía, comunicación y control: son las ideas para describir la metáfora de sistema núcleo.

La estrategia de investigación consistió en tomar a la ingeniería de sistemas (el paradigma de sistemas “duros”) como dada y en tratar de usarla en situaciones problemas “suaves” inadecuadas. La ingeniería de sistemas fracasó en tales circunstancias y tuvo que reconstruirse. El resultado de una década de investigación fue la “Metodología de Sistemas Suaves” (SSM). La jugada crucial en la investigación consistió en agregar a las nociones de sistemas “naturales” y “diseñados” la idea de que un grupo de actividades tan enlazadas como para formar un todo intencionado se podía en sí considerar como un tipo de sistema, un “sistema de actividad humana”

En un estadio temprano se observó que los modelos de actividad se podían transformar en modelos de flujo de información al preguntarse acerca de cada actividad en un modelo de sistemas intencionado: ¿qué información se requiere en

principio para hacer esta actividad, en qué forma, con qué frecuencia, y de qué fuente? Y:¿qué información se genera al hacer la actividad? Así el debate en SSM se podía centrar en la información así como en (o en vez de) la actividad.

### **1.9. Las implicaciones del nuevo pensamiento de sistemas en el aprovisionamiento de sistemas de información en organizaciones.**

Al parecer, en el futuro, la administración de proyectos computarizada mediante un “ciclo de vida del proyecto” se volverá gradualmente el caso especial y ocasional en el cual algunos procedimientos administrativos no contenciosos y relativamente mecánicos se computaricen. Ahí donde las percepciones y los significados, y por ello las tareas, son más problemáticos, el enfoque “proyecto” se necesita complementar con un proceso para el continuo repensamiento de procesos y tareas organizacionales, junto con el repensamiento de los flujos de información habilitadores. Cuando una organización continuamente aprende y se reconstruye a su mundo, ella se verá en la necesidad de tener disponible un proceso por el cual se pueda repensar y volver a proporcionar la naturaleza y el contexto de los flujos de información requeridos. Este será un proceso social y político, así como técnico, y, como anota Keen, los investigadores en los sistemas de información gradualmente necesitarán una perspectiva social y política.

Un “proceso” en vez de un enfoque “proyecto” para la creación de sistemas de información de hecho se puede observar en desarrollos recientes, por ejemplo en el prototipo y en el enfoque “centro de recursos de información” para colocar a la computación en las manos del usuario final. En el primer enfoque una versión en borrador y rápidamente ensamblada del sistema requerido puede hacer posible que los diseñadores y usuarios aprendan el método que los lleve a un arreglo adecuado. En el enfoque último observamos un intento por superar las deficiencias percibidas en el proceso tradicional del desarrollo de sistemas. Este

es un enfoque regido, en parte, por los cambios en tecnología, en el cual el usuario interactúa con el recurso de información corporativo. Con la ayuda del software de herramientas de soporte (y de un profesional ocasional) el usuario crea su propio sistema de información.

La SSM ofrece un proceso a través del cual una organización puede continuamente reflexionar acerca de sus aspiraciones y tareas y así revisar de manera frecuente su estrategia de información.

Supongamos por ejemplo que una organización desea, dentro de una estrategia de información, emplear el enfoque de “centro de recursos de información”. En el lenguaje de la SSM un “sistema de actividad humana” intencionada y pertinente sería “un sistema para establecer, desarrollar y mantener un recurso de información que haga posible que los usuarios desarrollen sistemas de información adecuados a sus necesidades”. Otro podría ser “un sistema para evaluar la experiencia de trabajo de los usuarios con el centro de recursos de información”. Al utilizar los métodos de la SSM, se pudieron modelar tales sistemas de actividad y se pudo usar a los modelos en un modo de diseño para asegurar que los procesos se institucionalizaran; procesos mediante los cuales la organización continuaría aprendiendo de su flujo de experiencia. Tanto el prototipo como el enfoque de centro de información implican la necesidad de tal aprendizaje integrado, si lo que se quiere es no tener que hacer frente a los mismos problemas una y otra vez aisladamente.

En resumen se ha argumentado que el campo de los sistemas de información se ha negado sorpresivamente a considerar al pensamiento de sistemas como apuntador tanto de sus intereses teóricos como prácticos. Pragmáticamente, y de manera inconsciente, el campo adoptó el pensamiento de sistemas (sistémico). Desde entonces el medio de sistemas de información, la tecnología del

procesamiento de información y el pensamiento de sistemas, todos, han cambiado. El nuevo pensamiento de sistemas (sistémico) de las décadas de 1970 y 1980 es complementario de aquél de las décadas anteriores. La orientación del proceso del nuevo pensamiento de sistemas ofrece ayuda en algunos de los problemas cruciales que se dan en el aprovisionamiento de información en organizaciones.

## Capítulo 2. EL DESARROLLO DE PENSAMIENTO DE SISTEMAS SUAVES

El análisis de sistemas emergió dentro de la disciplina y profesión ingenieril y desde la década de 1960, debido a la importancia conferida a las computadoras y a la tecnología por la “carrera espacial”, tiene notable éxito dentro del aprovisionamiento de software complejo habiendo sido aplicado a sistemas sociales y a problemas civiles.

Sin embargo, no se han producido los resultados esperados, dada la notable diferencia entre el problema de satisfacer una necesidad de hardware precisa (que se describe en especificación detallada) y el problema de definir, ya no de pensar en satisfacer, una necesidad social.

El pensamiento de sistemas “duros” está dirigido a una meta propuesta, en el sentido de que un estudio en particular comienza con la definición de la meta deseada; al aplicarse a problemas “suaves” en sistemas sociales (sistemas de actividad humana) donde las metas a menudo son oscuras, se buscó dar respuesta a tres preguntas:

- a. ¿cuáles son las características especiales de este tipo de sistemas?
- b. ¿se pueden mejorar, modificar o diseñar tales sistemas?

c. De ser así, ¿cómo?

y trató de hacerlo al trabajar dentro de manifestaciones del mundo real de los sistemas de actividad humana en los cuales se percibió que algo era un “problema”. Al tratar de resolver el problema se podría, se esperaba, revelar aspectos cruciales de los grupos de actividades humanas interactivas que se consideran como sistemas.

Un resultado principal del trabajo es el método para utilizar las ideas de sistemas en la solución de problemas, que es muy diferente de la metodología dirigida a una meta. Éste emerge de las experiencias de investigación consideradas como medios basados en sistemas para estructurar un debate, y no de una receta para conseguir un logro eficiente garantizado.

## **2.1. El contexto de la investigación y el método: la acción de investigación**

El concepto de acción de investigación surge en las ciencias del comportamiento y obviamente se aplica en la examinación de los sistemas de actividad humana llevados a cabo durante el proceso en que se intenta resolver problemas. Su núcleo es la idea de que el investigador no sigue siendo un observador ajeno a la materia de investigación, sino que se transforma en un participante dentro del grupo humano pertinente. El investigador se vuelve un participante en la acción, y el proceso de cambio en sí se vuelve el objeto de estudio de la investigación. En la acción de investigación. Los roles “investigador” y “objeto de investigación” obviamente no son fijos:

Los roles del objeto de estudio y del practicante ocasiones se intercambian: los objetos de estudio se vuelven investigadores... y los investigadores se convierten

en hombres de acción.

Un tipo de investigación social aplicada que difiere de otras variedades en la inmediación de la involucración del investigador en el proceso de acción y en la intención de los partidos, aunque con roles diferentes, para involucrarse en un proceso del cambio de sistema en sí. Su objeto es contribuir tanto a los asuntos prácticos de la gente en una situación problemática inmediata, con a las metas de la ciencia social al unir colaboración dentro de un marco ético mutuamente aceptable .

En estos términos, estas definiciones sí se ajustan a los estudios de sistemas llevados a acabo en la investigación a describirse. La intención, aunque no siempre se llevó a cabo, fue siempre el estar involucrado en “un proceso de cambio en el sistema mismo” como medio para la acción práctica que pretende resolver un problema y para la experiencia pertinente al objetivo más amplio de investigación que desea desarrollar conceptos de sistemas.

El problema con la acción de investigación surge del hecho de que ésta no se puede planear por completo ni dirigir a senderos particulares. La naturaleza esencial de ella se revela al hacerse la pregunta: “¿A qué se parecería la acción de investigación en la física?”. Esto es, por supuesto, imposible. Usted no puede hacer acción de investigación sobre el magnetismo debido a que el investigador no tiene otra alternativa sino aceptar el rol de observador imparcial de un fenómeno que él debe considerar que sigue inalterablemente en patrón fijo y que él puede descubrir. Pero, cuando los fenómenos a estudiarse son interacciones sociales, el investigador encontrará casi imposible el permanecer fuera de ellos. Si él acepta de buena voluntad que no puede permanecer aislado –que es lo que él hace durante la intervención en sistemas, con propósito que es la acción de investigación- entonces él quizá exprese sus objetivos de investigación como si se

tratara de esperanzas, pero ciertamente él no puede diseñarlos dentro de sus “experimentos”. Él tiene que estar preparado para reaccionar ante cualquier cosa que suceda en la situación de investigación; él tiene que seguir a la situación a donde sea que lo conduzca o detener la investigación.

## **2.2. El problema de los “problemas “ y la “solución de problemas”**

La experiencia en el inicio de la investigación rápidamente mostró que no era posible tomar como ya establecidos el concepto de “un problema” y la actividad involucrada al tratar de resolverlo. Aparentemente, en el inicio, toda la investigación necesaria para llevarse a cabo era percibida como un problema, que estaba en o se relacionaba con los sistemas de actividad humana y con un deseo por parte del cliente o patrocinador por ver ese problema resuelto. Las respuestas a esta idea pronto mostraron que se debía adoptar una visión más sutil de esta posición inicial: ¿Qué es “un problema”? en sí se volvió una parte de la investigación.

Dos repuestas contrarias pero típicas se observaron rápidamente. Algunos clientes potenciales de firmas industriales adoptaron la visión: “Nosotros no tenemos problemas; las cosas operan sin tropiezos; durante un período de tiempo nos hemos organizado en una manera que funciona, así que no tenemos problemas de esos”. Esta actitud asume una definición más que drástica del “problema”, visto como un giro de los sucesos discernible y de alguna manera cataclísmico. En esta definición, un administrador a cargo de una planta de llenado de botellas de leche “tiene un problema” si él observa que el piso está cubierto de pedazos de vidrio y cubierto de leche; una comunidad que esta en la trayectoria de un huracán en avanzada “tiene un problema” en el mismo sentido. Claramente la investigación asumió una definición más amplia y menos dramática



de lo que constituye un problema. Pero la respuesta contraria, una vez más no inusual, mostró que había dificultades en la otra dirección también. Esta respuesta fue la que afirmaba: “pensamos que tenemos problemas, pero no estamos seguros de cuáles son; si pudiéramos decir lo que son ¡nosotros mismos podríamos resolverlos!”.

La experiencia en el inicio de la investigación rápidamente mostró que no era posible tomar como ya establecido el concepto de “un problema” y la actividad involucrada al tratar de resolverlo. Estas dificultades enfocaron la atención en la necesidad de identificar problemas de dos tipos: *-problemas estructurados* que se pueden formular explícitamente en un lenguaje que implique que está disponible una teoría referente a sus soluciones y *problemas no estructurados* que están manifiestos en un sentimiento de inquietud pero no se pueden formular explícitamente sin este intento aparente por simplificar la situación. Fue claro que los problemas estructurados son de lo que se ocupa el pensamiento de sistemas “duros” y la mayoría de la investigación de operaciones.

Se hizo manifiesto que la investigación presente debía interesarse no en problemas como esos, sino en *situaciones problemáticas* en las cuales se adivina que hay problemas no estructurados, aquellos en los cuales la designación de objetivos es en sí problemática.

Durante el periodo 1969-1971, nuevos estudios de sistemas en situaciones problemáticas que no estaban estructuradas en el sentido descrito, permitieron la creación de una metodología básica para el uso de ideas de sistemas en dichas situaciones a desarrollarse. Estos estudios eligieron observar la compañía como un todo en una manera particular que pareciera pertinente a los problemas multivarios, y resolver las consecuencias sistemáticas lógicas de dicha observación.

Una vez el problema de sistemas era la elección del “sistema” ya era en sí parte del problema. El pensamiento de sistemas “duros” asume que los “sistemas” (junto con los subsistemas y los sistemas más amplios de los cuales él es en sí una parte) no son problemáticos; ellos son “obvios”, se pueden considerar como dados, y el problema entonces reside en definir sus objetivos y eliminar maneras para alcanzarlos. La definición del problema otra vez dependía de la visión particular adoptada y otra vez parecía necesario *hacer ese punto de vista explícito* y solucionar las consecuencias sistemáticas de adoptarla.

Lo que pareció útil fue resolver las consecuencias de la selección mediante la construcción de un modelo conceptual de sistema de actividad humana que la selección implicaba: un sistema de procesamiento y generación de órdenes o de tareas específicas, según el caso.

## **2.3. La metodología de sistemas para enfrentar problemas no estructurados**

### **2.3.1. La metodología en general**

Con “metodología” no se quiere decir “método”. La palabra deriva del griego para significar el sendero de una persona que perseguía a otra; Kotarbinski distingue tres concepciones comunes de la metodología: *praxiológica* o la ciencia de las formas de los procedimientos expertos, *lógica* o el estudio los métodos para usar la mente de uno mismo, y *epistemológica* o el estudio de las ciencias vistas como productos y procesos históricos.

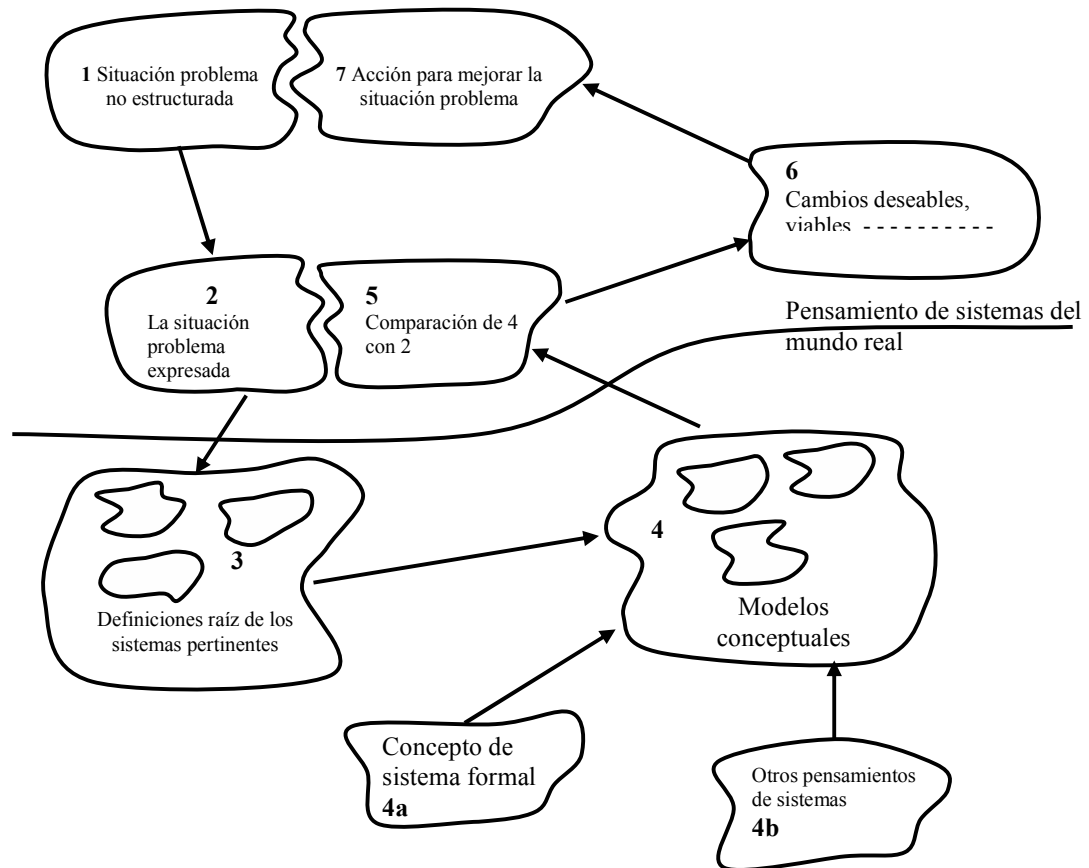
Apoyándonos en Kotarbinski, la metodología no debe verse como “formas de

procedimientos expertos, sino como la ciencia de tales procedimientos”; debe entenderse como intermedia entre una filosofía y una técnica o un método; donde la técnica la indica el “cómo” y una filosofía le indica el “qué”, esta metodología contendrá elementos tanto de “qué” como de “cómo”.

### 2.3.2. La metodología en bosquejo

La metodología incluye dos tipos de actividades. Los estadios 1, 2, 5, 6 y 7 son actividades “del mundo real” que necesariamente involucran gente en la situación problema; los estadios 3, 4, 4a y 4b son actividades del “pensamiento de sistemas” que quizá pueda o no involucrar a aquellos en la situación problema, dependiendo de las circunstancias individuales del estudio (ver figura). En general, el lenguaje de los primeros estadios será el mismo que el lenguaje normal de la situación problema, el de los estadios 3, 4, 4a y 4b serán el lenguaje de sistemas, porque es en estos estadios donde la complejidad del mundo real se desenmaraña y entiende como resultado de la traducción a un lenguaje de nivel superior (o metalenguaje) de los sistemas.

Los estadios 1 y 2 son una fase de “expresión” durante la cual se hace un intento por construir la imagen más rica posible, no del “problema” sino de la “situación” en la cual se percibe que hay un problema. El estadio 3 involucra el nombrar algunos sistemas que parece pudieran ser pertinentes al problema putativo y el preparar definiciones concisas de lo que estos sistemas *son* -en contraposición a lo que *hacen*. Estas definiciones en el estadio 3 se denominan “definiciones raíz” con lo que se planea indicar que ellas encapsulan la naturaleza fundamental de los sistemas elegidos.



**Figura 5.** La metodología en resumen

Después de las definiciones, el estudio 4 consiste en la creación de modelos conceptuales de los sistemas de actividad humana nombrados y definidos en las definiciones raíz. La construcción del modelo se alimenta en los estadios 4a y 4b; 4a consiste en el uso de un modelo general de sistemas de actividad humana que se puede usar para verificar que los modelos construidos no sean fundamentalmente deficientes, 4b consiste en la modificación o transformación del modelo, si se desea, adquiriendo cualquier otra forma que quizá se pueda considerar como adecuada en un problema particular.

Los modelos del estadio 4 se introducen en el estadio 5, en “el mundo real” y se

confrontan con las percepciones de lo que existe ahí. El propósito de esta “comparación” es el generar un debate con gente interesada en la situación problema que, en el estadio 6, definirá posibles cambios que simultáneamente satisfagan dos criterios: que son cambios argumentablemente deseables y al mismo tiempo viables.

El estadio 7 entonces involucra llevar a cabo acción basada en el estadio 6 para mejorar la situación del problema. Esto de hecho define un “nuevo problema” y a éste también quizá ahora se le enfrente con la ayuda de la metodología.

Son posibles cambios de tres tipos: cambios en la estructura, en procedimientos y en “actitudes”. Los cambios estructurales son los que se hacen a aquellas partes de la realidad que a corto plazo no cambian. Los cambios de procedimiento son cambios para los elementos dinámicos: los procesos de informar y reportar, verbalmente o sobre papel, sobre todas las actividades que se llevan a cabo dentro de las estructuras estáticas. Sea o no que se intente esto, lo esencial y principal es el monitorear continuamente las “actitudes” de forma que los actores involucrados en la situación estén de acuerdo en que se ha logrado una “mejoría”.

Si no se pueden acordar los cambios, entonces ‘se debe hacer un examen posterior de los “sistemas pertinentes”, de sus definiciones raíz, y de Weltanschauung<sup>7</sup>, que hace que esas definiciones tengan significado para los actores en la situación.

---

<sup>7</sup> En CATWOE, la imagen o modelo (no cuestionado) del mundo que hace que éste *sistema de actividad humana* particular (con el proceso de transformación particular del mismo) sea uno que valga la pena tomar en cuenta.

### 2.3.2.1 Estadios 1 y 2: la expresión

Los mejores estudios se han caracterizado por detenerse en los estadios 1 y 2, por mostrar una disposición a coleccionar tantas percepciones del problema como sea posible a partir de un amplio rango de gente con roles en la situación problema, y por mostrar una determinación en cuanto a no amoldar en absoluto el análisis en términos de sistemas. En los análisis de sistemas “duros” el concepto expresa que existe un sistema a ingeniar y que éste ocupa un lugar inequívoco en una jerarquía de sistemas manifiesta. En los sistemas “suaves” –que incluyen a la mayoría de los sistemas de actividad humana considerados en un nivel más alto que el de las operaciones físicas- siempre habrá muchas versiones posibles del “sistema a ingeniar o mejorarse”; por lo que las fronteras y objetivos del sistema quizá sean muy probablemente imposibles de definir.

Los estadios 3 y 4 consisten en una exploración o “diseño” de esta selección orientada a sistemas, pero el espíritu bajo el cual se hace esto aloja la idea de que “este es un sistema pertinente”, a sabiendas de que otras selecciones son posibles y quizá ofrezcan más discernimiento. Felizmente, la selección inicial no se hace sólo una vez y para siempre.

La función de los estadios 1 y 2 es el exhibir la situación de forma que se puede revelar un rango de selecciones posibles y con suerte pertinentes, esa y sólo esa es la única función de dichas estadios.

### 2.3.2.2. Estadio 3: Definiciones raíz de sistemas pertinentes

Las definiciones raíz tienen así el estatus de hipótesis pertinentes al mejoramiento

eventual de la situación problema por medio de cambios habilitados que tanto al analista de sistemas como a los propietarios del problema les parezca “viabiles y deseables”. El proponer una definición particular es como aseverar que, en la visión del analista, el tomar ésta como un sistema pertinente, el construir un modelo conceptual del sistema, y el compararlo con realidades presentes probablemente conduzca a la iluminación de los problemas y por ello hacia sus soluciones o remedios.

Una definición raíz debe por ello ser una descripción concisa de un sistema de actividad humana que capture una visión particular de éste.

#### **2.3.2.3. Estadio 4: Confección y verificación de modelos conceptuales**

Lo que se hace ahora en el estadio 4 es construir un modelo sistema de actividad necesario para lograr la transformación descrita en la definición. Nosotros ahora construimos el modelo que logrará llevar a cabo lo que se especifica en la definición raíz. La definición es un reporte de lo que el sistema es; el modelo conceptual es un reporte de las actividades que el sistema debe hacer para convertirse en el sistema nombrado en la definición.

Una vez que un modelo conceptual del tipo descrito ya se ha construido, sería reconfortante él poder establecer su validez, justo como los modelos “duros” de reactores químicos de ingenieros químicos se pueden validar al demostrar que el desempeño del modelo en una computadora simula el desempeño observado del reactor mismo. Tal validación no es posible en los modelos conceptuales basados en definiciones raíz. No existen modelos válidos e inválidos, solamente modelos conceptuales sustentables y modelos ¡que son menos sustentables!

#### **2.3.2.4. Estadio 5: Comparación de los modelos conceptuales con la realidad**

El estadio de “comparación” se denomina así porque en él, partes de la situación problema analizada en el estadio 2 se examinan a la par de los modelos conceptuales: esto se debe hacer junto con los participantes interesados en la situación problema, con el objeto de generar un debate acerca de posibles cambios que se podrían introducir para así aliviar la condición del problema. Aquí nos describiremos la razón fundamental de este estadio en la metodología, y las cuatro formas diferentes para hacerlo que han emergido de los estudios llevados a cabo durante la investigación.

Cada vez que nosotros de manera consciente comenzamos a efectuar pensamiento serio, nos damos cuenta de un número de operaciones que hacen nuestras mentes: percibir, aseverar y comparar imágenes, dibujos o modelos. En la metodología esto de alguna forma está formalizado: la percepción de la situación de un problema se registra en los primeros dos estadios del análisis; las definiciones raíz y los modelos conceptuales utilizan ideas de sistemas para aseverar ciertas características seleccionadas del problema, estas aseveraciones, bajo la forma de modelos de sistemas, se comparan después con las realidades percibidas en la situación problema misma. La comparación es el punto en el cual las percepciones intuitivas del problema se confrontan con las construcciones de sistemas que el pensador de sistemas asegura proporcionan una descripción de la realidad más general y epistemológicamente más profunda; debajo de las apariencias superficiales. El estadio de comparación (que encarna las hipótesis de sistemas básicas que los conceptos de sistemas proporcionan) es un medio para despedazar las complejidades de la “realidad”.

Estudios de diferentes tipos al parecer requieren de formas distintas de llevar a



cabo la comparación, y en una variedad de experiencias, se pueden identificar cuatro maneras para hacerla.

En una situación “de campo nuevo” en la cual un sistema de actividad humano nuevo se diseña, la comparación no es diferente en principio de lo que se describió anteriormente, aunque la comparación no se puede hacer con lo que existe, sino sólo con alguna esperanza definida.

#### **2.3.2.5. Estadios 6 y 7 : Habilitación de cambios “plausibles y deseables”**

El propósito del estadio de comparación es el generar debate acerca de los cambios posibles que se podrían hacer dentro de la situación problema percibida, en la práctica, el trabajo inicial en este estadio frecuentemente enfoca la atención hacia las deficiencias en el análisis inicial o en las definiciones raíz, y por ello aquí es necesario trabajo posterior.

Observe que en el trabajo de sistemas “duros”, el “cambio” concebido es la creación y habilitación de un sistema. Éste es también a veces el caso en los problemas “suaves”. En ocasiones, la acción adecuada quizá genere, por así decir, la habilitación de un sistema de planeación, o de un sistema de información que sirva a las funciones existentes.

Son posibles cambios de tres tipos: cambios en estructura, en procesamientos y en “actitudes”. Los cambios estructurales son los cambios que se hacen a aquellas partes de la realidad que a corto plazo, en los acatables de las cosas, no cambian. Los cambios estructurales quizá sean para agrupamientos organizativos, estructuras de reporte o estructuras de responsabilidad funcional.

Los cambios de procesamiento son cambios para los elementos dinámicos: los procesos de informar y reportar, verbalmente o sobre papel, sobre todas las actividades que se llevan a cabo dentro de las estructuras (relativamente) estáticas. Los cambios de estos dos tipos son fáciles de especificar y se habilitan con relativa sencillez, al menos así lo hacen quienes tienen autoridad o influencia. Una vez hechos, por supuesto, tales cambios quizá generen otros efectos que no fueron anticipados, pero al menos el acto de habilitación mismo es definitivo y se puede diseñar.

El propósito del estadio 6 consiste en usar la comparación entre los modelos conceptuales y “lo que es”, para generar la discusión de los cambios de cualquiera o de los tres tipos descritos anteriormente. La discusión se debe hacer con gente que, dentro de la situación problema, se preocupe acerca del problema percibido y quiera hacer algo al respecto.

El debate acerca del cambio, entonces, llevado a cabo en el mundo real del problema con los “actores involucrados”, tiene como objetivo el definir los cambios que satisfagan dos criterios. Ellos deben ser sistemáticamente deseables (Cosa argumentable) como resultado del discernimiento obtenido a partir de la selección de definiciones raíz y de la construcción del modelo conceptual, y deben ser también culturalmente plausibles dadas las características de la situación, la gente en ella, sus experiencias compartidas y sus prejuicios. No es fácil el averiguar cuáles son los cambios, de cualquier tipo, que satisfagan ambos criterios.

#### **2.4. Comparación entre el pensamiento de sistemas “duros” y “suaves”**

La principal diferencia entre los enfoques “duros” y “suaves” es que donde el primero puede dar inicio a preguntarse “¿Qué sistema se tiene que ingenierar para resolver este problema?” ó “¿Qué sistema satisfecerá esta necesidad?” y puede

tomar al problema o necesidad como “dada”, el último tiene que permitir que emerjan respuestas completamente no esperadas en estadios posteriores. Esta diferencia obliga a la metodología “suave” a incluir el estadio de comparación, cosa que no tiene equivalente en los enfoques más “duros”.

La metodología “suave” se considera que es el caso general del cual las metodologías “duras” son casos especiales. Así la conceptualización se vuelve, si el problema está lo suficientemente bien definido, diseño de sistemas. La “mejoría de un modelo conceptual” se redefine en “optimización de un modelo cuantitativo”. El implementar alguna variedad de cambio se vuelve habilitación de un sistema diseñado.

La metodología puede así ser considerada como un enfoque general de solución de problemas adecuado a los sistemas de actividad humana. Cuando los problemas se pueden expresar inequívocamente, la metodología podría simplificarse en uno de los enfoques de ingeniería de sistemas. Cuando los problemas no se puede formular claramente y sin ambigüedad, ésta se convierte en un medio para explorar esa ambigüedad, e incluye un estadio adicional que utiliza al análisis de sistemas como medio para orquestar el debate acerca del cambio. Este estadio adicional ( estadio 5: “comparación”) es un reflejo de la característica principal de los sistemas de actividad humana.

## **2.5. La ingeniería de sistemas y su colapso**

Cuando se establece una necesidad, comienza lo que imaginamos es la ingeniería; y la tarea del ingeniero consiste en proporcionar algo que satisfaga esa necesidad, ya sea bajo la forma de un objeto físico o un procedimiento a ambos. El mejor ingeniero es aquél que proporciona, con un mínimo de recursos, una solución que funciona y, de manera simultánea, es placentera estéticamente.

Si el sistema y los objetos de éste se definen, entonces el proceso consiste en desarrollar y verificar modelos de sistemas alternativos y el seleccionar de entre ellos utilizando criterios cuidadosamente definidos que se puedan relacionar con los objetivos. Observe que el todo de este enfoque se formula en el hecho de que la necesidad, y por ello el sistema, es satisfactorio de necesidad permanente, se pueden tomar como dados. La ingeniería de sistemas investiga el “cómo hacerlo”, cuando el “qué hay que hacer” ya está definido.

## **2.6. La naturaleza del pensamiento de sistemas**

### **2.6.1. Sistemático y sistémico**

El adjetivo “sistémico” implica que tenemos un concepto claro de lo que queremos decir con la noción de “sistema”. Existe tal noción, y el pensamiento de sistemas es, simplemente, pensamiento organizado conscientemente, que hace uso de dicho concepto.

El concepto en sí inicia con la idea núcleo básica del pensamiento de sistemas, en otras palabras, de que un todo complejo puede tener propiedades que hagan referencia al todo y no tengan significado en términos de las partes que constituyen al todo. Estas son las llamadas “propiedades emergentes”.

El concepto de las propiedades emergentes en si implica una visión de la realidad como existente en capas dentro de una jerarquía (sin que haya connotaciones de autoritarismo en este uso técnico de la palabra). En la jerarquía biológica, por ejemplo, desde los átomos a las moléculas, a las células, a órganos hasta organismo, un observador puede describir propiedades emergentes en cada capa.

El todo organizado jerárquicamente, el tener propiedades emergentes, podría en principio ser capaz de sobrevivir en un medio cambiante si éste tiene procesos de comunicación y control que le permitan adaptarse en respuesta a los impactos del medio.

### **2.6.2. Los sistemas de actividad humana.**

Siempre que desarrollamos holones de sistema de actividad humana pertinentes a acción con propósito definido real, es importante el concebir un número de visiones del mundo diferentes y desarrollar un puñado de holones. Podríamos resumir este informe condensado del pensamiento de sistemas necesario para entender la SSM, en los siguientes términos francos:

- 2.6.2.1. El pensamiento de sistemas asume seriamente la idea de una entidad todo que podría exhibir propiedades como su fuese un todo individual (“propiedades emergentes”), propiedades que no tienen significado en términos de las partes del todo.
- 2.6.2.2. El ejercer el pensamiento de sistemas significa confrontar algunos todos abstractos contruidos a menudo denominados “modelos de sistemas” con el mundo real percibido, para así aprender acerca de éste último. El propósito de hacer esto puede ir desde el ingeniarse (en el amplio sentido de la palabra) alguna parte del mundo percibido como un sistema, hasta la busca de discernimiento o iluminación.

- 2.6.2.3. Dentro del pensamiento de sistemas existen dos tradiciones complementarias. La tradición “dura” asume que el mundo es sistémico; la tradición “suave” crea el proceso de indagación bajo la forma de un sistema.
- 2.6.2.4. La SSM es un proceso sistémico de indagación que también hace uso de los modelos de sistemas. Ella así incluye el enfoque duro, que es un caso especial de la misma, un enfoque que surge cuando existe acuerdo local sobre algún sistema que ha de ingeniarse.
- 2.6.2.5. Para hacer claro lo anterior sería mejor utilizar la palabra “holon” para designar a los todos abstractos contruidos, concediendo a las palabras “sistema” el significado del lenguaje diario, sin tratar e utilizarla como término técnico.
- 2.6.2.6. La SSM utiliza un tipo particular de holon en otras palabras, un así denominado “sistema de actividad humana”. Este es un grupo de actividades tan conectadas como para construir un todo con propósito definido, construido para satisfacer el requerimiento de la imagen de sistema núcleo (propiedades emergentes, estructura, procesos de comunicación y control con capas)
- 2.6.2.7. Al examinar situaciones del mundo real caracterizadas por acción con propósito definido, nunca habrá sólo un holon pertinente, dada la capacidad humana para interpretar el mundo de maneras diferentes. Es necesario crear algunos modelos de sistemas de actividad humana y debatir y aprender así la importancia de éstos para la vida real.

## Capítulo 3 . La metodología de sistemas en acción

### 3.1. Metodología

En el caso de la metodología de sistemas “suaves” no podemos obtener o esperar resultados precisamente repetibles en sistemas de propósito definido, y la idea de hacer avances mediante la refutación es igualmente inaplicable durante la “verificación” de la metodología, lo mejor que podemos hacer es formular una pregunta que siempre es difícil de responder, y especialmente difícil cuando se aplica a las situaciones sociales: la pregunta es ¿se resolvió el problema? (la situación es análoga al problema de la irrefutabilidad de las teorías filosóficas, Popper, 1963.) Si después de un período de tiempo y algunas experiencias, los problemas se resuelven, en el sentido de que las cosas “mejoran” según las mediciones de algunos criterios acordados. O en el sentido de que la gente interesada en la situación siente que se ha obtenido discernimiento o se han hecho cambios útiles, entonces la confianza en la metodología podría aumentar, y nosotros gradualmente podríamos empezar a sentir que ésta ha sido verificada y que es útil.

En el caso presente, más de un ciento de intentos serios por usarla en una amplia variedad de problemas de muchos tipos diferentes sugieren que dicho punto ha sido alcanzado, no obstante que, dada la naturaleza de la metodología, ¡esa aseveración no se puede probar! Algunos estudios han hecho una contribución especial al proceso de verificación, ya sea porque ellos involucran un nuevo tipo de problema porque ellos condujeron a la comprensión en incremento del uso de ideas de sistemas como medio para enfrentar problemas no estructurados.

Tomada como un todo, la metodología de sistema suave es un sistema de aprendizaje que utiliza ideas de sistemas para formular actos mentales básicos de

cuatro tipos: percibir (estadios 1 y 2), presagiar (estadios 3 y 4), comparar (estadio 5), y decidir sobre la acción (estadio 6).

El resultado de la metodología es, entonces, muy diferente del resultado de la ingeniería de sistemas duros: es aprendizaje que conduce a una decisión para tomar ciertas acciones, sabiendo que esto no conducirá “al problema” que ahora se ha “resuelto”, sino a una situación cambiada y a un nuevo aprendizaje

Al desarrollar esta metodología de sistemas particular para enfrentarse a problemas no estructurados, se esperaba el seguir una travesía entre la técnica precisa y la “filosofía” vaga, entre lo que Boguslaw, en su estudio sobre los diseñadores modernos de sistemas vistos como los nuevos utópicos, denomina “verdades de manual” e “intuición sin rienda”. Pero incluso si se alcanza el triunfo de ese empeño, el producto final de la investigación no es por completo “conocimiento público”.

### **3.2. Estudios de sistemas**

Un número de estudios individuales ha ofrecido discernimientos particulares. Por ejemplo, es posible que el pensador de sistemas se enfrente a un problema del cual él mismo es el propietario. También, aunque la metodología se describe más fácilmente como una secuencia de fases, no es necesario el ir de la fase 1 a la fase 7; lo que es importante es el contenido de las fases individuales y las relaciones entre ellas.

Establecido ese patrón, el pensador de sistemas las usará en cualquier orden, reiterará con frecuencia y quizá pueda trabajar bien simultáneamente en más de una fase. Este uso “que no sigue la secuencia” es muy importante para enfrentar problemas amplios que no son posesión de una sola organización.



La metodología de sistemas ha sido aplicada en diferentes ámbitos: inicialmente el propósito principal de la acción de investigación era aprender acerca de los sistemas de actividad humana mediante el encaramiento de este tipo de problemas, las experiencias incluyeron además un método para hacer investigación histórica; un segundo propósito no fue introducir acciones sino hacer un examen de un área particular de interés, y finalmente, clarificar el problema de la “terotecnología”<sup>8</sup>.

En la situación actual del mundo, la óptima utilización de los recursos disponibles es uno de los factores más importantes que hacen que una empresa o institución alcance los objetivos que se proponen. Pero no se debe analizar el proceso únicamente desde el punto de vista de las entradas y las salidas, sino que además es importante considerar la función de mantenimiento. Terotecnología, es el término a aplicar a lo que debe tomarse en serio si es que el caso específico es el negocio del cuidado de bienes físicos que va a hacer una contribución en pro de la generación de riqueza.

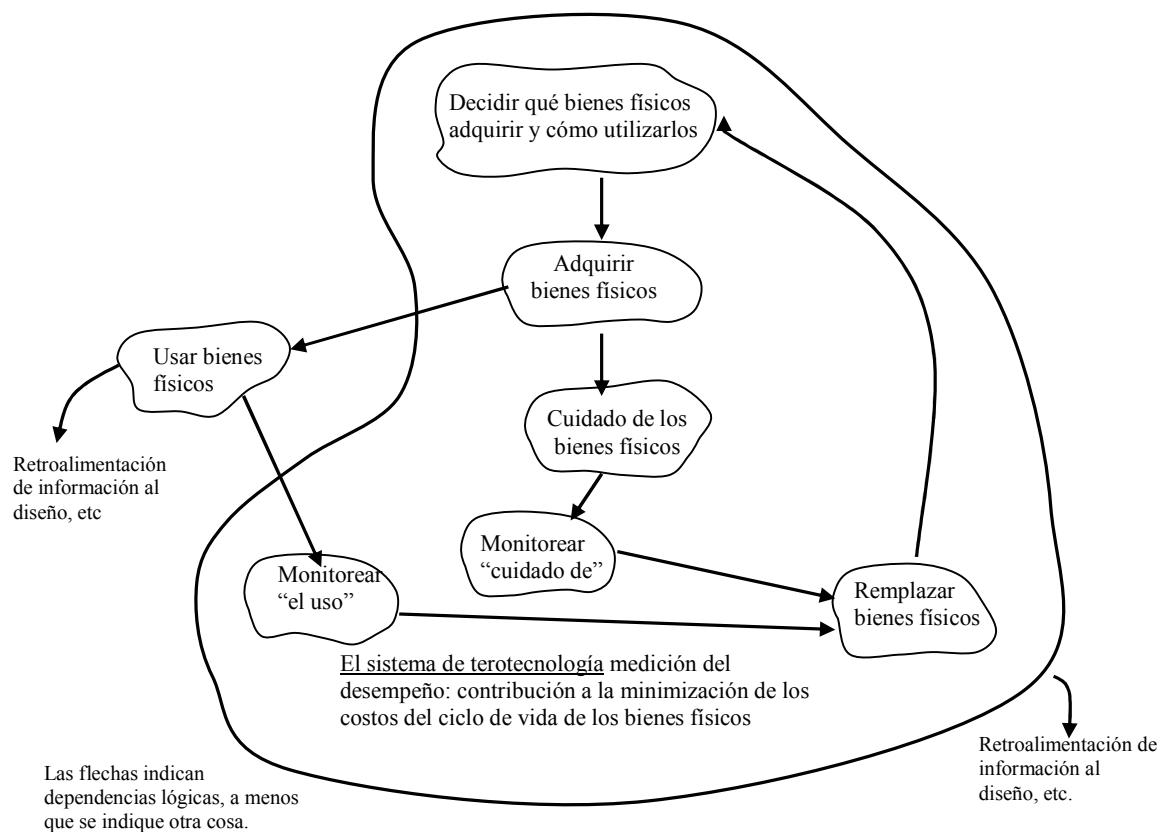
Las “estructuras” en la situación problema de la terotecnología consistía en comités, subcomités y páneles de las tecnologías industriales, los “procesos” fueron las acciones concebidas necesarias para auxiliar a la industria británica mediante un concepto de terotecnología.

Debido a que el sistema de terotecnología es el punto en que la decisión de administración desmonta un bien físico, su medición de desempeño es la contribución que puede hacer para minimizar los costos de ciclo de vida total. Estos últimos incluirán todos los costos involucrados en estudios de viabilidad,

---

<sup>8</sup> Terotecnología: del griego *térein*, “lo que hay que vigilar”.

investigación, desarrollo, diseño, introducción y todos los conceptos de asesoramiento, entrenamiento y operaciones derivados de la posesión y uso de los bienes físicos. La terotecnología se interesa en ese subgrupo de ellos relacionados con la selección, adquisición, cuidado y reemplazo de bienes físicos, y estos proporcionan una medida explícita del desempeño para el sistema de terotecnología.



**Figura 6.** La terotecnología en esquema

Esta identificación es un pequeño éxito del pensamiento de sistemas ya que sirven para pensar acerca “*de lo que* tiene que hacerse”, más que en términos de los agrupamientos organizacionales arbitrarios, departamentos, secciones, etc., que representan solamente un posible *cómo*.

Terotecnología es la combinación de administración financiera, ingenieril y de otras prácticas aplicadas a bienes físicos en búsqueda de costos de ciclo de vida económicos. La práctica de la terotecnología se interesa por la especificación y diseño para lograr la confianza y la mantenibilidad de una planta, maquinaria, equipo, construcciones y estructuras, con sus instalaciones, mantenimiento, modificación y reemplazo, y con la retroalimentación de información sobre diseño, desempeño y otros.

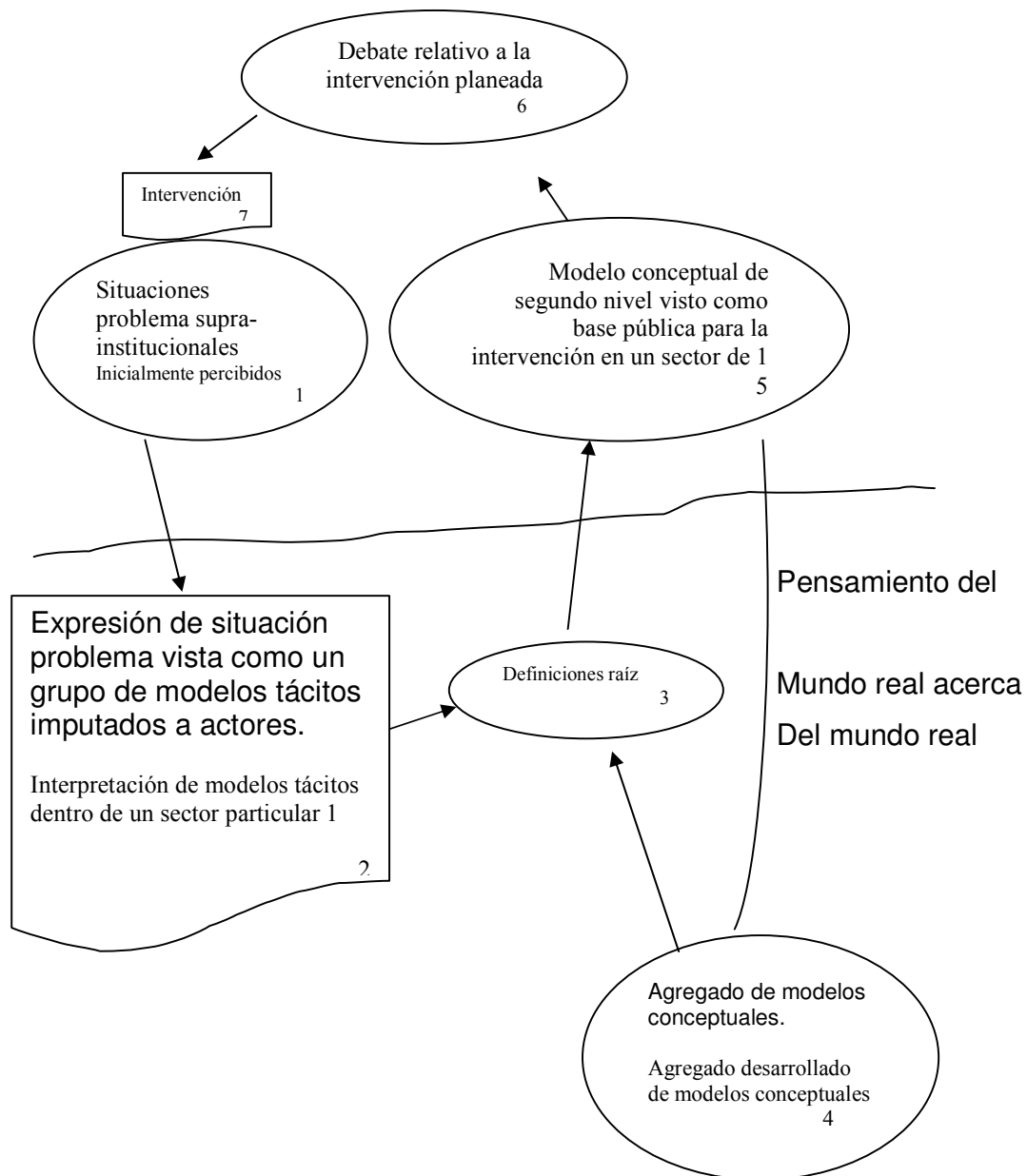
En resumen, como la metodología es un sistema de aprendizaje, y, que cuando uno se enfrenta a problemas no estructurados *sólo puede ser* un sistema de aprendizaje, más que una herramienta prescriptiva, se debe a la naturaleza especial de los sistemas de actividad humana. Tales sistemas se pueden describir, muy cuidadosamente, mediante definiciones raíz.

Globalmente, los estadios de la metodología para trabajar con problemas mal definidos (aquellos que no tienen por que seguirse en una secuencia establecida) constituyen un sistema de aprendizaje, un sistema que averigua cosas en una situación que al menos una persona considera como problemática. Para los problemas mal estructurados que involucran a varias personas, la sola idea de “un problema” que puede “resolverse” tiene que ser remplazada por la idea del debate dialéctico, o la idea de la resolución del problema como proceso sin fin y continuo, pero que sin embargo se puede guiar y orquestar mediante la aplicación de ideas de sistema, en particular, la idea de un sistema de actividad humana. La

naturaleza de la metodología, de hecho, se deriva de la naturaleza especial de dichos sistemas. La metodología deshilvana dichas imágenes del mundo y examina sus implicaciones. Este concepto es el más importante en la metodología.

### **3.3. Utilice la metodología que no sigue la secuencia**

La secuencia del estadio 1 al estadio 7 ciertamente y lógica y en muchos estudios el trabajo si se desarrolla aproximadamente en este orden. Pero la cosa más importante acerca de los estudios vistos en conjunto es la relación entre ellos, más que su orden, y siempre y cuando dicha relación se tenga presente en la memoria que el trabajo no tiene que comenzar en el estadio 1 y proseguir hasta el estadio 7. El punto no es simplemente que habrá un retraso de pasos entre los estadios, aunque esto sucederá, sino que el trabajo puede de hecho iniciarse en cualquier estadio intermedio. El problema de investigación consiste en evaluar el punto hasta el cual los conceptos de sistemas relacionados con sistemas con propósito definido se pueden usar para obtener discernimiento sobre los funcionamientos de un sistema de actividad humana muy diferente de aquellos pertinentes, ya sea para las firmas industriales o para las organizaciones en el sector público.



**Figura 7.** Metodología en problemas no privativos dentro de las organizaciones



## Capítulo 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ACCIÓN DE INVESTIGACIÓN

Al desarrollar y refinar la metodología de sistemas, siempre fue la intención utilizar la secuencia de estudios llevados a cabo como medio para desmenuzar lecciones generales.

La impresión más importante que el trabajo ha generado en aquellos que lo están haciendo es que los estudios de sistemas “suaves” son muy diferentes de la ingeniería de sistemas “duros”, que fue el punto de inicio intelectual. La metodología “suave” puede en ocasiones convertirse en metodología “dura”, cosa que es un caso especial en ella; pero no puede haber una importación directa de los conceptos “duros” hacia los problemas mal estructurados y difusos.

La percepción, aseveración, comparación y decisión son todas ellas actos mentales de todos los días, así que la metodología no está fuera de lugar. Ella simplemente proporciona una combinación coherente de estos procesos mentales comunes en una forma que pueda incorporar el uso formal de los conceptos de sistemas. Si la hipótesis de que ella es útil para poder considerar que el mundo consiste de un complejo de sistemas interactivos resulta válida, entonces la metodología será una buena manera para obtener discernimiento dentro de la naturaleza del mundo real y sus problemas.

El hecho de que la metodología es un sistema de aprendizaje, y, que cuando uno se enfrenta a problemas no estructurados sólo puede ser un sistema de aprendizaje, más que una herramienta prescriptiva, se debe a la naturaleza especial de los sistemas de actividad humana.

Para efectos de reconocer los aportes de la metodología de sistemas en el análisis de situaciones de la cotidianidad, se presentan estos casos:

#### 4.1 La importancia de la Weltanschauung ( Visión particular del mundo )

Este es un proceso familiar a nosotros en nuestra vida diaria. El enfoque de sistemas intenta explícitamente evitar el reduccionismo al observar al mundo en términos de sistemas. El enfoque utiliza conceptos de sistemas para así observar los datos en bruto del mundo externo de una manera particular, es decir, como si fueran un grupo de “sistemas”.

La necesidad por importar el concepto de W en la metodología de ingeniería de sistemas “duros” para hacer frente a los sistemas de actividad humana, es un resultado principal de la acción de investigación. La metodología de sistemas “duros” se interesa sólo en una simple W: se define una necesidad o se formula un objetivo y se requiere en medio eficiente para satisfacer la necesidad o alcanzar el objetivo. En la metodología de sistemas “suaves” nos vemos obligados a trabajar en el nivel en el cual las Ws son cuestionadas y se someten a debate, ya que los problemas “suaves” están relacionados con las diferentes percepciones que derivan de diferentes Ws. La formulación de definiciones raíz proporciona un medio para hacer esto, y en ningún estudio en todo el programa de acción de investigación ha sido posible alguna vez el tomar como dada una sola definición raíz de un sistema de actividad humana pertinente. Por ello, la metodología emerge no como la praxiología, sino como un sistema de aprendizaje en el cual las Ws fundamentales se exponen y se debaten junto con las alternativas.

El desarrollo de la metodología de sistemas “suaves” nos muestra que es vitalmente necesario un medio para adoptar diferentes tipos de modos de reflexión. La formulación de definiciones raíz, la construcción de modelos de



sistemas que las definiciones raíz impliquen, y la comparación de estos modelos con el mundo real, constituyen un intento para hacer esto.

#### **4.2. La “tarea principal” y las definiciones raíz “basadas en controversia”**

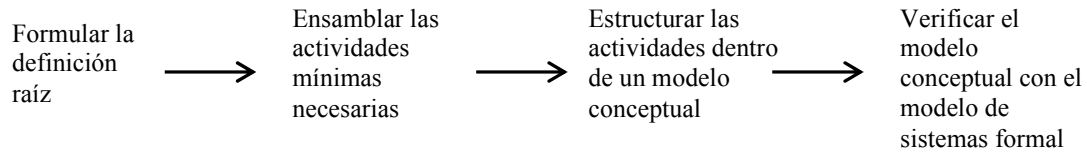
Una vez terminada una expresión inicial de la situación problema, el analista selecciona algunos “sistemas pertinentes” que se nombrarán en la definición raíz y se modelarán subsecuentemente; pero puede ocurrir que, según el punto de vista del observador, un aspecto involucrado en la prestación de servicios, puede verse como un generador de gastos y no de riqueza, por lo que su continuidad siempre será objeto de controversia.

Esto nos permite pensar en algunas preguntas convincentes: ¿ qué tipo de definición raíz debemos formular y por qué?, ¿qué asuntos estamos considerando como no problemáticos?.

La tarea principal la usó inicialmente Rice (1958) para denotar la tarea para la cual una organización es “creada para llevar a cabo” o “la tarea que... una empresa debe llevar a cabo si es que desea sobrevivir”

#### **4.3 La estructura de la definición raíz**

El paso 3 de la metodología de definición de problemas nos invita a realizar la definición raíz del problema, motivo que causa cierto temor porque conocer e identificar claramente un problema es un paso muy importante para poder resolverlo. Necesitamos usar las palabras con precisión y cuidado. Por lo tanto hay pautas para construir definiciones raíz, que son:



Dada esta secuencia, debe haber una conexión lógica entre las características de una definición raíz bien formada y las características del modelo de sistema formal que verifica la salida.

Una definición raíz adecuada debe contener cinco elementos:

- 4.3.1 el núcleo de una definición raíz será un proceso de transformación (T), es decir, los medios por los cuales las entradas definidas se transforman en salidas definidas.
- 4.3.2 habrá posesión (O) del sistema, alguna mediación que tenga un interés primario en el sistema y el poder último para ocasionar que el sistema deje de existir.
- 4.3.3 Habrá actores (A), agentes que llevan a cabo o que ocasionan que se lleven a cabo las actividades principales del sistema.
- 4.3.4 Dentro y (o) sin el sistema habrá consumidores (C) del sistema, beneficiarios o víctimas afectados por la actividad del sistema.
- 4.3.5 Habrá restricciones del medio (E) en el sistema, características de los medios del sistema y (o) sistemas más amplios que éste tiene que asumir como “dadas”.

A esto debe agregarse, una visión particular del mundo (Weltanschauung), una perspectiva, marco o imagen que da significado a esta definición raíz particular.

Estos seis elementos que describen una definición raíz bien formulada se conocen con el nemónico CATWOE.

#### 4.4 Los “qués” y los “cómos”.

Las actividades del mundo real siempre representarán un método para hacer las cosas, un *cómo* particular relacionado con un *qué* que está generalmente implícito y no tanto explícito. Los modelos conceptuales, por otra parte, deben representar *qués* y no tanto *cómos*, ya que la inclusión de restricciones en la definición raíz que reducen los modelos limitará el rango del debate acerca del cambio.

La distinción entre los “qués” y los “cómos” es lo que hace que la palabra “comparación” sea de alguna manera una descripción tosca de lo que está sucediendo en el estadio 5.

La relación entre el “qué” y el “cómo” es una relación jerárquica, un “qué” está lógicamente en un nivel más alto que un grupo de posibles “cómos” relacionados con el “qué”. La relación qué-como es la misma que la que hay entre sistema y subsistema: la última es “sub” con respecto a la primera, pero es por derecho propio un sistema, y no podrá en sí tener subsistemas.

#### 4.5 Las leyes metodológicas.

La visión particular (Weltanschauung) de sistemas establece un marco eventualmente útil dentro del cual se describe el mundo, que se inscribe dentro de un cuerpo de leyes de sistemas sin importar los fenómenos físicos a los cuales se aplican. La ley de variedad de requisito de Ahsby y la ley de equifinalidad de Bertalanffy son ejemplos de leyes de sistemas de este tipo.

El analista de sistemas quiere que su sistema de pensamiento sea tan claro y coherente como sea posible, que conduzca a un debate bien definido, y por ello hace que sus modelos de sistemas sean modelos con posibilidades. Para

sustentar esto, se han creado dos leyes de procedimiento:

*la ley de la conceptualización* establece que un sistema que sirva a otro, no se puede definir ni modelar sino hasta que una definición y un modelo del sistema al que se sirve estén disponibles.

*La ley de construcción del modelo* establece que los modelos de sistemas de actividad humana deben consistir de grupos estructurados de verbos que especifiquen las actividades que los actores podrían directamente llevar a cabo.

En resumen, puede decirse que ninguna metodología puede ostentar el estatus científico. Primero, porque dos problemas del mundo real nunca serán exactamente los mismos, y segundo, porque incluso si las situaciones humanas complejas se pudieran duplicar exactamente, la metodología siempre quedaría corta en cuanto al criterio científico de verificación.

Se debe tomar no a la metodología, sino a la metodología-más-problema y preguntar no acerca de la metodología, sino acerca del problema; ¿se solucionó el problema?. Al tratar con actividades humanas percibidas como problemas, lo mejor que podemos esperar es que a los ojos de la gente interesada los problemas iniciales ahora sean considerados como “solucionados” o que las situaciones problema sean consideradas como “mejoradas”.

## **Capítulo 5. IMPLICACIONES DE LA PRÁCTICA DE SISTEMAS PARA EL PENSAMIENTO DE SISTEMAS**

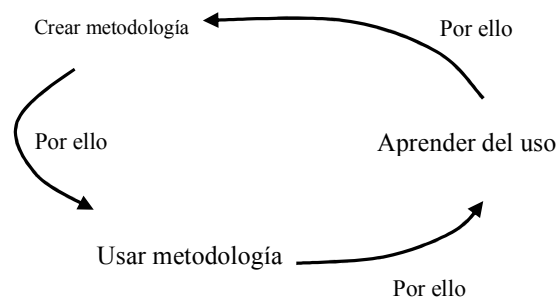
### **5.1. Reflexiones sobre la acción de investigación**

La idea de “práctica de sistemas” implica un deseo por averiguar cómo utilizar los conceptos de sistemas para tratar de solucionar problemas. El solucionador de problemas tiene libertad para usar sistemas diseñados, ya sean físicos o abstractos, para alcanzar sus fines; además puede apoyarse en los sistemas naturales, de los que puede aprender su dinámica y los medios que utilizan para mantener su integridad.

En nuestra civilización, la incorporación de la ciencia en la solución de problemas ha producido una fuerza cultural muy poderosa donde es muy importante distinguir entre el desarrollo de habilidades y la aplicación de la tecnología en conjunto con la ciencia.

Sobresalen tres aspectos del aprendizaje que han aparecido en el programa de acción de investigación: primero, el que la metodología es un mosaico de actividades que tienen ciertas relaciones entre sí, en vez de una secuencia de actividades requerida (aunque la mayoría de los estudios comienza con una expresión de la situación problemática); segundo, que existe una distinción crucial entre el ponerse en acción en el mundo real (estadios 1, 2, 5, 6, 7) y el hacer algún pensamiento de sistemas acerca del mundo real (estadios 3, 4): los modelos de los sistemas de actividad humana en este último son construcciones intelectuales, “tipos ideales” para usarse en un debate, no intentos por describir la realidad; tercero, que las ideas de sistemas más importantes son la emergencia, la jerarquía, la comunicación y el control.

La metodología no es una técnica que, aplicada adecuadamente, pueda garantizar un tipo particular de resultado; da la posibilidad de estilos personales y estrategias de resolución de problemas (aunque ésta también tiene algunas reglas constitutivas definitorias). El proceso para desarrollarla ha consistido en la operación de un sistema cerrado, en el cual el aprendizaje a partir del uso de la metodología crea a la metodología; la entrada, inicialmente por la fuerza, a este sistema cerrado se lograba mediante el uso de metodología (inadecuada) de sistemas duros. El éxito de la metodología, en los términos del actor del mundo real y no en los del analista, la hace útil tanto para compararla con otro trabajo en cualquier sitio y para preguntar: ¿qué implica el éxito acerca del último objeto de indagación, es decir, la realidad social?



La actividad que llamamos “ciencia” resulta que es el medio más poderoso que tenemos para hacer válidas algunas de nuestras construcciones intelectuales, nuestras notaciones: mediante la confrontación de ellas contra el mundo real en sí.

Cuando las construcciones intelectuales sobreviven a verificaciones severas tendemos a correr a describir el mundo como si éste fuera lo que las construcciones simplificadas dicen que es; sin embargo, debemos recordar ocasionalmente que nuestras descripciones y modelos del mundo, incluso cuando están bien verificadas, *no son el mundo mismo*.

Además, no podemos esperar un acoplamiento entre el modelo y la realidad por dos motivos simultáneos: debido a la multitud de percepciones autónomas y debido a que aquellas percepciones continuamente cambiarán, quizá de manera errónea.

Esto quiere decir que en el caso de los sistemas de actividad humana necesitamos estar particularmente conscientes de que ellos son construcciones mentales, y no descripciones supuestas de la realidad.

Aunque la literatura de sistemas, y en especial la de la Teoría General de Sistemas, ofrece un número de ideas pertinentes al pensamiento holístico, incluyendo las nociones de variedad requerida, equifinalidad, neguentropía, homeostasis, etc., este trabajo enfatiza que, al menos cuando se utiliza el concepto de “sistema de actividad humana”, las ideas de sistema núcleo son dos pares de ideas: emergencia y jerarquía, comunicación y control.

Al enfrentar la pregunta sobre qué modelo de realidad social está implícito en la metodología, es útil colocar el trabajo en relación a otro trabajo similar reportado en la literatura y aprender de los comentarios publicados sobre el trabajo mismo.

## **5.2. Comentario externo sobre la acción de investigación**

Al enfrentar la pregunta sobre qué modelo de realidad social está implícito en la metodología, es útil colocar el trabajo en relación a otro trabajo similar reportado en la literatura y aprender de los comentarios publicados sobre el trabajo mismo.

Refiriéndose a esto último, Jones (1978) sugiere que el uso de la metodología es similar a la construcción de “una teoría ad hoc” acerca de la situación problema, que se deriva “no de una teoría general ni de la verificación científica, sino a partir

de un grupo preformado de conceptos desarrollados en la experiencia”. El ensamblar una teoría a partir del lenguaje conceptual es, así, un acto creativo; y el proceso metodológico es un proceso para catalizar lo que él denomina “inspiración condicionada”, en un proceso similar a aquél en el cual emerge -una hipótesis científica. Aunque yo argumentaría que la metodología proporciona no sólo “conceptos preformados”, sino también algunos procedimientos bien verificados para usarlos, esta visión de la metodología subraya de manera eficaz que el uso de ésta, a diferencia de la aplicación de una técnica, no conduce automáticamente a una solución.

En conclusión, tomada como un todo, la metodología de sistema suave es un sistema de aprendizaje que utiliza ideas de sistemas para formular actos mentales básicos de cuatro tipos: percibir (estadios 1 y 2), presagiar (estadios 3 y 4), comparar (estadio 5), y decidir sobre la acción (estadio 6).

El resultado de la metodología es, entonces, muy diferente del resultado de la ingeniería de sistemas duros: es aprendizaje que conduce a una decisión para tomar ciertas acciones, sabiendo que esto no conducirá “al problema” que ahora se ha “resuelto”, sino a una situación cambiada ya en nuevo aprendizaje.

### **5.2.1. Trabajo relacionado en otras partes**

Una vez que se ha completado el trabajo concerniente al desarrollo de la metodología, al menos en sus partes fundamentales, es posible comparar y contrastarlo con otro trabajo que enfrente el problema de introducir un enfoque científico (en el sentido amplio) en los problemas del mundo real. El hacerlo ha ayudado a entender el trabajo mismo, discutamos qué no es el trabajo, a pesar de los parecidos superficiales.



Claramente, dado el descubrimiento inicial del trabajo de que la metodología de ingeniería de sistemas duros no es aplicable a problemas suaves, este trabajo no es ingeniería de sistemas paradigma de “planeación compleja” difiere del paradigma de la investigación de sistemas suaves al hacer un uso central del modelo de búsqueda de meta del comportamiento humano; (justo como lo hace la metodología de sistemas duros). La “planeación compleja” argumenta que las necesidades de tal situación se pueden satisfacer al diseñar “un futuro idealizado para el sistema planeado”. Ackoll agrega:

Una vez que ha sido preparado un diseño idealizado en el cual se haya obtenido consenso, es posible comenzar a planear el enfoque para ese ideal. La salida de tal planeación se debe tratar como tentativa, sujeta a revisión continua bajo la luz de la experiencia con ella. El sistema para llevar a cabo tales revisiones...debe en sí planearse.

Más cercano a la metodología de sistemas suaves de lo que está la “planeación compleja”, pero también diferente significativamente en algunos aspectos, está el enfoque de sistemas socio-técnicos. Este enfoque se fundamenta en dos ideas: que las organizaciones se deben considerar como sistemas abiertos, y que en tales sistemas la tecnología, los sentimientos de los miembros vistos como un grupo social, y el medio de la organización, son todos interdependientes; ninguno es de importancia primordial en relación con otros. El concepto especifica que en una organización los grupos de gente organizan llevar a cabo una tarea principal (por ejemplo, una tarea cuya ausencia indicaría que la organización no está funcionando nada bien, por ejemplo, en el caso de la oficina postal, el “colectar y repartir correo”), pero que al trabajar para mejorar el desempeño organizacional, el objeto de interés tiene que ser no simplemente la tarea principal, sino el sistema visto como un todo, incluyendo las interacciones con el medio y los factores sociales. Claramente hay aquí algunos traslapamientos con la metodología de

sistemas suaves, especialmente en el subgrupo de situaciones problemas en el cual el interés es el desempeño organizacional global. El enfoque de sistemas abiertos socio-técnicos hace una aseveración del tipo siguiente: “Si el problema es de desempeño de organización, entonces el sistema pertinente será la organización misma; lo que es más, existente una definición raíz particular y un modelo conceptual particular que serán adecuados, un modelo que una a la tecnología y a las relaciones sociales en una entidad involucrada en los intercambios con un medio, la comparación de ese modelo con los arreglos existentes nos permitirá definir cambios útiles”.

En principio no hay nada erróneo en los modelos generales, a menos que en ciertas situaciones de tipo bien definido, pero parte de la fortaleza del pensamiento de sistemas yace en el poder del analista por seleccionar un punto de vista que él considera pertinente y en el denotar sistemas cuyos límites no coincidan con los límites organizacionales, esta última cosa es arbitraria en el análisis final. Esta es una fortaleza a la que no se debe renunciar fácilmente; esta habilidad para hacer modelos específicos para una situación individual no sólo en términos en valores específicos variables, sino también en términos de las clases de variables incluidas.

A pesar de estas diferencias, el enfoque socio-técnico de sistemas abiertos como lo usaron Warmington, Lupton y Gribbin, está más cercano a la metodología de sistemas suaves de lo que lo están la ingeniería de sistemas duros o la “planeación compleja”. Warmington et al, consideran que su enfoque busca la “descripción, análisis y entendimiento” más que el logro eficiente de una meta. Ellos dicen específicamente que:

Durante algunos años, Churchman ha estado explorando asiduamente los fundamentos filosóficos de un enfoque de sistemas. El trabajo en sí incluye

ciertas tensiones que podrían, creo yo, resolverse al hacer una clara distinción entre el pensamiento de sistemas rudos (el paradigma de optimización) y el pensamiento de sistemas suaves (el paradigma de aprendizaje). Así la conclusión global de una discusión del enfoque de sistemas establece que “el enfoque de sistemas realmente consiste en un debate continuo entre varias actitudes mentales con respecto de la sociedad”; e incluso la mayoría de los escritos de Churchman se basan implícitamente en el pensamiento de sistemas duros; por ejemplo cuando él escribe “(el enfoque de sistemas) observa un problema en términos de objetivos (metas, fines, propósitos). Pero, más importante, el enfoque de sistemas unifica toda la variedad de metas en una “medición de desempeño”. Otra tensión surge, en una rica discusión del problema de que cualquier cosa que usted asuma que es más amplios afectarán al “sistema”, también se deben tomar en cuenta. El intento por ser holístico parece no tener fin. Este dilema de idealismo probablemente refleja los antecedentes de Churchman en la ciencia de la administración más que en el flujo principal del movimiento de sistemas. El pensamiento de sistemas en la tradición que deriva de la biología organística “todos” más que de “el todo”. Pero estas tensiones internas en el trabajo de Churchman son siempre tensiones fructíferas, y sus escritos proporcionan una discusión perspicaz en el pensamiento de sistemas.

Vickers argumenta que nuestra experiencia humana desarrolla dentro de nosotros “disposiciones para observar aspectos particulares de nuestra situación, para discriminar los aspectos de maneras particulares y para medirlos con estándares particulares de comparación, que se han construido en maneras similares”. Estas disposiciones se organizan dentro de “un sistema apreciativo” que crea para todos nosotros, individual o socialmente, nuestro mundo observado. Los establecimientos apreciativos condicionan la experiencia nueva, pero son modificados por la experiencia nueva; Vickers asume que estas relaciones circulares son los hechos comunes de la vida social, pero en nosotros no podemos

ver esto claramente, él argumenta, debido a la concentración de cadenas lineales de causa y a la noción de búsqueda de meta de nuestra cultura basada en la ciencia.

El que las ideas de Vickers y la metodología de sistemas suaves están íntimamente relacionadas unas con otras está, yo creo, bastante claro. Dado que el estado de un sistema apreciativo es una función de la misma historia de éste, los sistemas apreciativos son sistemas de aprendizaje, y el proceso social básico es, en la perspectiva de Vickers, un proceso de aprendizaje. Ahora, en los estadios 5 y 6 de la metodología de sistemas, los modelos conceptuales se comparan con “lo que hay” en el mundo real, como medio para estructurar un debate acerca de los cambios viables y deseables. Este debate revelará qué hechos pueden distinguir los poseedores de la situación problema, qué aspectos diferentes se consideran como importantes, y qué normas y estándares en conflicto fundamentan las interpretaciones que hacen los actores de los acontecimientos observados. En otras palabras, las definiciones raíz y los modelos conceptuales proporcionan un vehículo para una examinación explícita de los establecimientos apreciativos en la situación estudiada y cómo estos establecimientos están cambiando, y podrían cambiar en el futuro.

### **5.2.2. La naturaleza de la realidad social**

El éxito de la metodología, medido no sólo en relación con los distintos resultados prácticos, sino también por la disposición de la gente en situaciones sociales a aceptar que se ha obtenido discernimiento mediante el uso de ésta, al menos sugiere que el modelo de realidad social implícito en la metodología es un modelo bien verificado. Al argumentar esto se construye al debate perenne acerca de la naturaleza de la ciencia social y del objeto de interés de ésta; la realidad social. Esta sección, entonces, es un breve intento por relacionar la experiencia de la

investigación de sistemas con el contexto de la ciencia social, algo que el movimiento de sistemas, visto como un todo, se ha rehusado notoriamente a hacer. Bryer y Kistruck declaran que no han encontrado un solo intento de un teorista de sistemas por justificar el enfoque de éste en términos sociológicos.

Si las ciencias sociales fueran capaces de apuntar hacia un producto significativo de resultados derivados de manera empírica y públicamente repetibles, entonces el estado de la literatura de la ciencia social sería muy diferente del que ahora. Contendría descripciones sustantivas de las leyes que gobiernan las interacciones sociales, tanto individuales como institucionales, en vez de ofrecer, como la hace un plétora de discusiones sobre la naturaleza de la teoría social y de la relación entre ésta y la filosofía. Pero el hecho de que la literatura sea, como lo es, no necesariamente establece la desobediencia de los científicos sociales. Más bien ésta refleja las dificultades peculiares encaradas por una ciencia que no puede asumir que los acontecimientos repetibles característicos de una realidad externa se puedan descubrir mediante la observación disciplinaria .

Un supuesto sociólogo tiene primero que discutir, como no lo hace un científico natural incipiente, si existe o no existe una entidad observable que va a ser el foco problemático, también lo es el método mediante el cual ésta se va a investigar científicamente. Estos problemas ocupan un lugar significativo en la literatura de la sociología en particular.

## **CAPITULO 6. LA METODOLOGÍA DE SISTEMAS SUAVES Y LA REALIDAD SOCIAL**

### **6.1. La metodología de sistemas blandos (MSB) y las organizaciones humanas: un mutuo despliegue de su naturaleza a través de la investigación acción**

En el prefacio de su libro *Soft Systems Methodology in Actino*, Checkland y Scholes (1990) expresan la idea de que la Metodología de Sistemas Blandos (MSB) ha sido creada y continuamente mejorada, principalmente en el contexto de las organizaciones humanas, mediante un proceso de investigación denominado investigación acción.

#### **6.1.1. La investigación acción (action research):**

En un artículo reciente, Ceckland y Holwell (1998) nos dicen cuál es el tipo de investigación que Checkland y sus colaboradores han utilizado por muchos años para conocer el fenómeno organizacional. Ellos lo denominan investigación acción, y aclaran que es una investigación orientada por la necesidad de generar conocimiento específico que permita actuar en una situación humana específica.

La investigación acción es un tipo de investigación social que emergió de las limitaciones que tiene el hecho de estudiar en un laboratorio la compleja realidad social y la artificialidad de aislar (para su estudio) elementos de comportamiento que pertenezcan a un sistema integral. El concepto de investigación acción que resultó fue el de un investigador que (en lugar de llevar una porción artificial de realidad al laboratorio) se sumerge en una situación humana y sigue su curso, por

cualquier camino que ésta tome, a medida que la misma se despliega a través del tiempo. Esto quiere decir que el único objeto seguro de investigación es el proceso de cambio mismo.

Checkland y Holwell sistematizan este proceso de investigación acción como sigue: Toda investigación científica involucra un marco conceptual que se usa en una metodología (M) para investigar un área de interés (A). En el caso del programa de investigación adelantado por el Dpto. de Sistemas de Lancaster (donde nació la MSB), la (A) inicial era “enfrentar problemas reales de manejo organizacional” por medio de la aplicación de los métodos de la Ingeniería de Sistemas (M). Esta metodología implicaba un marco de conceptos basados en una concepción ingenieril del mundo real (C).

Ahora bien, los investigadores de Lancaster que adoptaron desde el primer momento la investigación acción se sumergieron en situaciones reales de manejo de organizaciones. Estas lo fueron llevando a descubrir la inapropiado de la metodología (M) para entenderlas (A), y por ende a un cambio en el marco conceptual (el cambio consistió en adoptar una concepción distinta de lo sistemático, basada en la idea de la construcción de la realidad social por los mismos actores objetos de investigación).

De esto resulta un principio de la mayor importancia en la investigación acción: El investigador debe declarar explícitamente la tripleta CMA al iniciar su investigación – acción y así, podrá entender a interpretar el sentido de su investigación. Como se ha dicho, no se trata de probar ninguna hipótesis, sino de medir su aprendizaje durante el mismo proceso investigativo; y éste se mide en relación con la tripleta CMA que el investigador haya declarado inicialmente.

En conclusión, el investigador interesado en un (A) particular, te matizará su área de interés y hará explícitos no sólo los temas sino también C y M. Luego se sumergirá en una práctica social determinada en calidad de investigador y de participante activo, en la cual los temas de interés serán pertinentes. Negociará en dicha situación su doble papel. A medida que la situación se desenvuelve, el investigador estará pendiente, buscando sentido, interpretando explícitamente la cambiante experiencia que está viviendo, usando como puntos de referencia para sus interpretaciones sus declaraciones iniciales de C y M. Cuando llegue el momento de su desincorporación de la situación, el investigador tendrá que negociar su salida de la misma y dedicarse luego a extraer las lecciones (¿cambia C, M o A?) que esta experiencia le ha dejado.

Organizaciones como órdenes negociados: una primera aproximación a la concepción Checklandiana de organización.

Partiendo de la noción de realidad social checklandiana, hagamos una primera aproximación a lo que podría ser su visión de organización humana. Con base en esa visión social, es aceptable afirmar que las organizaciones humanas pueden verse como el resultado siempre cambiante de continuas negociaciones y renegociaciones, llevadas a cabo por un grupo de individuos, de sus percepciones e interpretaciones del mundo externo que designan como “la organización”. Estos individuos pueden concebirse o no como miembros de dicha construcción social. En el primer caso se consideran actores organizacionales. En el segundo, “observadores externos”.

Cómo fenómenos que son contruidos y negociados socialmente, las organizaciones pueden concepnar más apropiadamente como órdenes que emergen de la interacción de los participantes; las organizaciones son patrones o arreglos temporales que surgen de la interacción social que llevan a cabo actores



sociales, patrones o arreglos que siempre están abiertos a la modificación, revisión y cambio a través de las intervenciones de dichos actores

## **6.2. La realidad social que implica la metodología de sistemas suaves**

Todas las metodologías descritas anteriormente asumen que la inspección del mundo que hace el observador revelará que éste contiene sistemas: sistemas organizacionales, sistemas de manufactura, sistemas legales, sistemas de transporte, etc.

A partir de lo que se ha dicho anteriormente acerca del acoplamiento de este trabajo con la descripción filosófica de sistemas de indagación de Churchman y la teoría de sistemas apreciativos de Vickers, es aparente que debo argumentar que la metodología de sistemas suaves no es una nueva versión del funcionalismo. La interrogante a resolverse es el punto hasta el cual la colocación de ésta en la tradición fenomenológica de la ciencia social se puede justificar. Nos podemos aproximar de mejor forma a este asunto si comenzamos con un hallazgo principal en la acción de investigación es decir, que la metodología de ingeniería de sistemas duros no se podría usar en situaciones problemas mal estructuradas en las cuales el nombramiento de fines deseables era en sí problemático y preguntando: si la metodología dura había sido exitosa, ¿qué imagen o modelo de realidad social habría sido implicado por dicho éxito?

La ingeniería de sistemas. El análisis de sistemas, y la mayoría de la investigación operacional, son todas positivas en este sentido, ya consideran que el sistema de interés existe, se puede nombrar y se puede manipular con miras a la eficiencia. En la literatura que asume que el pensamiento de sistemas es una versión reciente del funcionalismo no es una tontería, ya que las metodologías duras

hacen las mismas consideraciones (positivistas) como lo hace el funcionalismo. En su libro sobre el funcionalismo desde un punto de vista de sistemas, Sztompka dice que él considera que el funcionalismo es “una forma específica de análisis sistémico”.

Él revela cinco tipos de análisis funcionales, que utilizan los modelos de sistemas de complejidad en incremento (modelos de sistemas que son “ simples, teleológicos, funcionales, con propósito definido o múltiples”) pero en ninguna parte cuestiona la consideración de que más allá del analista existe una realidad social dada en la cual uno u otro de estos modelos de sistemas se alinearán.

Esta es la aseveración definitoria del pensamiento de sistemas duros, y es una consideración bien justificada si el sistema de interés es un sistema físico diseñado o un sistema de procesamiento han inofensivo que nadie se tomará la molestia de desafiar la necesidad de éste, por ejemplo un “sistema-de-procesamiento-de-órdenes” en una compañía manufacturera.

La metodología vista como un todo claramente articula una investigación fenomenológica dentro de los significados que los actores, en una situación, atribuyen a la realidad que ellos perciben. Y también, en un nivel más detallado, existen muchos paralelismos entre las operaciones dentro de la metodología y la tradición filosófica-sociológica de la ciencia social interpretativa.

En primera, la metodología se rehúsa a aceptar la idea de “el problema”. Ésta funciona con la noción de una situación en la cual distintos actores podrían percibir varios aspectos como problemáticos. En el mundo real al depender del hallazgo de similitudes con la experiencia previa. La metodología, en contraste a esto, ofrece la oportunidad de hacer la transición que va desde la indagación acerca del mundo real hasta la toma de acción en el mundo real hasta la toma de acción en el mundo real por medio de algunos pensamientos de sistemas acerca del mundo

real. El énfasis lo hace así no en cualquier “realidad” externa, sino en las percepciones de la realidad que la gente proporciona, sobre los procesos mentales de esas personas mas que sobre los objetos de esos procesos.

En segunda, utilizando la idea de “sistema de actividad humana” como nombre de un tipo particular de construcción intelectual, la metodología acepta que cualquier actividad humana de propósito definido del mundo real será describable en muchas maneras diferentes dentro de muchas diferentes Weltanschauungen.

En tercera, cada modelo de un sistema de actividad humana pertinente encarna un solo concepto unilateral de tal sistema, una visión mucho más pura que las complejas perspectivas con que nosotros tenemos que vivir en nuestro mundo de todos los días.

En cuarta, en el estadio 5 en el debate iniciado por la comparación entre los modelos conceptuales y la expresión de la situación problema ensamblada en el estadio 2, el proceso es una manera formal de dilucidar, comparar y contrastar diferentes tipificaciones y estructuras de sucesos del mundo real de los individuos, muy a la manera fenomenológica.

Finalmente, el hecho de que en el uso práctico es virtualmente posible comenzar en cualquier punto en el ciclo de la metodología y avanzar en cualquier dirección, hace que éste se asume a la descripción del círculo hermeneútico de Dilthey.

Claramente la combinación regulación objetivo genera el paradigma de la sociología funcionalista, y uno no puede objetar que hayan colocado en su disposición la “teoría de sistemas social” dentro de este cuadrante. Ellos mencionan específicamente a Bertalanffy, Parsons, y a Katz y Kahn, entre otros.

Aquí es donde reside la teoría social de ingeniería de sistemas implícita., el análisis de sistemas tipo RAND y la OR formal.

También, dada la libertad completa del analista para seleccionar sistemas pertinentes que, cuando se comparan con la expresión de la situación problema, encarna ya sea cambio radical o incremento, el área ocupada debe incluir parte del cuadrante “sujetivo radical”.

Si vamos a evitar la utopía negativa que el análisis de sistemas implica será necesario, en opinión de Habermas, el remover restricciones culturales en comunicación, para lograr “discusión pública sin restricciones, libre de dominación, de la conveniencia y deseabilidad de normas y principios orientadas a la acción”.

Al comparar el pensamiento de Habermas con la metodología de sistemas suaves, Mingers (1980) encuentra tres puntos principales de acuerdo. En primera, ambos consideran seriamente el problema de la acción humana; al mismo tiempo con propósito-racional (por ello capaz en principio de ser ingenioso) y natural, o no cambiante, como resultado de las características del animal humano. En segunda, ambos concluyen que el análisis de sistemas duros, al estar unidos a la realidad técnica, no puede enfrentarse adecuadamente a las complejidades multivalores del mundo real. Para finalizar, ambos niegan la inevitabilidad del divorcio entre la racionalidad y los valores que caracterizan a la ciencia natural, y ambos tratan de juntar a las dos en interacción comunicativa racional.

Finalmente, para responder de manera explícita la pregunta acerca de la naturaleza de la realidad social implícita en la metodología de sistemas suaves. El éxito de la metodología en situaciones reales sugiere la siguiente respuesta: “la realidad social es el resultado siempre-cambiante del proceso social en el cual los seres humanos, el producto de la herencia genética y experiencias previas de

éstos, continuamente negocian y renegocian entre ellas las percepciones e interpretaciones del mundo que está fuera de ellos”.

Una idea poderosa, y que a menudo se piensa que es la idea crucial en la segunda Revolución Industrial, la revolución de las últimas décadas, es la idea de la “información”, que connota orden o algo que le da forma. El ascenso del movimiento de sistemas por supuesto que ha dependido mucho de esta idea; es la idea central para los cuatro conceptos de sistemas básicos de la emergencia, jerarquía, comunicación y control. Desafortunadamente, como observamos la teoría de la información presente se relaciona únicamente con las estadísticas de la transmisión de mensaje, y para nada con el significado del mensaje transmitido.

El trabajo comenzó al tratar de extender el pensamiento de sistemas duros a situaciones que involucran la toma de decisión humana de todos los días. De forma paralela a la acción de investigación, se hizo un intento por conseguir la base del pensamiento de sistemas; esto condujo a una visión del pensamiento de sistemas considerado como una respuesta a las dificultades que confronta el método de la ciencia natural cuando encara fenómenos de gran complejidad, en especial aquellos del mundo social. Esto a su vez condujo a la consideración de problemas metodológicos no resueltos de las ciencias sociales. Mientras esto sucedía, las experiencias en la acción de investigación convencían a todos aquellos interesados en ella, el llevar a cabo estudios de sistemas en situaciones problemas reales, involucraba una lucha con los problemas de la ciencia social y no con los de la ciencia natural.

Finalmente, el trabajo teórico y práctico descrito aquí conduce a la conclusión de que el valor principal no cuestionado encarnado en “un enfoque de sistemas” asume que este aprendizaje continuo y sin fin es una cosa buena. Eso significa el los pensamiento de sistemas suaves no será atractivo para los deterministas,

dictadores o demagogos. Este si será atractivo para aquellas personas de cualquier disciplina que sepan lo suficiente como para saber que hay mucho que ellos no conocen todavía, y que el aprendizaje y el reaprendizaje es valioso . Para tales personas un enfoque de sistemas no es una idea mala.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

|                        |  |
|------------------------|--|
| Catwoe                 | Beneficiario o víctima es decir la compañía que se beneficia del proceso de adaptación ( C), Una persona que lleva a cabo una o más de las actividades en el sistema, la Gerencia de Consultoría interna (A), transformación básica (T), la Weltanschauung : Punto de vista :una empresa es como un organismo vivo que recibe de su entorno recursos para su supervivencia y que, a la vez, tiene que enfrentar retos ambientales que la obligan a realizar cambios internos para poder adaptarse y no perecer. (W), la compañía propietaria del sistema, la alta gerencia de ABC (O) y propiedad intelectual o empresas competidoras. (E).Seis características cruciales que se deben incluir en una definición raíz bien formulada |
| Control                | El proceso por el cual una entidad vista como un todo retiene su identidad y (o) desempeño bajo circunstancias cambiantes. En el modelo de sistema formal, el proceso de toma de decisión asegura que se lleve a cabo acción de control bajo la luz del propósito del sistema o misión y del nivel observado de la medida de desempeño   |
| Deseabilidad sistémica | Un criterio para los cambios del mundo real a debate en los estadios 5 y 6 de la metodología de sistemas suaves. La implicación formula que el pensamiento de  |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
|                               | sistemas de los estadios 3 y 4 generará modelos cuya comparación con la expresión de la situación problema del estadio 2, sugerirá cambios posibles que el análisis de sistemas recomienda como deseables   |
| Estructura                    | Aquellos elementos de una situación problema que son permanentes o que cambian solo lenta u ocasionalmente.   |
| Lenguaje de modelado          | Una clase, o grupo de clases, de elementos empleados para construir modelos. Por ejemplo, el lenguaje de modelado adecuado para hacer modelos de sistemas de actividad humana lo constituyen todos los verbos en el lenguaje; un indicador de dependencia lógica, los indicadores de flujos, concretos o abstractos   |
| Límite o frontera             | En el modelo de sistema formal, el área dentro de la cual el proceso de toma de decisión del sistema tiene poder para hacer que ocurran algunas cosas, o evitar que éstas sucedan. Más en general, un límite o frontera es una distinción que hace un observador y que marca la diferencia entre una entidad que él asume es un sistema y el medio de éste. |
| Metodología de sistemas duros | Metodología basada en sistemas, también conocida como “ingeniería de sistemas” para enfrentar problemas del mundo real en los cuales se puede tomar como dado un objetivo o un fin-a-ser-alcanzado. Entonces, se ingenieree un sistema para alcanzar el objetivo formulado.   |
| Metodología de sistemas       | Metodología basada en sistemas para enfrentar   |



|                          |   |
|--------------------------|---|
| suaves                   | problemas del mundo real en los cuales los fines que se sabe son deseables no se pueden tomar como dados. La metodología de sistemas suaves se basa en una postura fenomenológica.  |
| Modelo                   | Una construcción intelectual y descriptiva de una entidad en la cual al menos un observador tiene interés.  |
| Modelo conceptual        | Una descripción sistémica de un sistema de actividad humana, construido sobre la base de la definición raíz del sistema, generalmente bajo la forma de un grupo estructurado de verbos en el modo imperativo.                                       |
| Modelo de sistema formal | Un modelo generalizado de cualquier sistema de actividad humana desde el punto de vista: llevar a cabo acción con propósito definido en persecución de un propósito. Se puede usar para verificar la eficiencia básica de los modelos conceptuales. |
| Pensamiento de sistemas  | Una epistemología que, cuando se aplica a una actividad humana se basa en las cuatro ideas básicas: emergencia, jerarquía, comunicación y control como características de sistemas.   |
| Problema duro            | Un problema, generalmente un problema del mundo real, que se puede formular como la búsqueda de los medios eficientes para lograr un fin definido.  |
| Problema suave           | Un problema, generalmente un problema del mundo real, que no se pueden formular como la búsqueda de medios eficientes para lograr un fin definido; un problema en el cual los fines, metas, propósitos, son   |

problemáticos en sí.

|                    |   |
|--------------------|---|
| Sistema            | Un conjunto de elementos interrelacionados entre si para lograr un fin común.   |
| Situación problema | Un nexo entre los sucesos del mundo real y las ideas que al menos una persona considera como problemáticas.   |
| Teleología         | La doctrina filosófica en la que los desarrollos ocurren como resultado de los fines a que éstos sirven (más que como un resultado de causas anteriores). |

## FUENTES DOCUMENTALES

BLANCHARD, Benjamín S. Administración de la Ingeniería de Sistemas. Primera edición. Grupo Noriega Editores. 1993. Alfa omega Rama.

BRIAN, Wilson. Sistemas: Conceptos, Metodología y Aplicaciones. Ed. Megabyte. 1993

CHECKLAND, Peter. Pensamiento de Sistemas, práctica de sistemas. México DF. 2001. Limusa Noriega Editores.

### Cibergrafía:

<http://usuarios.lycos.es/javica/Apunte%202.htm>

<http://sitio.acis.org.co/Paginas/publicaciones/libros.html>

<http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/0/DFBF3CD3E65BB78AC1256E5900531CD8?OpenDocument>

<http://www.iasvirtual.net/queessis.htm>

<http://www.daedalus.es/AreasIIngenieria-E.php>

<http://aoguerra.galeon.com/artgs.htm>