

## **CAPITULO 4**

### **Los aportes de la Teoría General de sistemas.**

#### **Introducción**

La necesidad permanente de resolver problemas complejos (que como vimos son en general de tipo interdisciplinarios) coloca al analista (observador) en la obligación de conocer o comprender en profundidad las particularidades de sistemas de diferente naturaleza. En su tarea cotidiana de definir soluciones informáticas (TI) de apoyo al funcionamiento (mejoría) de estos sistemas, lo lleva a tener que adaptarse en forma rápida para poder interactuar con las varias disciplinas científicas involucradas. Debemos recordar que cada una de dichas disciplinas tiene su propio lenguaje y especialistas con estructuras de razonamiento diferentes. Como ya vimos, en un sentido amplio, la Teoría General de Sistemas (TGS) se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo interdisciplinarias. Se caracteriza por su perspectiva holística e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen. La TGS ofrece un ambiente adecuado para la interrelación y comunicación fecunda entre especialistas y especialidades.

Es evidente que el problema sintéticamente planteado en el párrafo anterior está relacionado con la necesidad, durante el desarrollo de nuestra actividad de análisis, de trabajar en forma permanente con los especialistas de distintas disciplinas, lo cual origina en sí mismo un aumento de la complejidad del problema a resolver. Este hecho nos conduce necesariamente a establecer mecanismos que disminuyan este efecto. Por ejemplo: un esquema Standard de entendimiento (justamente incorporando una estructura de razonamiento) y la de disponer de un lenguaje universal de comunicación.

La Teoría General de Sistemas (TGS) responde a este planteo mediante dos aportes:

El metodológico. (Relacionado con la estructura del razonamiento)

El semántico. (Relacionado con la utilización de conceptos y lenguajes)

Los dos puntos anteriores son instrumentos universales para el mejor entendimiento multidisciplinario. Estos aportes son adecuados si son conocidos por las distintas partes involucradas, caso contrario disminuirá su efectividad para la solución del problema. Si bien es cierto que prácticamente este conocimiento en ambas partes casi nunca se cumple, sigue siendo imprescindible para nosotros su manejo como instrumento abstracto de resolución de problemas complejos diferentes.

## El aporte metodológico de la TGS

Continuando con lo descripto hasta el momento, podríamos decir que, la realidad es única como para distinguirla de la realidad percibida, y es una totalidad que se comporta de acuerdo a una determinada conducta. Por lo tanto, la Teoría General de Sistemas, al abordar esa totalidad debe llevar consigo una visión integral y total. Esto significa, a nuestro juicio, que es necesario disponer de mecanismos interdisciplinarios, ya que de acuerdo al enfoque reduccionista con que se ha desarrollado el saber científico hasta nuestra época, la realidad ha sido dividida y sus partes han sido explicadas por diferentes ciencias; es como si la realidad, tomada como un sistema, hubiese sido dividida en un cierto número de subsistemas (independientes, interdependientes, traslapados, etc.) y cada uno de ellos hubiese pasado a constituir la unidad de análisis de una determinada rama del saber humano.

Como ya lo expresamos, resulta que la realidad (el sistema total) tiene una conducta que, generalmente, no puede ser prevista o explicada a través del estudio y análisis de cada una de sus partes, en forma más o menos interdependiente. O, lo que es lo mismo, el todo es mayor que la suma de las partes.

Así, la Teoría General de Sistemas es un corte horizontal que pasa a través de todos los diferentes campos del saber humano, para explicar y predecir la conducta de la realidad.

Estos mecanismos interdisciplinarios podrían ser identificados como un cierto número de principios o hipótesis que tienen una aplicación en los diferentes sistemas en que puede dividirse la realidad y también en ese sistema total. (Principio de recursividad que se estudia en un próximo Capítulo)

Los avances actuales en esta Teoría se enfocan, justamente, a la identificación de esos principios que tienden a igualar ciertos aspectos o conductas de los diferentes sistemas en que podemos clasificar la realidad.

Por ejemplo, al hablar del todo y de sus partes, en el párrafo anterior, nos estábamos refiriendo al principio de la sinergia, que es aplicable a cualquier sistema natural o artificial.

Los sistemas en que podemos dividir la realidad son semejantes en algunos aspectos, pero también son diferentes. Pueden ser agrupados en distintos lotes, pero una característica importante que surge de inmediato es que esta división puede ser ordenada en forma vertical, es decir, que existe una jerarquía entre los diferentes lotes de sistemas. Lo más significativo de esta jerarquía es que los sistemas "inferiores" se encuentran contenidos en los sistemas "superiores". Tal es el principio de la recursividad. (En un próximo Capítulo nos extendemos más en el análisis de estos dos principios, -sinergia y recursividad-).

En este punto se elabora una síntesis de los aportes de los autores de la Teoría General de Sistemas en cuanto a los aspectos metodológicos. Estos aportes son:

- La Teoría analógica de los sistemas.
- La Teoría del rango de las estructuras de los sistemas.
- El modelo procesal o del sistema adaptativo complejo

### **La teoría analógica de los sistemas.**

Esta teoría busca la integración de las relaciones de analogía entre los fenómenos de las distintas ciencias. La detección de fenómenos análogos permite el armado de modelos de aplicación común para distintas áreas de las ciencias.

A título de ejemplo vamos a realizar una aplicación simplificada entre las Ciencias de la Administración y las Ciencias Médicas. El cuerpo humano puede ser visto como un sistema. Esto es, como un conjunto complejo de partes que interactúan y que forman un todo unitario y complejo.

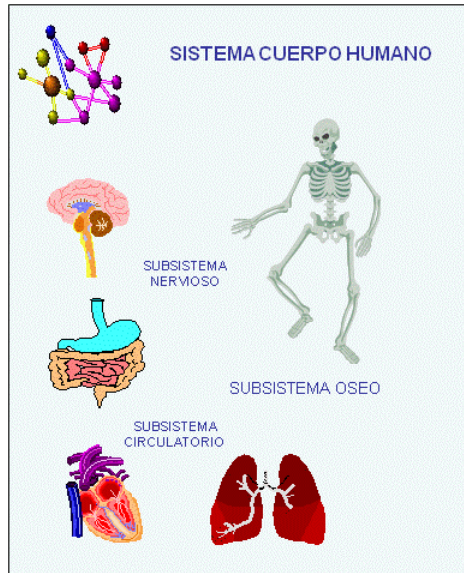


Fig. 4.1 - Componentes del sistema cuerpo humano

Dentro de ese sistema existen subsistemas que se vinculan entre sí y que de dicha relación mutua dependen, en lo que hace a funcionamiento y supervivencia, tanto ellos como el sistema total.

Dentro del “Sistema cuerpo humano” se detectan los siguientes subsistemas: el óseo, que actúa como sostén de los restantes; el muscular que se soporta sobre el óseo y sobre el cual se montan los subsistemas circulatorios y nervioso.

El circulatorio está formado por venas y arterias que irrigan y nutren a los subsistemas y el nervioso por el cerebro, cerebelo, médula y nervios que actúan como comando decisorio, perceptivo y sensitivo del sistema total.

Existen además otros subsistemas tales como el digestivo, el pulmonar, el intestinal, etc. Ante la pregunta ¿cuál de estos subsistemas es el más importante?. Un desprevenido suele contestar. El nervioso porque contiene al cerebro o quizás, el circulatorio porque contiene al corazón. Naturalmente que el corazón y el cerebro son elementos muy importantes dentro de sus subsistemas, pero dado que el sistema cuerpo humano es un conjunto de partes que interactúan y que forman un todo unitario y complejo, se infiere que todos los subsistemas son importantes dado que ante la defeción de cualquiera de ellos, el todo comienza a funcionar con problemas y tal vez dejará de hacerlo.

Si el subsistema pulmonar no funciona el sistema cuerpo humano se muere por asfixia a pesar de tener un cerebro brillante y un corazón fuerte y vigoroso.

No se puede hablar de una jerarquía de importancia de los subsistemas, puesto que todos contribuyen a la supervivencia del sistema de jerarquía superior.

El objeto de estudio de la Administración, es decir las Organizaciones, pueden ser conceptualizadas a través de la Teoría de los Sistemas en forma análoga a lo expuesto para el cuerpo humano.

Primero correspondería definir a la Organización como un sistema que está formado por un conjunto de partes o subsistemas que interactúan y que se vinculan e influyen entre sí.

Así como el esqueleto o subsistema óseo constituye el sostén del cuerpo humano, la estructura funcional de la Organización cumple idéntica función. De la misma

manera existe el subsistema decisorio y el subsistema de información que actúan a imagen y semejanza de los subsistemas circulatorio y sanguíneo del cuerpo humano. También en este caso valen las mismas preguntas y respuestas que en el caso anterior.

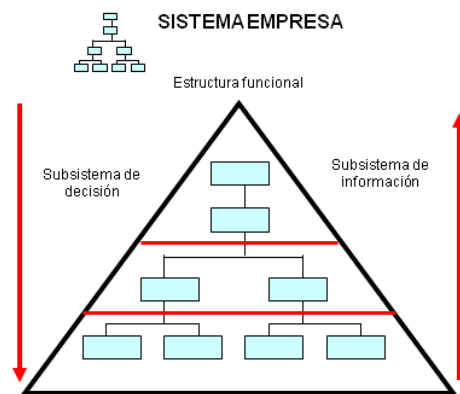


Fig. 4.2- Componentes del sistema Organización

Como se desprende del ejemplo anterior, la aplicación del modelo analógico aporta la riqueza conceptual de la comparación y permite una rápida comprensión del fenómeno que trata de explicarse, si se cuenta con un razonable nivel de conocimiento del fenómeno que actúa como módulo de comparación.

### **La teoría del rango o de las estructuras de los sistemas.**

En 1956 el economista Keneth Boulding proponía una clasificación de sistemas.

Distinguía nueve niveles distintos de sistemas, ordenados de menor a mayor complejidad, entendiendo por complejidad tanto el grado de diversidad o variabilidad de los elementos que conforman el sistema como la aparición de nuevas propiedades sistémicas. Estos nueve niveles, que van desde las estructuras estáticas hasta sistemas aún por descubrir.

Esta teoría supone, a diferencia de la *teoría analógica de sistemas*, que en el universo existen distintas estructuras de sistemas y que es factible ejercitar

sobre las mismas un proceso de definición de rango relativo. Esto produciría una jerarquización de las distintas estructuras en función de sus diferentes niveles de complejidad. Este proceso de rango nos llevaría a algo así como a un Universo que contiene diferentes subsistemas categorizados por niveles de complejidad de su estructura.

Cada rango o jerarquía marca con claridad una dimensión que actúa como un indicador claro de las diferencias que existen entre los subsistemas respectivos.

Esta concepción denota con claridad que un subsistema de nivel 1 es diferente a otro de nivel 8 y que en consecuencia no pueden aplicarse ni los mismos modelos, ni métodos análogos a riesgo de cometer evidentes falacias metodológicas y científicas.

Por ejemplo, para analizar el ejemplo del punto anterior entre el sistema ser humano y el sistema Organización, las Organizaciones se encuentran en el nivel 8 correspondiente a las Organizaciones sociales, mientras que el ser humano individual se encuentra en el nivel 7.

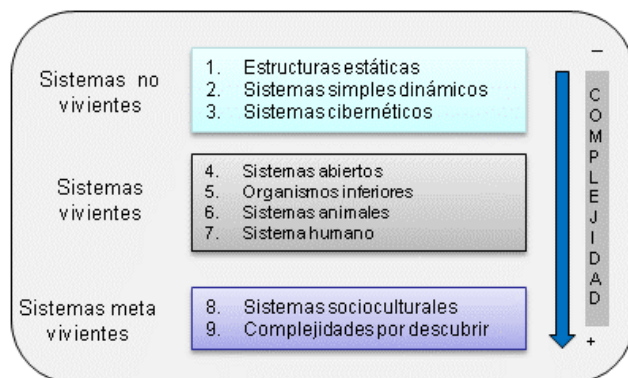


Fig. 4.3—Jerarquía de Complejidad de Boulding

Como ya lo expresamos, cada uno de los niveles responde a niveles de complejidad creciente y los agruparon con la siguiente clasificación (Ver Fig. 4.3):

1. Los sistemas no vivientes.
2. Los sistemas vivientes.
3. Los sistemas meta vivientes.

### *Sistemas no vivientes*

Nivel 1: *Estructura estática*: Las estructuras estáticas, como por ejemplo un cristal, una roca, un mapa de una ciudad, una representación gráfica mediante organigrama de una organización, etc.. Se trata de sistemas estáticos, con propiedades estructurales. Aunque una estructura estática pueda ser muy complicada (por ejemplo, un organigrama con numerosos niveles tanto horizontales como verticales) no es compleja en el sentido de Boulding. No hay gran variabilidad de elementos y tampoco hay una cantidad de propiedades emergentes propias del sistema.

Nivel 2: *Sistemas simples dinámicos*: Son máquinas simples que responden al modelo de física newtoniana con movimientos necesarios y predeterminados. La atracción entre dos cuerpos o el movimiento planetario, por ejemplo, se hallarían dentro de esta categoría. La diferencia con respecto a las estructuras estáticas (nivel 1) radica en la incorporación del elemento dinámico- Este puede ser denominado el nivel de relojería.

Nivel 3: *Sistemas cibernéticos* (control mechanism or cybernetic systems) en estos se incluyen mecanismos de control mediante dispositivos de feedback, como en un termostato, o en los procesos homeostáticos de un organismo vivo. En este nivel, los sistemas son capaces de procesar informaciones a un nivel que les permiten auto regularse. La aplicación que Vancouver (1996) realiza de la teoría de los sistemas vivos (Living Systems Theory) de Miller (1955, 1978) al ámbito de la conducta organizativa, constituye un excelente ejemplo sobre sistemas que se autorregulan gracias a sus propiedades cibernéticas.

### *Sistemas vivientes.*

Nivel 4: *Sistemas abiertos* (*open systems*) como estructuras con una capacidad de auto-perpetuarse. Una célula es un excelente ejemplo de sistema abierto.

Asimismo, y a diferencia de los sistemas cibernéticos (nivel 3), los sistemas abiertos mantienen una diferenciación interna gracias a la relación que mantienen con el entorno (importación de entropía negativa, aspecto en el que mas adelante entraremos en detalle) lo cual no les sitúa en una posición de permanente equilibrio estable (como en los sistemas cibernéticos).

Esta diferenciación es necesaria a fin de que el sistema pueda tener una adecuada relación con el entorno, en tanto que éste también presenta facetas diferenciales. En la célula, por seguir con el ejemplo, se precisa el procesamiento de información térmica, de información alimenticia, de información de posibles agresores externos, etcétera. En este sentido, el cibernético inglés W. Ross Ashby formuló la ley de variedad requerida según la cuál la diversidad interna de un sistema abierto coincide en variedad y complejidad con la del entorno con el que interactúa (Ashby, 1956).

Además, y repito dada su importancia, en los sistemas abiertos existe la capacidad de autorreproducción gracias a la generación de un código genético. El salto con respecto al nivel 3 es algo más que considerable.

Nivel 5: *Organismos inferiores*: que presentan una diferenciación creciente dentro del sistema (diferenciación de funciones en el organismo), y en los que se puede distinguir entre la reproducción del propio sistema y el individuo funcional (a diferencia de los sistemas de nivel 4).

Una planta, por ejemplo, genera semillas en las que va interno el código genético para el posterior desarrollo del nuevo organismo. Una característica esencial, por tanto, de los sistemas de nivel 5, es la existencia de mecanismos de reglas generativas (en el sentido de generación y desarrollo).

Nivel 6: *Sistemas animales (animal level)*, en los que hay una mayor capacidad en el procesamiento de la información del exterior -evolución de subsistemas receptores, de un sistema nervioso, etcétera- y en la organización de la propia información en cuanto a la generación de una imagen o conocimiento estructurado sobre el entorno. Por otro lado, en los sistemas animales hay una capacidad de aprendizaje, y una primera capacidad de conciencia sobre sí



mismos. Aún así, no puede decirse estrictamente que los sistemas animales tengan una capacidad de autoconciencia en tanto a que no conocen qué conocen. Para este segundo nivel de conciencia –si se me permite llamarlo así– se necesita de una capacidad de procesamiento simbólico de la información que los sistemas animales no poseen. Conforme nos movemos en la escala ascendente del mundo de las plantas hacia el reino animal, pasamos gradualmente al “nivel animal”, caracterizado por su movilidad incrementada y conocimiento de su existencia. Aparece el desarrollo de receptores de información especializados (ojos, oídos, etc.) que conducen al enorme incremento en el poder captar mayor información. También aparece un gran desarrollo de sistemas nerviosos, que llegan, en última instancia al cerebro, organizador de entrada de información dentro de la estructura del conocimiento.

Nivel 7: Sistema humano (human level), que incluye las capacidades de autoconciencia, autosensibilidad, y del simbolismo como medio de comunicación. Todo ello gracias a la capacidad de manejo de una herramienta como es el lenguaje. Un sistema humano es capaz de preguntarse a sí mismo sobre cómo se ve a sí mismo, sobre qué imagen tiene del entorno, y actuar en consecuencia. Esto es, del ser humano individual, considerado como un sistema. Además, de todas, o casi todas las características de los sistemas animales, el hombre posee autoconciencia. El no solamente sabe sino que está consciente de lo que sabe.

*Sistemas meta vivientes.*

Nivel 8: *Sistemas socioculturales u organizaciones sociales (social organizations)*, o conjuntos de individuos con capacidad de crear un sentido social de organización, de compartir cultura, historia y futuro, de disponer de sistemas de valores, de elaborar sistemas de significados, etc.. Este nivel recoge, como puede apreciarse, a los sistemas de nivel 7 en interacción, con lo cual aparecen, emergen, las ya mencionadas, y nuevas, propiedades

sistémicas. Se diferencia claramente el individuo humano de los sistemas sociales que lo rodean.

Nivel 9: Por último, Boulding dejaba abierta la posibilidad a un noveno nivel en el que se hallarían sistemas hoy no descubiertos o no existentes, pero que bien podrían convertirse en realidades en futuros próximos. Este nivel noveno sería, obviamente, todavía más complejo que los precedentes. Para completar la estructura de sistemas del universo, debemos agregar los sistemas trascendentales. Corresponde a los sistemas que se encuentran mas allá de nuestro conocimiento y ellos también exhiben una estructura sistemática y de relación.

Sobre la base del modelo de rango se pueden comprender con facilidad las falacias metodológicas que significan los intentos de aplicar a las Organizaciones (cuyo objeto de estudio se encuentra en el nivel 8) los modelos orgánicos, concebidos para el nivel 7 o los modelos mecánicos, es decir los “modelos tipo maquina” concebidos para el nivel 2 o 3 según cada caso.

Por otra parte, esta jerarquía de complejidad puede concebirse de tal manera que cada nivel incluye a todos los precedentes. De este modo, es posible la aproximación a niveles más complejos a través de modelos elaborados desde niveles menos complejos. Por ejemplo, para el estudio de una organización social (nivel 8) pueden concebirse modelos cibernéticos (nivel 3), modelos que tengan en cuenta las relaciones organización-entorno en tanto a los intercambios de energías e informaciones (nivel 4), o modelos que enfatizen la capacidad de procesamiento de la información de los individuos (nivel 7). En todos los casos, estas aproximaciones serán reduccionistas en tanto a una limitación de carácter epistemológico: para afrontar el estudio en su globalidad de un determinado nivel, se necesitan enfoques que tengan presentes las características sistémicas propias de ese nivel.

Dicho lo anterior, el estudio del fenómeno organizativo, en su complejidad, debería ser abordado desde modelos que tengan presentes, además de las características sistémicas propias de los diferentes niveles que engloba (del 1 al 7 en la jerarquía de Boulding), las características sistémicas ya apuntadas

del nivel 8. Ello no debe negar, en modo alguno que, desde modelos elaborados en otros niveles inferiores, se de cuenta de manera apropiada de principios isomorfos (recordamos, los que busca la Teoría General de Sistemas) y generales aplicables al nivel 8.

Por ejemplo, es obvio que en las organizaciones hay mecanismos de feedback (nivel 3). Un ejemplo: restricción en el gasto en periodos de recesión. Y también en la conducta organizativa: en la teoría del establecimiento de metas formulada por Latham y Locke (1991) se enfatiza el papel de este establecimiento de metas en la autorregulación de la conducta del sujeto, con vistas a la consecución de resultados, por citar otro ejemplo. Y es útil la generación de modelos organizativos o modelos de conducta organizativa en este sentido. Remitimos a la revisión de Vancouver (1996) sobre las principales contribuciones teóricas en conducta organizativa utilizando procesos cibernéticos que se han desarrollado en las dos últimas décadas.

Ahora bien, otra cosa muy distinta es que estos modelos pretendan ser explicativos del comportamiento organizacional en su globalidad.

### **El modelo procesal o del sistema adaptativo complejo.**

Este modelo implica por asociación la aplicación previa del modelo del rango. Es decir considera válida la clasificación anterior.

Buckley, principal precursor de esta teoría, categoriza a los modelos existentes en dos tipos:

- Aquellos de extracción y origen mecánico, a los que denomina modelos de equilibrio.
- Aquellos de extracción y origen biológico, a los que llama modelos organizmicos u homeostáticos.

Al fundamentar su crítica dice “En rigor, el modelo de equilibrio es aplicable a tipos de sistemas que se caracterizan por perder organización al desplazarse hacia un punto de equilibrio y con posterioridad tienden a mantener ese nivel mínimo dentro de condiciones de perturbación relativamente estrecho”. Los

modelos homeostáticos son aplicables a sistemas que tienden a mantener un nivel de organización dado relativamente elevado a pesar de las tendencias constantes de disminuirlo.

## Los aportes semánticos de la TGS.

Los problemas de comunicación que existen entre las ciencias, les impiden realizar una tarea vinculada asociada, e integrada, lo cual en general resulta grave, y se transforma en gravísimo cuando el objeto en estudio presenta características de tipo interdisciplinario. En estos casos donde investigadores de diferentes extracciones deben realizar una tarea científica compartida, es donde surgen con claridad los problemas semánticos que hace aparecer a cada uno como una “cosa rara” que utiliza un lenguaje inentendible. En esas condiciones los problemas de coordinación metodológica resultan fundamentales y la distorsión semántica constituye una restricción que tiende a hacer más compleja y dificultosa dicha coordinación.

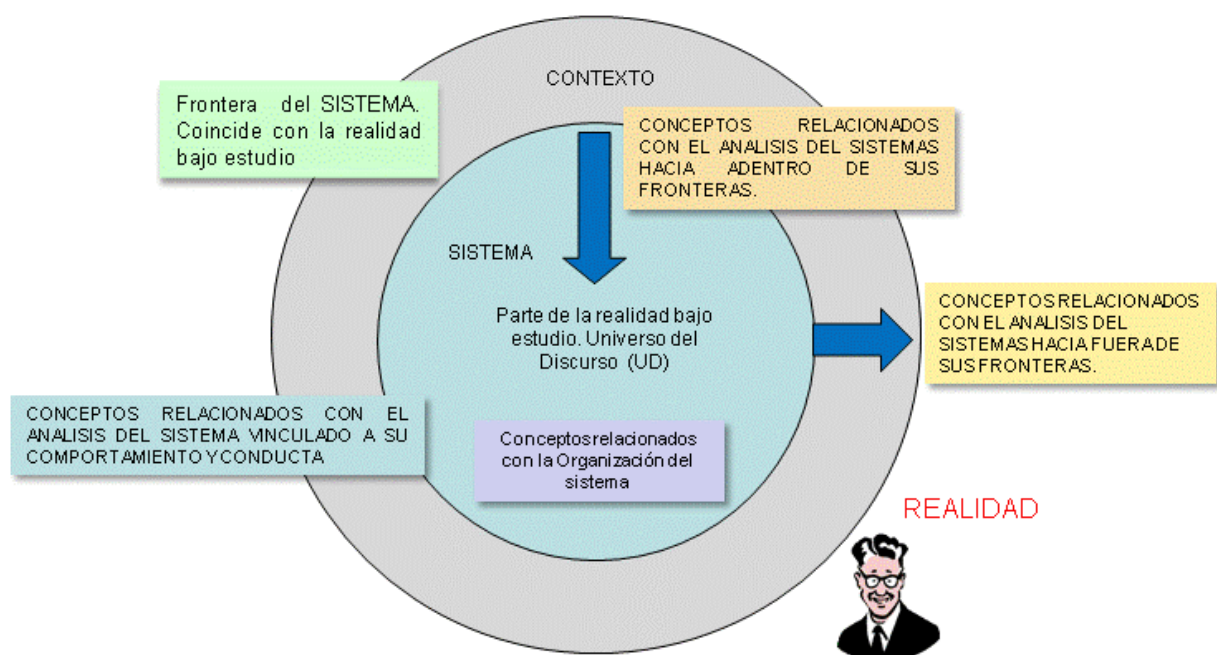


Fig. 4.4 - Análisis de la realidad utilizando el concepto abstracto de SISTEMA

La escuela de la “Teoría General de Sistema”, pretende introducir un lenguaje con una semántica científica de utilización universal que mejore el nivel de comunicación interdisciplinaria.

Para ello se explicará la siguiente guía introductoria según la TGS, e incluye los conceptos (algunos ya fueron descriptos o enunciados en puntos anteriores) que son descriptos por un lenguaje que se pueden considerar de aplicación universal.

Según la TGS, en el momento de estudiar una parte de la realidad (Universo del discurso (UD)) que es de nuestro interés, comenzamos utilizando fundamentalmente el concepto abstracto de sistema para circunscribirla dentro de las fronteras de un sistema. A partir de allí comienza nuestro análisis y la utilización de los distintos conceptos que aporta la TGS para modelar dicha realidad (Ver Fig. 4.4).

Analizaremos cada punto de la figura 4.4, puesto que allí se encuentran los grupos de conceptos que la TGS aporta para que el observador pueda estudiar la realidad, utilizando un lenguaje universal de entendimiento interdisciplinario.

### **Concepto de sistema**

*Sistema:* Este concepto ya fue introducido en el Capítulo 2, y es la base fundamental sobre la que sustentamos todas nuestras consideraciones sobre el mundo complejo. Otra definición, que agrega algunas características adicionales señala que un sistema es un grupo de partes y objetos que interactúan, y que forman un todo o que se encuentran bajo la influencia de fuerzas en alguna relación definida.

*Sistema Abierto:* Un sistema abierto, es aquel que tiene necesariamente un intercambio con su medio ambiente, es decir aquel cuyas entradas se originan en el ambiente y cuyas salidas se vuelcan a él y que sin este intercambio más o menos constante no puede funcionar. De este intercambio recíproco surge su equilibrio dinámico. El sistema sólo es capaz de alcanzar el equilibrio por su intercambio con el ambiente, no lo puede lograr por sí. Son adaptativos para sobrevivir.

*Sistemas cerrados:* no presentan intercambio con el medio ambiente que los rodea, son herméticos a cualquier influencia ambiental. No reciben ningún recurso externo y nada producen que sea enviado hacia fuera. En rigor, no existen sistemas cerrados. Se da el nombre de sistema cerrado a aquellos sistemas cuyo comportamiento es determinístico y programado y que opera con muy pequeño intercambio de energía y materia con el ambiente. Se aplica el término a los sistemas completamente estructurados, donde los elementos y relaciones se combinan de una manera peculiar y rígida produciendo una salida invariable, como las máquinas.

### **Conceptos relacionados con el análisis del sistema hacia afuera de sus fronteras**

*Frontera/ límite:* El límite de un sistema es la línea que separa al sistema de su ambiente, que define lo que le pertenece y lo que queda fuera de él. Es la línea trazada en torno a las variables seleccionadas del ambiente para formar parte del sistema y que excluye las variables no seleccionadas.

*Metasistema:* Es todo aquello que se encuentra fuera de la frontera del sistema bajo estudio. Se denomina también entorno o medió ambiente.

*Contexto:* Es la parte del metasistema que influye en el sistema que se está estudiando. Es importante considerar el contexto como parte del estudio de los sistemas abiertos. Esto es así, desde el momento que en la mayoría de los sistemas son las acciones del contexto las principales causantes de la muerte de los mismos. Esta consideración es fundamental, sobre todo para el observador (analista) quien debe realizar una mejoría o diseño de sistema. Por lo tanto es importante identificar la parte del metasistema que constituye el contexto.

*Limite de interés:* El contexto a analizar depende fundamentalmente del foco de atención que el observador se fije. Este foco de atención, en términos de sistema constituye el “Limite de interés”. (Es la parte del contexto que el observador considera relevante para su estudio)

*Perturbación:* Variable no deseada aplicada a un sistema y que tiende a afectar adversamente el valor de una variable controlada. Puede ser interna (si se genera dentro del sistema) o externa (si se produce fuera del sistema y es un ingreso).

*La permeabilidad:* de un sistema mide la interacción de este con el medio. Cuanto mayor o menor sea la permeabilidad del sistema, este será más o menos abierto. Los sistemas abiertos, mantienen mucha relación con su ambiente y son sistemas muy permeables. Por el contrario los sistemas cerrados se caracterizan por una permeabilidad casi nula.

No existen sólo dos extremos, total y nulo, sino una cierta escala, por lo tanto podemos definir como sistema abierto o permeable a aquel sistema que tiene una interrelación con el contexto. Dentro de estos sistemas cabe distinguir a los totalmente permeables que son aquellos donde todos sus subsistemas y elementos experimentan una interrelación con el contexto. Los sistemas permeables o relativamente permeables son aquellos que sólo tienen interrelación con el contexto en algunos subsistemas o en algunas variables.

Por último los sistemas de permeabilidad cuasi nula o también llamados sistemas cerrados son aquellos donde la relación con el contexto solo existe a nivel de restricciones procesales y no a nivel de influencia reciproca. Una restricción procesal limita en algo la funcionalidad del sistema pero no intercambia nada. Por ejemplo el cumplimiento de una ley.

El nivel de permeabilidad de un sistema, mide el grado de relación o de intercambio entre dicho sistema y el contexto.

*Adaptabilidad:* Es la propiedad de un sistema de aprender y modificar un proceso, un estado o una característica de acuerdo a los cambios que sufre su

contexto. Para que un sistema sea adaptable debe mantener un intercambio fluido con su ambiente.

*Viabilidad:* Indica una medida de la capacidad de sobrevivencia y adaptación (morfostásis, morfogénesis) de un sistema a un medio en cambio.

Podemos entonces hablar de "sistema viable" como aquel que sobrevive, es decir, que es legalizado por el medio y se adapta a él y a sus exigencias, de modo que con su exportación de corrientes positivas de salida al medio, esté en condiciones de adquirir en ese mismo medio sus corrientes de entrada (o la energía necesaria para el continuo desarrollo de su función de transformación). Sin embargo, el concepto de viabilidad es más amplio. Stafford Beer define a un sistema viable como aquel que es capaz de adaptarse a las variaciones de un medio en cambio. Para que esto pueda ocurrir, el sistema debe poseer tres características básicas:

- ser capaz de autoorganizarse, es decir, mantener una estructura permanente y modificarla de acuerdo a las exigencias;
- ser capaz de autocontrolarse, es decir, mantener sus principales variables dentro de ciertos límites que forman un área de normalidad y finalmente
- poseer un cierto grado de autonomía; es decir, poseer un suficiente nivel de libertad determinado por sus recursos para mantener esas variables dentro de su área de normalidad.

*Armonía:* Es la propiedad que mide el nivel de afinidad de los sistemas con su ambiente. Un sistema armónico sufre modificaciones en su estructura, proceso o características en la medida que el ambiente se lo exige y es estático si su ambiente también lo es. La compatibilidad del sistema con el contexto es sumamente difícil cuando se debe predecir e influir sobre situaciones futuras, en ese caso se deben detectar las variables líderes del contexto que guiarán al proceso de compatibilidad delineando las características básicas del sistema.



## Conceptos relacionados con el análisis del sistema hacia adentro de sus fronteras

*Elemento:* Se entiende por elemento de un sistema las partes o componentes que lo constituyen (por supuesto dentro de las fronteras del sistema). Estas pueden referirse a conceptos, sujetos, objetos o procesos. Una vez identificados los elementos pueden ser organizados en un modelo al considerar sus relaciones. Si un sistema es lo suficientemente grande como para incluir subsistemas y si cada subsistema se compone de otros llegaremos a partes que no son individualmente subsistemas. Es decir en una jerarquía hay componentes de más bajo nivel.

*Subsistema:* Se entiende por subsistemas a conjuntos de *elementos* y *relaciones* que responden a *estructuras* y *funciones* especializadas dentro de un sistema mayor. En términos generales, los subsistemas tienen las mismas propiedades que los sistemas (*sinergia*) y su delimitación es relativa a la posición del observador de sistemas y al *modelo* que tenga de éstos. Desde este ángulo se puede hablar de subsistemas, sistemas o supersistemas, en tanto éstos posean las características sistémicas (*sinergia*).

*Propiedades o Variables:* El funcionamiento de todo sistema implica la ejecución de procesos basados en la acción, interacción y reacción entre los distintos elementos. Dado que dichos procesos son dinámicos, se denomina variable, a cada elemento que compone al sistema. No todas las variables de un sistema tienen el mismo comportamiento sino que, estas, asumen comportamientos diferentes según el momento y las circunstancias que las rodean.

Una propiedad o una variable es cualquier característica de un sistema que contribuye a su identificación y es susceptible de sufrir variación. Como ya dijimos, los sistemas son modelos o abstracciones que utilizamos para representar la realidad.. Por lo tanto con la utilización de los sistemas, se le asigna a la parte de la realidad que estamos estudiando, y a criterio del observador, un número limitado de propiedades.

*Parámetro:* “Uno de los “comportamientos” que puede tener una variable es el de parámetro. Cuando una variable no tiene cambios ante alguna circunstancia específica, no significa que la variable sea estática ni mucho menos, sino que sólo permanece inactiva o estática frente a una situación determinada” (Simbron, 2004; 15.Parámetro,

*Operadores:* Son las variables que activan a las demás y logran influir decisivamente en el proceso para que este se ponga en marcha. Estas variables actúan como líderes del resto y por consiguiente son “privilegiadas” respecto al resto.

Por ejemplo en un diseño Web, la variable de tamaño de texto, funciona como operador de la página Web, pues un cambio en este provoca que otras variables como las cajas que lo enmarcan y la imagen, cambien de posición. Por su parte la variable imagen no solamente es influida por este operador, sino que lo es también por ejemplo por otra variable como la resolución de pantalla.

*Atributo:* Se entiende por atributo las características y propiedades estructurales o funcionales que caracterizan las partes o componentes (elementos) de un sistema.

*Estado de un sistema:* Las propiedades de un sistema pueden variar dentro de un cierto rango. El rango de variación es el conjunto de elementos que pueden definir la propiedad en un momento dado.

Por ejemplo: El conjunto de las unidades monetarias entre 10000 y 20000 puede ser el rango de variación de la propiedad costo. Rojo, verde, azul y negro pueden ser los elementos que integran el rango de valuación de la propiedad color de un sistema cualquiera.

Si hemos definido, para cada una de las propiedades significativas de un sistema, el elemento del conjunto "rango de variación" que define la propiedad correspondiente decimos que conocemos el estado del sistema.

*Relación:* Los elementos no relacionados e independientes no pueden constituir nunca un sistema. Las relaciones son los enlaces que vinculan entre sí a los elementos o subsistemas que componen al sistema. Las relaciones internas (entre sus elementos) y externas (con el ambiente) de los sistemas, pueden denominarse de diversas maneras: efectos recíprocos, interrelaciones, organización, comunicaciones, flujos, vínculos, asociaciones, intercambios, interdependencias, coherencias, etcétera. Estas son de vital importancia para el desarrollo o la comprensión, en caso de análisis, del comportamiento de los diseños dinámicos.

*Estructura disipativa:* Estructura interna del sistema que se forma y/o se mantiene gracias al ingreso de energía en el sistema. Las nuevas estructuras aparecen cuando el sistema incrementa sus ingresos de energía. Peligran si escasean dichos ingresos.

Los sistemas físicos reales sólo se mantienen “viables” si –de manera continua– importan energía desde su entorno próximo y exportan entropía hacia él [Wheatley, 1994, p. 129]. En otros términos, el sistema aumenta su propia organización interna (creando estructuras y funciones) sobre la base de una continua disipación de energía.

Se trata, en palabras del Premio Nobel ruso-belga Ilya Prigogine, de “estructuras disipativas” espacio-temporales. Cuanto más compleja sea una estructura funcional, cuanto más coherente o intrincadamente conectada esté, más energía necesita para mantener todas sus conexiones y, por eso, más vulnerable es a las fluctuaciones internas y/o perturbaciones externas [Ferguson, 1985, p. 182/3]. Se dice, entonces, que el sistema es más “inestable”, que está “más lejos del equilibrio” o que es “fuertemente no-lineal”.

Cuando este aumento del propio orden interno se consigue por sí mismo, se hace referencia a un proceso de “auto-organización” espontánea. La auto-organización es la propiedad que tienen algunos sistemas de poder generar orden a partir del caos y es una parte esencial de cualquier sistema físico real. No obstante, y a decir verdad, los sistemas no se organizan sólo por sí mismos, sino que lo hacen de acuerdo con su contexto particular y con las leyes que

rigen tanto para sí mismo como para su entorno próximo [Agudelo y Alcalá Rivero, 2005].

Cada nuevo estado es sólo una transición, un período de “reposo entrópico”, en palabras de Prigogine [Siler, 1993, p. 295]. Cuantos más estados tenga el sistema, mayor será su “variedad” [Ashby, 1972, p. 174] y, por lo tanto, su capacidad de respuesta ante las perturbaciones. Por ende, mayor será su capacidad de supervivencia y, obviamente, su complejidad.

*Fluctuación:* Cambio en la magnitud de alguna cantidad física a lo largo del tiempo, con respecto a su valor normal o promedio.

*Inestabilidad:* Condición de un sistema en la que pelagra su identidad, por causa de una variación de su entorno, o de su reorganización interna.

*Intorno:* Contexto interno del sistema. Está compuesto por todos los componentes internos y sus interrelaciones.

*Variabilidad:* Indica el máximo de relaciones (hipotéticamente) posibles (n!) entre los elementos de un sistema.

*Variedad:* Comprende el número de elementos discretos en un sistema ( $v$  = cantidad de elementos) y sus diferentes estados.

*Integración e independencia:* Un sistema integrado es aquel cuyo nivel de coherencia interna hace que un cambio producido en cualquiera de sus elementos produzca cambios en los demás y hasta en el propio sistema. Diremos que un elemento del sistema es independiente cuando un cambio en él, no afecta a los demás elementos ni al sistema

*Conglomerado:* Como contraparte al concepto de sistema, podemos definir teóricamente a un conglomerado como un conjunto de elementos en la cual el observador ignora las interacciones entre los elementos en una situación dada. Es decir, cuando la suma de las partes es igual al todo.

*Proceso:* Es lo que transforma una entrada en salida. El observador decide o regula como se van a efectuar la transformación de entradas en salidas. Los diseños en los que el diseñador controla absolutamente todos los procesos de un sistema se denomina Caja blanca.

*Estructura:* Las interacciones e interrelaciones más o menos estables entre las partes o componentes de un sistema, que pueden ser verificadas (identificadas) en un momento dado, constituyen la estructura del sistema.

Según Buckley (1970) las clases particulares de interacciones e interrelaciones más o menos estables de los componentes que se verifican en un momento dado constituyen la estructura particular del sistema en ese momento, alcanzando de tal modo una suerte de "totalidad" dotada de cierto grado de continuidad y de limitación.

En algunos casos es preferible distinguir entre una estructura primaria (referida a las relaciones internas) y una hiperestructura (referida a las relaciones externas).

*Complejidad:* Por un lado, indica la cantidad de elementos de un sistema (complejidad cuantitativa) y, por el otro, sus potenciales interacciones (conectividad) y el número de estados posibles que se producen a través de éstos (variedad, variabilidad). La complejidad sistémica está en directa proporción con su variedad y variabilidad, por lo tanto, es siempre una medida comparativa entre los sistemas.

*Jerarquía o Rango:* Como ya vimos en puntos anteriores, Boulding estableció la existencia de una jerarquía de sistemas en base a la "Complejidad de los mismos" (estructura). Allí se advierte el nivel de Rango que van desde el rango uno al rango nueve.

Para determinar la estructura, analizar la complejidad y aplicar el concepto de rango, hay que establecer las diferentes partes del sistema, o sea, los elementos y subsistemas. Cada sistema puede ser fraccionado en partes sobre la base de criterios preestablecidos (por ejemplo por el grado conexión interna

de las actividades) y que cumplan con las premisas para considerarlo como un sistema dentro de otro sistema de jerarquía superior.

El observador establece un rango relativo del sistema según sus características y complejidad. El concepto de rango indica la jerarquía entre los diferentes elementos y su nivel de relación con el sistema mayor.

*Modelo:* El modelo es el sistema representativo de la realidad, con su objetivo, funcionalidad y estructura. Los modelos son constructos diseñados por un observador que persigue identificar y mensurar relaciones sistémicas complejas (estructura del sistema). Toda realidad tiene la posibilidad de ser representado en más de un modelo. La decisión, en este punto, depende tanto de los objetivos del modelador como de su capacidad para distinguir las relaciones relevantes con relación a tales objetivos.

Un modelo es una abstracción de la realidad que captura la esencia funcional del sistema, con el detalle suficiente como para que pueda utilizarse en la investigación y la experimentación en lugar del sistema real, con menos riesgo, tiempo y costo.

### **Conceptos relacionados con las características generales del comportamiento y conducta de los sistemas.**

*Sinergia:* Todo sistema es sinérgico en tanto el examen de sus partes en forma aislada no puede explicar o predecir su comportamiento. La sinergia es, en consecuencia, un fenómeno que surge de las interacciones entre las partes o componentes de un sistema (conglomerado). Este concepto responde al postulado aristotélico que dice que "el todo no es igual a la suma de sus partes". La totalidad es la conservación del todo en la acción recíproca de las partes componentes (teleología). En términos menos esencialistas, podría señalarse que la sinergia es la propiedad común a todas aquellas cosas que observamos como sistemas.

*Organización:* Se monta sobre la estructura funcional del sistema y está relacionada con la conducta del sistema para el logro de su “objetivo”. Una primera aproximación al concepto de Organización de un sistema, es considerarla como un conjunto de restricciones funcionales del sistema. Por ejemplo, en una empresa las restricciones serían las reglas del negocio.

Es importante saber que un sistema tiene estructura y Organización y distinguir su diferencia.

*Equifinalidad:* Se refiere al hecho que un sistema a partir de distintas condiciones iniciales y por distintos caminos llega a un mismo estado final. El fin se refiere a mantener un estado de equilibrio fluyente o convergente a un objetivo.

"Puede alcanzarse el mismo estado final, la misma meta, partiendo de diferentes condiciones iniciales y siguiendo distintos itinerarios en los procesos orgánicos" (von Bertalanffy. 1976). El proceso inverso se denomina multifinalidad, es decir, "condiciones iniciales similares pueden llevar a estados finales diferentes" (Buckley. 1970:98).

*Equilibrio:* Los estados de equilibrios sistémicos pueden ser alcanzados en los sistemas abiertos por diversos caminos, esto se denomina equifinalidad y multifinalidad. El mantenimiento del equilibrio en sistemas abiertos implica necesariamente la importación de recursos provenientes del ambiente. Estos recursos pueden consistir en flujos energéticos, materiales o informativos.

*Input:* Todo sistema abierto requiere de recursos de su ambiente. Se denomina input a la importación de los recursos necesarios (Materia, energía e información) requeridos para realizar las actividades.

*Output:* Las salidas de los sistemas son los resultados que se obtienen al procesar las entradas. Resultan del funcionamiento del sistema y, del propósito para la cual fue creado. En ocasiones pueden convertirse a su vez en entrada de otro sistema, que la procesará para convertirla en otra salida.

*Retroalimentación “Feed-back”:* Son los procesos mediante los cuales un sistema abierto recoge información sobre los efectos de sus decisiones internas en el medio (contexto), información que actúa sobre las decisiones (acciones) sucesivas. La retroalimentación puede ser negativa (cuando prima el control) o positiva (cuando prima la amplificación de las desviaciones). Mediante los mecanismos de retroalimentación, los sistemas regulan sus comportamientos de acuerdo a sus efectos reales y no a programas de outputs fijos como en el caso de los sistemas de control a lazo abierto.

*Homeostasis :* Los procesos homeostáticos de un sistema operan ante variaciones de las condiciones del ambiente o contexto, corresponden a las compensaciones internas al sistema, bloquean o complementan estos cambios con el objeto de mantener invariante la estructura sistémica, es decir, hacia la conservación de su forma. La manutención de formas dinámicas o trayectorias se denomina homeorrosis (sistemas cibernéticos).

La homeostasis es la propiedad de un sistema que define su nivel de respuesta y de adaptación al contexto mediante transformaciones funcionales.

Dicho de otra forma es el nivel de adaptación permanente del sistema o su tendencia a la supervivencia dinámica. Los sistemas altamente homeostáticos sufren transformaciones funcionales en igual medida que el contexto sufre transformaciones, ambos actúan como condicionantes del nivel de evolución.

Ejemplo: En el organismo humano existen varios procesos de “Homeostasia” para mantenerse en equilibrio. Analicemos uno de estos mecanismo para controlar la temperatura del cuerpo. Consta de tres partes.

Centro de control: Determina el punto en que se encuentra la condición controlada que debe ser mantenida dentro de unos límites. En este caso la Temperatura. El centro de control recibe información sobre el estado de condición desde un receptor y determina la acción a tomar.

Receptor: monitoriza continuamente la condición controlada y manda una señal de entrada al centro de control. Cualquier agresión que cambia una condición controlada es llamada estímulo o perturbación. (Por ejemplo, el ejercicio que aumenta el calor corporal hace que el receptor térmico mande una señal al centro de control, en este caso el cerebro)



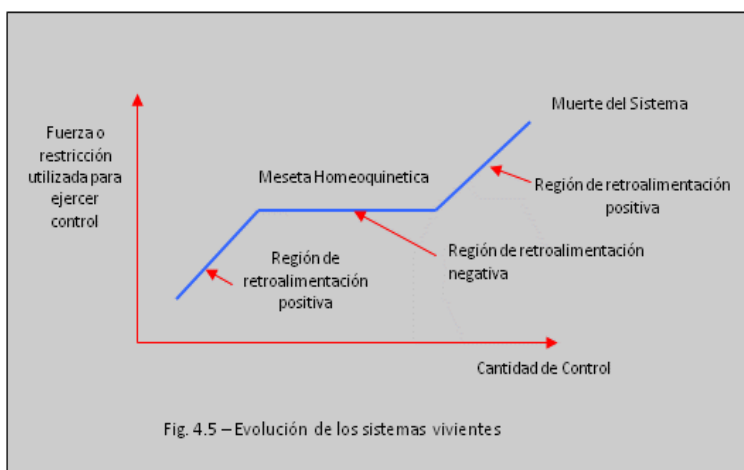
Efector: recibe la información desde el centro de control (señal de salida) y produce una respuesta (efecto) (Por ejemplo, en respuesta al ejercicio el cerebro manda una señal a las glándulas sudoríparas (Efector) que aumentan la secreción de sudor (respuesta) Al evaporarse el sudor la temperatura del cuerpo baja.

En resumen, asignamos el término “Homeostasis” al estado de equilibrio dinámico de un sistema. La homeostasis es un ensamble de regulaciones que actúan para mantener los estados estables del sistema. La constancia de estos estados estables puede mantenerse solamente a través de la retroalimentación negativa, que actúa para reintegrar al sistema dentro de los límites permitidos.

*Homeoquinesis (Evolución de los sistemas vivos):* Los sistemas vivos a diferencia de las máquinas con movimientos constantes, como por ejemplo el cuerpo humano, se debilita.

Esto significa, que los sistemas vivos, se encuentran en un estado de desequilibrio, un estado de evolución al que se ha llamado “homeoquinesis”. La homeoquinesis puede explicar el hecho de que eventualmente, los sistemas vivos se deterioran y mueren a pesar de sus procesos “homeostáticos”.

En definitiva dentro de los sistemas vivos, la “homeostasis” describe el equilibrio dinámico al cual se esfuerza el sistema, pero que nunca puede lograr.



Como se observa en la Fig.4.5, el control de un sistema consiste en mantener al sistema dentro de los límites de la meseta homeoquinética. Para ello el sistema importa energía y procesa

información para frenar la tendencia entrópica hacia mayor desorden. Por lo tanto el control puede definirse como las funciones de auto mantenimiento que trabajan para mantenerlo en la meseta homeoquinética durante un periodo lo más largo posible.

En los ecosistemas y en los otros sistemas sobre los cuales el hombre intenta ejercer influencia, el concepto de control puede extenderse para abarcar todas las actividades, por las cuales el sistema es mantenido dentro de los límites de la meseta homeoquinética, donde se logra un estado temporal de equilibrio. Este equilibrio puede explicarse como un estado en el cual las retroalimentaciones son “en balance” negativas, es decir, las retroalimentaciones negativas son más fuertes que las positivas. Por lo tanto las oscilaciones del sistema pueden mantenerse en un estado amortiguado.

Con respecto al concepto vertido en los párrafos anteriores de la “Meseta homeoquinética”, se encuentra la idea de que para cada sistema existe una dosis “óptima de control”, que debe aplicarse para mantener al sistema dentro de los límites de estabilidad. Aplicar demasiado o muy poco control, puede llevar al sistema más allá de dichos límites, hacia la inestabilidad. Si no aplicamos suficiente control, operamos en la región inferior de la Fig. 4.5 donde prevalece la retroalimentación positiva, y por lo tanto la ausencia de regulaciones y restricciones, conducirá seguramente a un caos total. Por otro lado aplicar demasiados controles, se suprimen los grados de libertad al sistema

*Energía:* La energía que se incorpora a los sistemas se comporta según la ley de la conservación de la energía, lo que quiere decir que la cantidad de energía que permanece en un sistema es igual a la suma de la energía importada menos la suma de la energía exportada.

*Información:* Es el conjunto organizado de datos procesados que constituyen un mensaje, que cambia el estado de conocimiento del sistema (o el ambiente) por parte del observador.

La información tiene un comportamiento distinto al de la energía, pues su comunicación no elimina la información del emisor o fuente. En términos formales "la cantidad de información que permanece en el sistema (...) es igual a la información que existe más la que entra, es decir, hay una agregación neta en la entrada y la salida no elimina la información del sistema" (Johannsen. 1975:78).

La información es la más importante corriente negentrópica de que disponen los sistemas complejos.

La información hace disminuir la incertidumbre, porque puede establecer restricciones y disminuir de esta manera la Variedad y la Variabilidad del sistema.

**Entropía:** La entropía es una medida de desorden tomada de la termodinámica, en donde esta se relaciona con la probabilidad de ocurrencia de un estado ante una gran variedad de estados posibles. Cuando este concepto se traspone a la cibernética y a la teoría general de sistemas, la entropía se refiere a la cantidad de variedad de un sistema, donde variedad puede interpretarse como la cantidad de incertidumbre que se establece ante una situación de elección de varias alternativas distinguibles.

La entropía, incertidumbre y desorden, son conceptos relacionados, como se muestra en la Fig. 4.6. Se observan los valores significativos que adquieren estas variables en los dos extremos de sus espectros respectivos. Un sistema muestra una alta o baja entropía (variedad, incertidumbre, desorden). Reducir la entropía de un sistema, es reducir la cantidad de incertidumbre que prevalece.

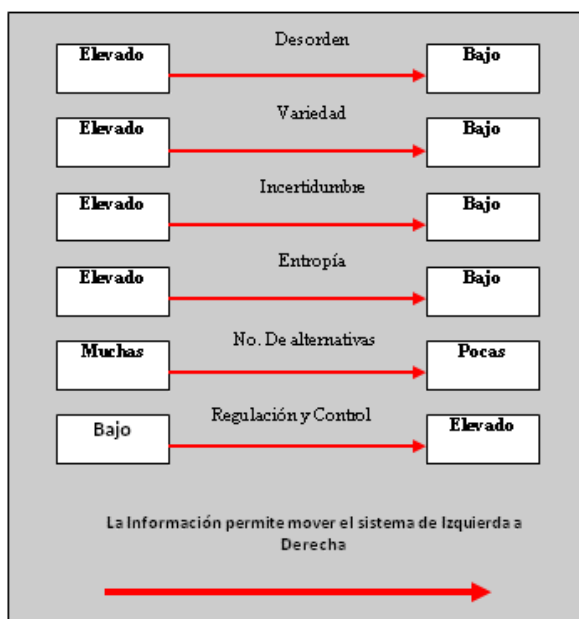


Fig. 4.6— Los cambios de las variables relacionadas con desorden Entropía y cantidad de información

La incertidumbre se disminuye al obtenerse información, esto significa que la cantidad de información es un indicador del nivel de Organización que existe en un sistema, mientras que la entropía es una medida del nivel de desorganización.

En los distintos tipos de sistemas el comportamiento frente al fenómeno de la entropía es diferente y depende de si son sistemas creados por el hombre (como

las Organizaciones) o son sistemas propuestos por la naturaleza. En el primer caso, se pueden diseñar considerando este efecto y tratar de controlar los niveles de entropía a valores tolerables y que no destruyan al sistema. En el segundo caso, los sistemas no creados por el hombre (sistemas vivientes), el

nivel de entropía se encuentra contrarrestado parcialmente por mecanismos de regulación propia interna.

Sintéticamente podemos decir que:

- La entropía es la propiedad de degeneración de un sistema o la tendencia a la deformación funcional por el transcurso del tiempo y por el desgaste de la reiteración de los procesos.
- La entropía es algo así como el comportamiento inverso de la homeóstasis.
- Los sistemas altamente entrópicos deben tener rigurosos sistemas de control y mecanismos de revisión, reelaboración y cambio permanente, de lo contrario están condenados a desaparecer por su progresivo nivel de desorganización.

*Negentropía:* La neguentropía, se refiere a la energía y/o información que el sistema importa del ambiente para mantener su organización y sobrevivir (Johannsen. 1975).

“Neguentropía” vendría a ser por lo tanto lo contrario de la entropía (desorden): es decir la neguentropía es la presión ejercida por alguien o por algo para conservar el orden dentro del sistema.

La Neguentropía surge a partir de la necesidad del sistema de abrirse y reabastecerse de energía e información (que ha perdido debido a la ejecución de sus procesos) que le permitan volver a su estado anterior (estructura y funcionamiento), mantenerlo y sobrevivir.

Es desde este punto de vista que se puede considerar a la información como elemento generador de orden y como herramienta fundamental para la toma de decisiones en la organización o en cualquier sistema en el que se presenten situaciones de elección con múltiples alternativas (Ver Fig. 4.6).

*Autonomía:* Este concepto está relacionado con la capacidad interna que tiene el sistema para responder y adaptarse a las perturbaciones de contexto. Es decir a la Energía, almacenada internamente, que tiene para que funcionen sus sistemas de regulación.

*Morfostasis y Morfogénesis:* La respuesta en el corto plazo de un sistema a un medio cambiante, es mostrando una conducta adaptativa. En el largo plazo su conducta responde a un proceso de evolución. Por lo tanto el estudio de modelos de una conducta adaptativa arroja luz sobre la estructura de procesos evolucionistas.

Una adaptación de sistema se considera estructural, cuando se realizan algunos cambios en su estructura, de tal forma que no se alteran las propiedades funcionales del sistema. De otra forma se dice que la adaptación es funcional. Un sistema que se considera un objeto y un medio, se comporta adaptativamente en presencia de una perturbación del medio, mediante tres tipos de equilibrios. El morfostático, el morfogenético y el Entrópico.

Se denomina como morfostáticos a aquellos procesos de los intercambios complejos entre el sistema y el contexto que tiende a preservar o mantener una forma, una organización determinada o un estado dado del sistema.

Se denomina morfogénesis a aquellos procesos que tienden a modificar dichos rasgos (una forma, una organización o un estado dado del sistema).

Estas características son más generales que los ya vistos conceptos de homeostasis y entropía. Estos últimos tienen que ver con los procesos que se realizan dentro del sistema, mientras que la morfostasis y morfogénesis tiene que ver con la preservación o modificación de la estructura del sistema y de su relación con el contexto.

Para aclarar dicha relación citaremos el siguiente ejemplo. Un sistema puede tener dentro de su proceso una tendencia entrópica que lo lleva a un progresivo desgaste por su funcionamiento, pero a su vez por las características que tiene como sistema, manifiesta una clara tendencia morfoestática o sea que su relación con el contexto lo lleva a un permanente proceso de preservación de su estructura.

Como se advierte en el ejemplo, son conceptos distintos, a pesar de contar con ciertas similitudes.

Es importante destacar la diferencia entre un sistema con características morfogenéticas o sea con tendencia a modificar en forma permanente su estructura, con otro sistema con tendencia entrópica y con características

morfoestáticas. En el primer caso el sistema debe necesariamente cambiar su estructura para crecer y sobrevivir. En el segundo caso, de no controlarse la entropía del sistema, éste degenerará hasta su muerte, dado que sus propiedades son morfoestáticas o sea de preservación de su estructura.

Es importante marcar la diferencia entre los conceptos de Homeostasis y Morfoestasis. Como ya dijimos los sistemas homeostáticos tienen como instrumento para mantener el equilibrio del sistema, los cambios funcionales sin modificar la estructura y aplicando mecanismos de regulación. Su adaptación se relaciona con cambios funcionales “internos” preservando la estructura. Los sistemas Morfoestáticos mantienen invariante su estructura (como la homeostasis), lo que implica mantener invariante su vínculo con el contexto. Lo que sí puede cambiar para mantener el equilibrio es la cantidad o calidad de lo que intercambia (información, energía y materia) con el contexto. Por lo tanto para mantener el equilibrio utiliza un intercambio con lo “externo”.

*Estabilidad y control:* El nivel de control del sistema es lo que le permite mantener a las variaciones de sus salidas procesales dentro de los niveles de tolerancia. El nivel de estabilidad ya sea alto, bajo o medio exige que los sistemas de control se modifiquen y adecuen tanto en lo que hace a su concepción como en lo referente a su periodicidad. (ver sistema de regulación en capítulo 2)

*Tensión:* En general se denomina como tensión de un sistema a una característica de los mismos que los mantiene en constante actividad. Contrariamente a lo que supone su interpretación literal, tensión no es una característica negativa o de constante perturbación sino una propiedad que hace que los sistemas cuenten con un mecanismo de energización independientemente de los resultados (positivos o negativos) y de su valorización procesal.

La mayor parte de las veces, la tensión hace que los sistemas se mantengan en operación y por ello constituye un elemento vital e importante y por lo tanto positivo.

En toda Organización (por ejemplo una Empresa), la tensión es una variable asociada al conflicto, y la no consideración del mismo o el intento de desterrarlo constituye un error metodológico respecto del fenómeno que se estudia. Por lo

tanto no puede ser eliminado, porque constituye una característica asociada al tipo de sistema y vital para su supervivencia como tal.

Por supuesto que según los diferentes tipos de Organizaciones existirán conflictos que no serán del nivel de tensión sino del nivel entrópico. A estos últimos habrá que controlarlos para que no logren la degeneración del sistema y su posible destrucción.

Muy por el contrario a los primeros o sea aquellos definidos como de nivel de tensión se los deberá integrar al sistema, dado que permitirán mejorar el nivel de energía y activación procesal.

*Éxito del sistema:* En la medida que el objetivo del sistema pueda alcanzarse se podrá decir que el sistema tuvo éxito en su gestión. Si no se cumple con el objetivo el sistema deberá ser revisado.

La falta de éxito implica la necesidad de localizar la causa determinante. En términos de conjuntos el éxito se mide por el grado de concordancia con las exigencias de funcionamiento del contexto y del medio interno.

*Optimización y suboptimización:* Optimización implica el alcance del “éxito”, o dicho de otra forma el alcance del mayor nivel de “armonía” o compatibilidad con el contexto, según los objetivos que se hayan fijado.

Como en el diseño del sistema se establecieron objetivos de armonía, la cuantificación del funcionamiento alcanzará al óptimo, cuando el control indique que el sistema ha alcanzado en forma permanente sus objetivos y que éstos no pueden ser mejorados.

Suboptimación es el caso inverso, es decir aquel donde un sistema no alcanza sus objetivos por las restricciones que le impone el contexto o por la existencia de objetivos múltiples, que en sus relaciones de dependencia mutua actúan como excluyentes.

Se debe tener en cuenta que según la TGS un sistema no debe satisfacer solamente sus propias necesidades sino también las del sistema de jerarquía superior.

## **Conceptos relacionados con la Organización de los sistemas.**

*Integración e independencia:* Incursionando dentro de las características de los sistemas y sobre todo en lo referente a su calidad podemos explicar a que se denomina sistema integrado e independiente.

Un sistema integrado es aquel en el cual su nivel de cohesión y conexión interna (ver el detalle de estos dos conceptos en el capítulo de estructura de los sistemas) hace que una modificación en cualquiera de sus subsistemas o variables desencadene, por efecto de la propagación en su estructura, una sucesión de modificaciones en todos los demás elementos, llegando a incidir incluso en el sistema de jerarquía superior.

Por el contrario se denominan sistemas independientes a aquellos donde la modificación que se produce en un sistema, sólo le afecta a él y no genera encadenamiento alguno en los restantes.

El conocimiento de estas propiedades es de fundamental importancia para el tratamiento de las relaciones de causa y efecto entre sistemas.

*Centralización y descentralización:* Esta es otra de las características que puede tener un sistema y está relacionado con el nivel de comando o decisión del mismo. Este tema se encuentra íntimamente ligado con la formalización de la complejidad y la jerarquía de la estructura de sistemas.

Se llama “sistema centralizado” a aquel donde existe un núcleo o elemento que comanda a todos los demás, los cuales dependen totalmente del mismo y sin su activación y dirección no son capaces de generar ningún proceso.

Los “sistemas descentralizados” son aquellos donde varios subsistemas o elementos actúan como núcleos de comando y decisión. En estos casos el sistema no es tan dependiente.

Cada uno de estos tipos de sistemas, presenta características que a veces actúan como ventajas y otras veces como desventajas.

Los sistemas centralizados normalmente son más fáciles de controlar, más sumisos, requieren menores exigencias a nivel de recursos, pero también son más lentos en su nivel de adaptación al contexto.



Los sistemas descentralizados son menos dependientes, tienen una notable velocidad de respuesta a las variaciones de contexto, pero exigen mayores recursos y métodos de coordinación y control más elaborados y complejos.

A modo de ejemplo, debemos distinguir la diferencia existente entre un sistema centralizado con una base de datos distribuida. Son dos cosas diferentes. En el primer caso nos referimos a una propiedad organizativa del funcionamiento del sistema general, y en el otro caso se hace referencia a la solución informática (organización de los datos) utilizada para responder a dicha premisa funcional del sistema general. Esto nos indica que la arquitectura informática tiene autonomía en cuanto a la solución adoptada, siempre que no se contraponga con el objetivo del sistema de jerarquía superior.

*Auto-organización:* Cualidad de ciertos sistemas de organizarse a sí mismos. Tendencia constante y espontánea de un sistema para generar patrones de comportamiento global, a partir de las interacciones entre sus componentes y a partir de las interacciones de éstos con su entorno. Es un término más general que autopoiesis.

*Autopoiesis:* Capacidad de ciertos sistemas para producir su propia organización, de tal manera que el producto resultante es él mismo. No hay separación entre productor y producto.

## Conclusiones.

Se desarrolla en este capítulo los dos aportes fundamentales de la TGS. Uno relacionado con la clasificación y el entendimiento de los sistemas y de cómo funcionan los distintos tipos. Este es un valor importante para ayudarnos, mediante las analogías, a realizar diseños innovadores. Por el otro lado tenemos el aporte de un lenguaje multidisciplinario para mejorar nuestro entendimiento de la realidad. Si analizamos ambos aportes, el agrupamiento de conceptos realizado en todo el capítulo, prácticamente tenemos la definición, comportamiento y organización de un sistema. Esto significa, que al

analizar una realidad y al circunscribir esta dentro de las fronteras de un sistema, prácticamente tenemos que realizar:

- El análisis del sistema hacia afuera de sus fronteras.
- El análisis del sistema hacia adentro de sus fronteras.
- El análisis de las variables que hacen al comportamiento del sistema.
- El análisis de las variables que hacen a la Organización del sistema.

Esto significa que para la definición de una realidad bajo análisis bastaría con definir y cuantificar cada uno de los conceptos que pertenecen a cada grupo.

Este procedimiento debe formar parte del paradigma de análisis de una realidad compleja.