

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

Por: Carlos Mario Restrepo Pineda^{1*}

“... Se dice que el físico nuclear danés Neils Bohr tenía una herradura colgada encima de su puerta. Da buena suerte. Pero es pura superstición, y de hecho Neils Bohr era de todo menos supersticioso. Una vez que recibió la visita de un amigo, éste comentó sobre la herradura: ¿tú no creerás en esas cosas?, dijo. No. Contestó Neils Bohr, pero he oído decir que es muy eficaz de todos modos.”²

^{1*} Contador Público, Universidad Autónoma Latinoamericana (UNAUCLA). Tecnólogo en Sistemas, Tecnológico de Antioquia (T. de A). Profesor: Universidad Autónoma Latinoamericana y SENA. Ex profesor: Universidad de Antioquia, Tecnológico de Antioquia, Universidad de San Buenaventura, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. EMAIL: cmrp@hotmail.com

² GARDER, Jostein. El Mundo de Sofía. Santafé de Bogotá: Norma, 1995. ISBN: 958-04-2976-6. P. 449.

RESUMEN

El presente trabajo es la compilación de las ideas de aquellos pensadores que han construido los conceptos del pensamiento sistémico desde los presocráticos hasta la actualidad, se toman ideas de: Demócrito, Empédocles, Anaxágoras, Aristóteles, Platón, René Descartes, Newton, Lemettrie, George Wilhelm Friedrich Hegel, Ludwing Von Bertalanffy, Geroge J. Klir, W. Ross Ashby, Koehler, Redfield, C. E. Shannon, Norbert Wiener, John Von Newman, Brillouin, G. Sommerhoff, Whitacker, Krech, Bentley, Stafford Beer, Boulding, Rapoport, Thomas Kuhn, W. B. Cannon, John H. Milsmun, Oscar Johansen Bertoglio, Edgar Morin, Humberto Maturana Rimesín, Niklas Luhmann.

Palabras claves: La teoría general de sistemas; los sistemas, la función, la definición; la organización, el principio de organicidad, los objetivos, la misión, la equifinidad, la estructura, la jerarquización, la evolución, la resiliencia, la invariante, la energía útil, la competencia y la cooperación, la autopoiesis, el concepto de holograma. el concepto de sinergia, el concepto de clímax, el concepto de homeostasis, el principio de recursión o causalidades circulares, el principio dialógico, el principio hologramático, la entropía, el principio de retroalimentación (*feed back*).

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1. LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

2. CONCEPTO DE SISTEMA

3. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS

4. CONCEPTOS APLICABLES A LOS SISTEMAS

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

El discurso de la teoría general de sistemas se remonta a los orígenes de la filosofía y la ciencia. En el siglo XVII la ciencia deja atrás a la filosofía en el propósito de explicar la naturaleza del orden del universo, al respecto Bertalanffy escribe:

“Una de las caracterizaciones de la revolución industrial de los siglos XVI y XVII consiste en afirmar que ésta substituyó la concepción descriptivo – metafísica del universo compendiada en la doctrina de Aristóteles, por la matemático – positivista o galileana; esto es, la concepción del mundo como un cosmos teleológico se vio reemplazada por la descripción de los hechos dispuestos según leyes causales y matemáticas.”³

Surge una explicación con la corriente mecanicista, los mecanicistas perciben el orden del universo como la organización de las máquinas hechas por el hombre. René Descartes piensa el universo como una máquina, el método de descartes (método cartesiano) propone la división del problema en tantos elementos simples para mirarlos aisladamente, al respecto Bertalanffy citando a Descartes escribe: “La segunda máxima del *Discours de la Méthode* de Descartes era <<fragmentar todo problema en tantos elementos simples y sepáralos como sea posible>>.”⁴

3 BERTALANFFY, Ludwig Von; ASHBY, W. Ross; WEINBERG, G. M. y Otros. La Teoría General de Sistemas. Selección y Prólogo. J. KLIR, George. Madrid: Alianza Editorial, 1987. ISBN: 84-206-2208-7. P. 30.

4 Ibíd. P. 31.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

Este método analítico se refiere a las relaciones existentes entre las partes y el todo, es decir, la dinámica de un sistema podría comprenderse por las propiedades de sus elementos constituyentes. Esta idea inicia con Demócrito, la formaliza Descartes y la continua Newton.

El método del análisis, de la desintegración, fue eficaz en su momento histórico para explicar la complejidad del hombre (su cuerpo, cultura, sistema social, sistema cultural, sistema económico). Al respecto escribe Bertalanffy:

“Se propusieron dos ideas cardinales para tratar el problema del orden u organización. Una fue la comparación con máquinas hechas por el hombre; la otra la concepción del orden como producto del azar. La primera quedo tipificada por la *bête machine* de Descartes, más tarde ampliada a la *homme machine* de Lemettrie. La otra se expresa a través de la idea darwiniana de la selección natural.”⁵

Aquí hay una contradicción, ya que las cosas hechas por el hombre no eran explicadas por el azar.

A finales del siglo XIX los biólogos vitalistas trataban de explicar muchas características de los procesos vivientes que los científicos físicos no podían explicar, los vitalistas conciben el orden del universo, como la idea aristotélica de que el principio organizador del mundo era un alma o <<duendecillo>>.

A principios del siglo XX la física newtoniana, que explicaba el universo como un mecanismo gigantesco que obedecía a las leyes determinísticas del movimiento, decaía al no poder tratar con más complejidades.

El método analítico se volvió ineficaz para explicar la complejidad de los sistemas, y como respuesta aparece el pensamiento sistémico.

Los sistémicos consideran lo que ha de ser explicado, como parte de un sistema mayor, le interesa integrar no separar, es expansionista.

La corriente doctrinaria sistémica, sostiene que los objetos, sus atributos y los eventos, son partes de todos mayores, se concentra en el todo del cual son parte, no niega las partes. El pensamiento sistémico es conocido también como pensamiento sintético (síntesis). En este método las propiedades de las partes sólo pueden ser entendidas a partir de la dinámica que presenta el sistema en su totalidad.

⁵ Ibid. P. 31.

1. LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS.

La teoría General de Sistemas para el profesor Emilio Latorre Estrada es una visión del mundo, al respecto escribe:

“El enfoque de sistemas más que una teoría es una forma de <<pensar el mundo>>; más que una metodología es la articulación de una serie de conceptos que permiten acercarse a la realidad para interpretarla o cambiarla; es en fin de cuentas una <<educación>> para que el investigador pueda abordar su objeto de trabajo.”⁶

Respecto al problema básico de la teoría general de sistemas, Geroge J. Klir escribe: “una formulación de este orden cósmico fue la visión aristotélica, con sus nociones <<holistas>> y <<teleológicas>>. La frase aristotélica, <<el todo es más que la suma de las partes>> es, como definición del problema básico de los sistemas, aún válida.”⁷

Al referirse a totalidades el profesor Latorre se refiere al principio de totalidad así: “Plantea que en el estudio de la realidad hay que situarse a nivel de la totalidad y no de los individuos.”⁸

Bertalanffy escribe al respecto: “Ya que el carácter de un objeto viviente es su organización, el acostumbrado examen de las partes y procesos aislados no puede darnos una explicación de los fenómenos vitales. Este examen no nos informa acerca de la coordinación de partes y procesos.”⁹

W. Ross Ashby escribe al respecto: “De aquí que un autor tras otro intentase decir <<el todo tiene algo que no se puede hallar en una colección de partes>>.”¹⁰

Oscar Bertoglio escribe al respecto:

6 LA TORRE ESTRADA, Emilio. Teoría General de Sistemas: Aplicada a la Solución Integral de Problemas. Santiago de Cali: Universidad del Valle, 1996. ISBN.: 958-670-072-0. P. Introducción.

7 BERTALANFFY, Ludwig Von; ASHBY, W. Ross; WEINBERG, G. M. y Otros. Op. Cit. P. 29.

8 LA TORRE ESTRADA, Emilio. Op. Cit. P. 63.

9 BERTALANFFY, Ludwig Von; ASHBY, W. Ross; WEINBERG, G. M. y Otros. Op. Cit. P. 33.

10 Ibíd. P. 95-96.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

«La Teoría General de Sistemas a través del análisis de las totalidades y las interacciones internas de estas y las externas con su medio, es, ya en la actualidad, una poderosa herramienta que permite la explicación de los fenómenos que se suceden en la realidad y también hace posible la predicción de la conducta futura de esa realidad.»¹¹

1.1. DEFINICIONES DE TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS (T.G.S.).

Bertalanffy la define así:

«Es la exploración científica de <<todos>> y <<totalidades>> que antes se consideraban nociones metafísicas, fuera de la ciencia. Para lograr esa exploración han surgido novedosas concepciones como la teoría dinámica de los sistemas, la cibernética, la teoría de los autómatas, el análisis de los sistemas. Todo esto gracias a las teorías de los conjuntos, provenientes de las matemáticas, la teoría de las redes y las gráficas, entre otras.»¹²

En otra de sus obras, Bertalanffy escribe:

“La teoría general de sistemas consiste, pues, en el estudio científico de los <<todos>> y <<totalidades>> que, no mucho tiempo atrás, se consideraban nociones metafísicas que trascendían las fronteras de la ciencia. Y para tratarlos se han desarrollado nuevos conceptos, modelos y campos matemáticos. Al mismo tiempo, la naturaleza interdisciplinaria de los conceptos, modelos y principios correspondientes a los <<sistemas>> constituye un posible acercamiento hacia la unificación de la ciencia.”¹³

Se puede deducir de la lectura de estas dos definiciones que el objeto es parte inmersa y activa de una totalidad, por lo tanto hay que percibirlo globalmente en su relación funcional con el entorno sin preocuparnos por su estructura interna, este concepto es llamado globalismo u holismo.

Ignacio Izuzquiza en su libro “La Sociedad sin Hombres: Niklas Luhmann o la Teoría como Escándalo”, se refiere a los conceptos fundamentales de la teoría de sistemas:

11 BERTOGLIO, Oscar Johansen. Introducción a la Teoría General de Sistemas. México: Limusa, 1996. I.S.B.N: 968-18-1567-X. P. 14.

12 BERTALANFFY, Ludwing Von. Teoría General de Sistemas. México: Fondo de Cultura Económica, 1988. Buenos Aires: Carbet, 1990. Prefacio P. XIV.

13 BERTALANFFY, Ludwing Von; ASHBY, W. Ross; WEINBERG, G. M. y Otros. Op. CitP. 39.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

“Dos son los conceptos fundamentales de toda teoría de sistemas: el concepto de sistema y el concepto de entorno del sistema. Se entiende por *sistema* un conjunto de elementos interrelacionados entre sí, cuya unidad le viene dada por los rasgos de esa interrelación y cuyas propiedades son siempre diferentes a los de la suma de propiedades de elementos del conjunto. El *entorno* de un sistema es el conjunto de elementos que tienen influencia sobre los elementos del sistema o son influidos por él, aunque no pertenecen al mismo sistema. Asimismo, es importante distinguir en un sistema su estructura y su composición. La *composición* de un sistema es conjunto finito de elementos que lo forman. La *estructura* de un sistema expresa el conjunto de relaciones existentes entre los elementos que lo componen.”¹⁴

Continúa Ignacio Izuzquiza diciendo:

“Luhmann admite, como punto de partida. Algunos de los elementos de la teoría clásica de sistemas. Un sistema es un determinado conjunto de elementos que mantienen determinadas relaciones entre sí. Las propiedades y el comportamiento del sistema no es nunca equivalente a la suma de propiedades y comportamientos de sus elementos. Asimismo, en un sistema debe distinguirse la composición o conjunto de elementos que lo forman y la estructura o conjunto de relaciones entre esos elementos. Sin embargo, el concepto de sistema que Luhmann emplea supone ya el marco del estructuralismo funcional y de la autorreferencia y la autopoiesis. Es decir, un sistema es autorreferente, crea su estructura y los elementos de que se compone y se encuentra orientado en su comportamiento por determinadas funciones, que le sirven siempre de referencia dinámica.”¹⁵

1.2. EVOLUCIÓN DE LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

Durante la década de 1930 se demandó una lógica que abarcara tanto los sistemas vivientes como los no vivientes, las ideas elementales del biólogo alemán Ludwig Von Bertalanffy se publicaron en esta época, siendo una de las mayores contribuciones a las ciencias modernas y fundamentalmente a la administración, también por estos tiempos se desarrollaron conceptos relacionados con los sistemas abiertos en relación con las leyes de la termodinámica y la biología.

14 IZUZQUIZA, Ignacio. La Sociedad sin Hombres: Niklas Luhmann o la Teoría como Escándalo. Barcelona: Anthropos, 1990, p. 145.

15 Ibíd. p. 153.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

En 1928 Koehler hace los primeros intentos de explicar porqué las propiedades de los sistemas regulan las conductas de sus componentes.

En 1940 fueron publicadas en Alemania las ideas elementales de Ludwing Von Bertalanffy, las que posteriormente fueron traducidas al idioma inglés. Estas ideas elementales definen un sistema como un conjunto de unidades u objetos entre los cuales existen unas relaciones, es así como en un sistema se identifican dos elementos básicos o elementales: las unidades, objetos o elementos y las relaciones que se establecen entre estos elementos.

En 1942 Redfield presenta el tratado de unificación que muestra la gran variedad y complejidad de los eventos de transición que unen a los niveles biológico y sociocultural.

En 1948 C. E. Shannon en su trabajo «Teoría de la Información» desarrolla el concepto de cantidad de información alrededor de la teoría de la comunicación. Norbert Wiener en su trabajo «cibernética» relaciona entre sí los conceptos de entropía, desorden, cantidad de información e incertidumbre.

En 1948 John Von Newman desarrolló la teoría general del autómatas y estableció los fundamentos para la inteligencia artificial.

En 1949 Brillouin describió el contraste entre la materia viviente y la inanimada.

En 1950 a G. Sommerhoff se le atribuye el descubrimiento de “cómo representar exactamente lo que se quiere decir mediante coordinación y buena organización” (ya sea un perro, un piloto automático de un avión o una refinería de petróleo).

En la década de 1950 se hicieron ejemplos de sistemas: sistemas abiertos (Whitacker), sistemas neurológicos (Krech) y la filosofía (Bentley).

En el año de 1954 se organizó la *Society for the Advancement General Systems Theory* (Sociedad para el Avance de la Teoría General de Sistemas), en 1957 se le cambió el nombre por *Society for General Systems Research* (sociedad para la investigación general de sistemas), en 1956 la sociedad publicó el libro *Sistemas Generales*, en cuyo volumen 1 Ludwing Von Bertalanffy presentó los propósitos de esta disciplina.

La cibernética, ciencia de la información y el control aparece en los años 50 con nombres como Norbert Wiener(1948), John Von Neuman (1951), Stafford Beer (1956 –

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

1957), W. Ross Ashby (1956), quienes realizaron grandes avances. En 1956 W. Ross Ashby desarrolló los conceptos de cibernética, autorregulación, autodirección y examinó las medidas de información alrededor de las ideas de Norbert Wiener y Shannon.

En 1956 Boulding subrayó la necesidad de un <<cuerpo de constructores sistémicos que pudiera estudiar las relaciones generales del mundo empírico>>, y dijo: <<esto es cuestión de la teoría general de sistemas>>.

En 1966 Rapoport trata los usos del isomorfismo matemático, percibe la teoría general de sistemas como una metodología, más que una teoría, en el sentido científico de la palabra.

La teoría de sistemas es una posibilidad para organizar los múltiples componentes de un fenómeno o de un proceso cualquiera.

2. CONCEPTO DE SISTEMA

Bertalanffy escribe al respecto:

«El concepto de sistema constituye un nuevo paradigma, según una frase de Thomas Kuhn, o una nueva <<filosofía de la naturaleza>>, según palabras del presente autor, que opone, a <<las leyes ciegas de la naturaleza>>, del concepto mecanicista del mundo, y a la idea de que éste es un proceso contado por un idiota en una historia shakespeariana, un nuevo paradigma con una visión orgánica del <<mundo como una gran organización>>.»¹⁶

2.1. DEFINICIÓN DE SISTEMA

La materia está organizada a muchos niveles, a gran escala están las galaxias y las estrellas, a otro nivel más bajo, en la tierra, la química dio paso a la materia viva, la materia viva dio paso a un nivel de organización más sofisticado, el ser humano, y el ser humano ha desarrollado una organización social, económica y cultural, siendo esta última el nivel de organización más elaborado.

La noción de sistema es relativa¹⁷, ya que a excepción del universo en el más alto nivel de jerarquía, cualquier sistema es siempre un subsistema de un sistema más

16 BERTALANFFY, Ludwig Von; ASHBY, W. Ross; WEINBERG, G. M. y Otros. Op. Cit. P. 9.

17 DE MIGUEL, Adoración y PIATTINI, Mario. Concepción y Diseño de Bases de Datos. Madrid: Ra-Ma, 1993. ISBN: 0-201-64497-5. P. 13.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

amplio que lo contiene (recursividad), es decir, un sistema total puede hacer parte como elemento de un sistema más grande que lo contenga, ejemplo: El sistema circulatorio es todo un sistema dentro de otro sistema llamado cuerpo humano.

La Real Academia Española de la Lengua define la palabra <<sistema>> como: “un conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre sí contribuyen a un determinado objetivo.”¹⁸

Bertalanffy escribe al respecto: “Aunque el significado de la palabra <<sistema>> no es el mismo en toda circunstancia y para todo el mundo, generalmente se aplica a una disposición de componentes interrelacionados para formar un todo.”¹⁹

Continúa diciendo Bertalanffy:

“Un sistema puede definirse como un conjunto de elementos relacionados entre sí y con el medio ambiente.”²⁰

El profesor Latorre escribe al respecto: “Todo sistema está definido por las interacciones entre los subsistemas y por las relaciones que ligan las entradas y las salidas del sistema con el entorno. Las relaciones entre los subsistemas pueden ser matemáticas, energéticas o informáticas.”²¹

Maturana escribe al respecto: “Sistema es cualquier conjunto de elementos interconectados por una configuración de relaciones que constituyen la organización que lo define y especifica su identidad.”²²

En todo sistema encontramos los elementos que lo conforman, dentro de los sistemas se llevan a cabo procesos que se conocen como las funciones del sistema, los cuales se desarrollan con relación a su estructura y tienen una finalidad.

El sistema como tal presenta cualidades generales que se diferencian de las características individuales de los componentes que lo conforman. Al filósofo alemán

18 Ibíd. P. 12.

19 BERTALANFFY, Ludwig Von; ASHBY, W. Ross; WEINBERG, G. M. y Otros. Op. Cit. P. 9.

20 Ibíd. P.41.

21 LATORRE ESTRADA, Emilio. Op. Cit. P. 59.

22 MATURANA RIMESÍN, Humberto. La Realidad: ¿Objetiva o Construida?. Barcelona: Anthropos, 1995. ISBN: 84-7658-483-0. P. 154.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

George Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831) se le atribuyen las siguientes ideas: el todo es más que la suma de sus partes (ya lo había dicho Aristóteles 384-322 a. de C.) esta idea se conoce como el **concepto de sinergia**, el todo determina la naturaleza de las partes, las partes no pueden comprenderse si se consideran en forma aislada del todo, las partes están dinámicamente interrelacionadas o son independientes.

La idea de que el todo se encuentra en las partes se conoce como el **concepto de holograma**. Anaxágoras (500 – 428 a. de C.) ya opinaba que la naturaleza está hecha de muchas piezas minúsculas, indivisibles para el ojo. Todo puede dividirse en algo más pequeño, pero incluso en las partes más pequeñas, hay algo de todo. Por ejemplo, El patrimonio genético de todo el cuerpo está presente en cada célula individual, es decir, hay algo de todo en cada una de las células, y en el Interactuar de las células, se va conformando el patrimonio genético. Otro ejemplo es la idea del holograma hecho con técnica láser, si el holograma muestra un escudo, y este holograma se rompe en dos pedazos, veremos en cada pedazo la imagen de todo el escudo, esto es porque todo el motivo está presente en cada parte en que se ropa el holograma. Anaxágoras llamaba a esas partes mínimas que contienen <<algo de todo>>: <<gérmenes o semillas>>. Anaxágoras se imaginaba <<una especie de fuerza que pone orden y crea animales, flores, árboles y humanos>>. A esta fuerza la llamó espíritu o entendimiento (nous).

Edgar Morin escribe del concepto de holograma en «**el principio hologramático**»²³. En un holograma físico, el menor punto de la imagen del holograma contiene la casi totalidad de la información del objeto representado, este principio pone en evidencia la paradoja de los sistemas en las cuales no sólo las partes están en el todo, sino que el todo está en las partes. Donde el todo es más que la suma de las partes, en tanto existen cualidades que emergen, nacen de la organización del todo y pueden retroactuar sobre las partes; así mismo, el todo es menos que la suma de las partes, puesto que las partes pueden tener cualidades que son inhibidas por la organización del conjunto.

El holograma trasciende al reduccionismo que no ve más que las partes, y al holismo que no ve más que al todo. La idea hologramática está ligada al concepto de recursividad, el cual a su vez está ligado a la idea de dialógica.

23 MORIN, Edgar. Introducción al Pensamiento Complejo. Barcelona: Gedisa, 1990. ISBN: 84-732-518-8. P.107.

3. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS

3.1. SEGÚN SU ESTRUCTURA: Simples, complejos y dinámicos.

Los sistemas simples tienen pocos elementos y pocas relaciones. Los sistemas complejos tienen muchos elementos y muchas relaciones, algunas contradictorias. Los sistemas dinámicos cambian su estructura con frecuencia.

3.2. SEGÚN SU FUNCIÓN: Determinísticos y probabilísticos.

3.2.1. Sistemas Determinísticos. Los sistemas determinísticos son aquellos de los que se puede predecir cual va a ser su comportamiento, ya que la estructura del sistema, a leyes de causalidad son bien conocidas, y garantizan un desempeño uniforme dentro de unos límites de variación relativamente estrechos, los cuales se explican por variaciones en las entradas y salidas sin tener en cuenta el comportamiento que presentaron las partes relacionadas en el proceso. Al respecto el profesor Latorre escribe:

“En estos sistemas un estado cualquiera puede ser determinado a partir de los estados anteriores o por una predicción que se hará en leyes precisas de comportamiento del sistema. En los sistemas determinísticos se puede decir que a entradas iguales corresponden salidas iguales.”²⁴

3.2.2. Sistemas Probabilísticos. Al contrario de los determinísticos, los sistemas probabilísticos tienen un factor de azar e incertidumbre, que hace que su comportamiento no se pueda predecir tan fácilmente debido a que no se conocen todas las relaciones que se dan entre las partes que intervienen en el proceso, en estos sistemas sólo se puede esperar un determinado comportamiento dentro de ciertos límites con una cierta probabilidad. Al respecto el profesor Latorre escribe:

“En estos sistemas un estado no puede determinarse con exactitud con base a los estado anteriores, ni existen leyes precisas del comportamiento del sistema en su totalidad. En otras palabras a entradas iguales corres-

24 LATORRE ESTRADA, Emilio. Op. Cit. P. 56.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

ponden salidas diferentes cuyos valores pueden variar siguiendo alguna distribución aleatoria susceptible de ser determinada en algunos casos.”²⁵

3.3. POR SU TELEOLOGÍA.

Un sistema típico es finalista²⁶, es decir, los elementos que conforman el sistema se relacionan para contribuir a un objetivo común (teleología).

Los sistemas se caracterizan por su estructura, su funcionamiento y su teleología.

3.4. POR SU CREACIÓN: sistemas naturales y sistemas artificiales.

Los sistemas se dividen en dos grandes grupos que son: los naturales²⁷ y los artificiales²⁸, estos últimos son debidos al hombre, quien los ha creado de su imaginación.

3.4.1. Sistemas naturales. Se refiere a aquellos sistemas en los cuales la mano del hombre no ha intervenido. Ejemplo: El sistema planetario.

3.4.2. Sistemas artificiales: sistemas de procedimientos, sistemas físicos, sistemas sociales y sistemas conceptuales. Estos sistemas han sido diseñados y desarrollados por el hombre, son producto de la cultura humana. El profesor Latorre divide estos sistemas en cuatro subcategorías (tipos): sistemas de procedimientos, sistemas físicos, sistemas sociales y sistemas conceptuales.

3.4.2.1. Sistemas de procedimientos. “Constituidos por un conjunto coordinado de principios, reglas y normas que deben o pueden seguirse para resolver algún problema o realizar una tarea. Ejemplo: los sistemas legales, el software.”²⁹

25 Ibíd. P. 56.

26 DE MIGUEL, Adoración y PIATTINI, Mario. Op. Cit. P. 13.

27 Ibíd. P. 13.

28 Ibíd. P. 13.

29 LATORRE ESTRADA, Emilio. Op. Cit. P. 55.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

3.4.2.2. Sistemas físicos. “Constituidos por un conjunto coordinado y conectado de elementos físicos, diseñados para algún propósito. Ejemplo: las máquinas de todo tipo, el hardware.”³⁰

3.4.2.3. Sistemas sociales. “Compuestos por grupos de personas organizadas y coordinadas que actúan para servir intereses mutuos y/o alcanzar objetivos comunes. Ejemplo: la familia, asociaciones de personas.”³¹

3.4.2.4. Sistemas conceptuales. “Se refieren a las teorías que comprenden un cuerpo coordinado de hechos, principios e hipótesis por medio de las cuales pueden ordenarse, explicarse o entenderse algún aspecto de la realidad.”³²

3.5. SEGÚN LA FORMA EN QUE INTERACTÚAN CON EL MEDIO: abiertos, cerrados y cibernéticos.

3.5.1. Sistema Cerrado. Es aquel que no interactúa con el medio, no recibe entradas del entorno ni tampoco le produce salidas. La noción de sistema cerrado, es una noción tomada de la primera ley de la termodinámica, es decir, no dispone de una fuente energética exterior a sí mismo. El sistema cerrado está en estado de equilibrio, es decir que los cambios de energía y materia con el exterior son nulos (primera ley de la termodinámica), por lo tanto, no tiene individualidad, ni intercambio.

Bertoglio define un sistema cerrado así:

«Sistema abierto lo definimos como aquel sistema que interactúa con su medio, importando energía, transformando de alguna manera esa energía, finalmente exportando la energía convertida. Un sistema será cerrado cuando no es capaz de llevar a cabo esta actividad por su cuenta.»³³

3.5.2. Sistema Abierto. es aquel que interactúa con el medio, tomando entradas de él y produciéndole salidas, podemos decir que un sistema abierto está altamente influenciado por su medio ambiente. La noción de sistema abierto, es una noción tomada de la termodinámica, en la cual el sistema dispone de una fuente energética exterior de sí mismo. El sistema abierto está en estado de desequilibrio en relación

³⁰ Ibid. P. 55.

³¹ Ibid. P. 55.

³² Ibid. P. 56.

³³ BERTOGLIO, Oscar Johansen. Op. Cit. P. 70.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

con el flujo energético que lo alimenta (segunda ley de la termodinámica), y sin ese flujo, habría desorden organizacional que conllevaría a su decadencia rápida. La paradoja que se observa aquí, es que, mientras el flujo energético se mantenga se observa en el sistema que las estructuras se mantienen mientras que los elementos componentes cambian, es como si el sistema se cerrara el mundo exterior a fin de mantener sus estructuras y su medio interno, que si no, se desintegraría.

Edgar Morin escribe:

«La realidad está, de allí en más, tanto en el vínculo como la distinción entre el sistema abierto y su ambiente, ese vínculo es absolutamente crucial desde el punto de vista epistemológico, metodológico, teórico, empírico. Lógicamente el sistema no puede ser comprendido más que incluyendo en sí al ambiente, que le es a la vez íntimo y extraño, y es parte de sí mismo siendo, al mismo tiempo, exterior.»³⁴

Bertoglio define el sistema abierto así: «aquel sistema que interactúa con su medio, importando energía, transformando de alguna manera esa energía finalmente exportando la energía convertida.»³⁵

3.5.3. Sistema Cibernético.

La cibernética, del griego *kubernêsis*, que significa <<pilotaje>>; y de la expresión griega *kubernates* que significa <<contralor>>. Platón en su obra La República lo utiliza para designar tanto el arte de dirigir una nave *kubernêsis*, como el arte de comandar *kubernates*. La idea es que el timonel basa sus decisiones en la información que obtiene de los sistemas de comunicación y de control con que cuenta el barco.

Los componentes básicos de un sistema son: los elementos de entrada, los elementos de proceso y los elementos de salida, este concepto se amplía incluyendo dos componentes adicionales: la retroalimentación (*feedback*) y el control; un sistema que involucre estos conceptos es llamado un <<sistema cibernético>>, o sea un sistema que se automonitorea y se autorregula.

Un sistema cibernético adaptativo es un sistema abierto, interactúa con su medio ambiente, y de sus salidas se retroalimenta con el fin de adaptarse a las nuevas cir-

34 MORIN, Edgar. Op. Cit. P. 44-45.

35 BERTOGLIO, Oscar Johansen. Op. Cit. P. 69.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

cunstancias que se detecten; por lo tanto, estos sistemas tienen la habilidad de autoajustarse a su medio ambiente y al mismo tiempo ajustarse internamente al logro de sus objetivos y metas.

La retroalimentación se da con información sobre el funcionamiento de los componentes del sistema. El control es el componente del sistema que evalúa la retroalimentación para determinar si se está avanzando correctamente hacia sus metas, o si no, para tomar las acciones necesarias sobre sus entradas y procesos, con el fin de asegurar las salidas correctas.

El profesor Oscar Bertoglio escribe al respecto de la cibernética:

“Esta ciencia desarrollada por Norbert Wiener del M.I.T. en su clásico libro <<cibernética>> se basa en el principio de retroalimentación (o causalidad circular) y de homeostasis; explica los mecanismos de comunicación y control de las máquinas y los seres vivos que ayudan a comprender los comportamientos generalizados por estos sistemas que se caracterizan por sus propósitos, motivado por la búsqueda de algún objetivo, con capacidades de auto-organización y de auto-control.”³⁶

Al respecto de la auto-organización, el profesor Latorre escribe:

”Un sistema es auto-organizado si puede evolucionar para perseguir mejor su finalidad, teniendo en cuenta su entorno. La auto-organización puede producir dos tipos de modificación estructurales: una relacionada con el modo de organización de los subsistemas que generalmente se traduce en una jerarquización de ellos, con la aparición de un subsistema dominante y otra asociada con el modo de comportamiento de los subsistemas, que generalmente se traduce en una especialización de los subsistemas que realizan unas funciones particulares.”³⁷

Al respecto de la auto-aprendizaje, el profesor Latorre escribe: ”Hay aprendizaje si el sistema puede modificar las características de sus niveles temporales sucesivos, de tal manera que se adapte mejor al entorno.”³⁸

Al respecto de la adaptación Maturana escribe:

36 Ibíd. P. 29.

37 LATORRE ESTRADA, Emilio. Op. Cit. P. 67.

38 Ibíd. P. 67.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

“Es la relación de congruencia dinámica entre el ser vivo y su dominio de existencia en la que éste conserva su organización de ser vivo porque todas sus interacciones son sólo perturbaciones. Como tal, la relación de adaptación es una invariante, y/o se conserva en el vivir del ser vivo porque éste sólo encuentra perturbaciones en sus interacciones en el medio, y éste vive, o se pierde porque el ser vivo encuentra una interacción destructiva en sus interacciones con el medio, y se desintegra. Esto es, la conservación de la adaptación es una condición de existencia en los seres vivos. Además, como en el vivir el ser vivo cambia continuamente su estructura, el ser vivo se desliza en el medio siguiendo en él el camino de interacciones en que se conserva la relación de adaptación en un proceso en el que el ser vivo y el medio cambian juntos conservando su congruencia recíproca hasta que el ser vivo muere.”³⁹

Al respecto de la auto-regulación, el profesor Latorre escribe:

“La autorregulación de un sistema se refiere a las características estructurales y funcionales que son necesarias para que el sistema pueda lograr su finalidad. Según la forma en que el sistema reacciona a la perturbaciones del medio ambiente, existen dos grandes tipos de regulación: la regulación pasiva, que consiste en atenuar las perturbaciones del medio ambiente y la regulación activa, que consiste en absorber las perturbaciones del medio ambiente y compensarlas al interior del sistema. Existen dos tipos de regulación activa, dependiendo de que la toma de información del regulador sea de la entrada o de la salida: por interacción (o por anticipación), en donde se necesita conocer la ley de transformación del operador para poder regular antes y por retroacción (por error o por retroalimentación), donde se necesita conocer el sentido de la variación de la salida en función de la entrada.”⁴⁰

“La regulación puede ser positiva o negativa. En la negativa el regulador tiende a comparar el efecto de la variable de entrada sobre la variable de salida, es un amortiguador. En la positiva el regulador tiende a acentuar la variable de entrada sobre la salida y entonces a maximizar esta salida en un amplificador.”⁴¹

39 MATURANA RIMESÍN, Humberto. Op. Cit. P. 152.

40 LATORRE ESTRADA, Emilio. Op. Cit. P. 67-68.

41 Ibíd. P. 70-71.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

La teoría cibernética, está basada en el **principio de retroalimentación (*feed back*) o causalidades circulares** el cual se basa en la transferencia de información entre los sistemas y medios circulantes, la idea de retroacción rompe con el principio de causalidad lineal, esta teoría lleva inmersa la teoría de la información y esta a la vez es una medida del orden de la organización.

Se dan dos tipos de retroalimentación: feedback positivo y feedback negativo.

Feed back positivo: se presenta cuando la desviación de la respuesta se desplaza desde el punto de equilibrio aumentando o disminuyendo el movimiento en la siguiente respuesta circular.

Al respecto el profesor Bertoglio escribe:

“En efecto, cuando la acción sigue a la recepción de la comunicación de retroalimentación, va dirigida a apoyar la dirección o al comportamiento inicial tenemos una <<retroalimentación positiva>>. O, en otras palabras, cuando mantenemos constante la acción y modificamos los objetivos, estamos utilizando la retroalimentación en un sentido positivo.”⁴²

Feed back negativo: Tiende a restablecer el punto de equilibrio, no lo modifica o cambia como en el caso anterior, es decir, tiende a amortiguar el fenómeno y conservar el sistema en un estado estable.

Al respecto el profesor Bertoglio escribe: “Hemos señalado que en general los sistemas tienden a mantener el equilibrio, sea estadístico u homeostático (estado permanente) y que actúan sobre ellos dos fuerzas: una que trata de impedir los cambios bruscos y otra que impulsa al sistema a cambiar, pero en forma lenta y evolutiva.”⁴³

Continúa diciendo el profesor Bertoglio:

“En otras palabras, cuando el sistema se desvía de su camino, la información de retroalimentación advierte este cambio a los centros decisionales del sistema y éstos toman las medidas necesarias para unificar acciones correctivas que deben hacer retornar al sistema a su camino original. Cuando la información de retroalimentación es utilizada en este sentido, decimos

42 BERTOGLIO, Oscar Johansen. Op. Cit. P. 134-135.

43 Ibíd. P. 130.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

que la comunicación de retroalimentación es negativa (o simplemente retroalimentación negativa).⁷⁴⁴

Edgar Morin toma el principio de causalidades circulares y el concepto de recursión y define «El principio de recursión»⁴⁵. El principio de recursión va mucho más allá del principio de retroacción (*feed-back*) de la teoría cibernética, supera la noción de regulación por la noción de auto-organización, rompe con la idea lineal causa / efecto, de producto / productor, de estructura / superestructura; es un círculo generador por el cual los productos y los efectos son, al mismo tiempo, causas y productores de aquello que los produce. Por ejemplo, los individuos en sus interacciones cotidianas producen la sociedad, y ésta retroactúa como un todo sobre los individuos y, produce en esos individuos una cultura específica, un lenguaje, un saber adquirido, que los lleva a tener un modo de comportamiento determinado. Todo lo que es producido reentra sobre aquello que lo ha producido en un ciclo que es en sí mismo auto-constitutivo, auto-organizador, y auto-productor.

Los procesos cibernéticos cumplen dos funciones: mantener los elementos del sistema dentro de los límites aceptables y permitir que la adaptación ocurra. Al respecto el profesor Latorre escribe:

“Un sistema es adaptativo si él puede adoptar un comportamiento favorable a sus finalidades, teniendo en cuenta el entorno. Cuando hay cambios desfavorables en el entorno, el sistema puede adoptar uno de los tres comportamientos siguientes: la fuga, es decir el abandono de un entorno por otro más favorable; la lucha, es decir la acción sobre el entorno, para modificar las entradas en un sentido favorable; o la adaptación, es decir la utilización de variables controladas por el sistema para modificar en un sentido favorable los efectos de entrada (atenuando sus efectos).⁷⁴⁶

La teoría cibernética incluye el concepto de homeostasis, también conocido como el concepto de clímax. Lo ideó W. B. Cannon en 1936, para describir cómo el cuerpo auto-manténía el control biológico de sus funciones. Los sistemas vivientes, se encuentran en un estado de desequilibrio, un estado de evolución al que se la ha llamado homeosquinesis para explicar el hecho de que los sistemas vivientes se deterioran y mueren.

44 Ibíd. P. 132.

45 MORIN, Edgar. Op. Cit. P.106.

46 LATORRE ESTRADA, Emilio. Op. Cit. P. 59.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

Por homeostasis se entiende el conjunto de acciones que permiten mantener una variable dentro de unos niveles deseados, ya sea que las actividades se generen al interior del sistema o en un subsistema en particular o ayudados por otros subsistemas, basando su comportamiento en el principio de la retroalimentación negativa que establece: que a más, entonces menos, y a menos, entonces más. Las desviaciones de un nivel o punto considerado como normal activan un censor, cuyas señales desencadenan cambios compensadores que permanecen hasta cuando el nivel de la variable sea alcanzado. Por lo tanto, la homeostasis son los procesos de ajuste a realizar en el sistema que se dan a partir de los procesos de retroalimentación (feedback) cuyo fin es llevar el sistema a un estado de equilibrio dinámico entre las partes del sistema y el entorno.

A través de procesos homeostáticos el sistema logra su estabilidad o estado de equilibrio. Sin embargo, se trata de una estabilidad o equilibrio dinámico, es decir, en constante cambio.

El profesor Latorre se refiere a la homeóstasis así: “Es la característica fundamental de un sistema auto-regulado. Un sistema así reacciona a toda perturbación de origen interno o que proviene del entorno, por medio de mecanismos reguladores que buscan volver el sistema a su estado inicial”⁴⁷

4. CONCEPTOS APLICABLES A LOS SISTEMAS

4.1. LA FUNCIÓN

Los procesos que se llevan a cabo dentro del sistema se conoce como las funciones, por lo tanto el sistema tiene una función en relación con su medio. Todo sistema viviente tiene una función, ésta es generar la neguentropía necesaria que le permita sobrevivir hasta cumplir su ciclo de nacer - crecer - y morir. Los sistemas inanimados están desprovistos de función de tal manera que adquieren una función cuando entran en relación con otros sistemas.

La interacción entre los elementos del sistema le da sus atributos que los individualizan como sistema.

⁴⁷ Ibíd. P. 65.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

Respecto al funcionamiento el profesor Latorre escribe: “El funcionamiento se refiere a la transformación efectuada por cada subsistema y los flujos entre subsistemas y el entorno.”⁴⁸

Respecto a la función, Ignacio Izuzquiza retomando a Niklas Luhmann dice:

“Un sistema se encuentra ordenado al *cumplimiento de una determinada función*. Es este un rasgo especialmente importante del concepto de sistema que Luhmann emplea. Unir el sistema al concepto de función supone, como ya he indicado, dinamizar, más si cabe, la propia teoría de sistemas, es este elemento el que permite a Luhmann destacar, como veremos, el esencial concepto de <<diferenciación funcional>> de un sistema, y su análisis de la sociedad como sistema que se diferencia en diferentes subsistemas –la economía, la política, la religión, el derecho, la educación, etc.–, cada uno de los cuales cumple una determinada función específica. Sin olvidar que será la función la que acotará un espacio de elección, y un espacio de equivalencias de elección para cada sistema.”⁴⁹

4.2. LA DEFINICIÓN

Al respecto el profesor Latorre escribe:

“El grado de definición de un sistema está dado por el grado de definición del conjunto de sus elementos y componentes, por el grado de definición de su entorno y por el grado de especificación de las relaciones que ligán a dichos elementos y componentes y al entorno con el sistema. Así, un sistema estará bien definido cuando se puedan especificar todos y cada uno de los elementos que lo constituyen, la forma en que ellos están organizados funcionalmente, la naturaleza de las funciones que ellos cumplen y cuando se conocen los efectos que sobre el sistema tiene los fenómenos de su entorno y viceversa.”⁵⁰

48 Ibíd. P.66

49 IZUZQUIZA, Ignacio. Op Cit, p. 154 y 155.

50 LATORRE ESTRADA, Emilio. Op. Cit. . P. 62.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

El profesor Bertoglio escribe:

“Como un método de análisis presentamos el conjunto de pasos que, a nuestro juicio, son la etapas que puede seguir nuestro investigador para alcanzar su objetivo: describir y definir el sistema total. Los pasos son los siguientes:

1. Los objetos del sistema total.
2. El medio en que vive el sistema.
3. Los recursos del sistema.
4. Los componentes del sistema.
5. La dirección del sistema.”⁵¹

Al respecto Bertalanffy escribe:

“Podemos distinguir, en primer lugar, los sistemas reales, esto es, entidades percibidas mediante la observación o inferidas de ésta, y con una existencia independiente del observador. Por otra parte hay que considerar los sistemas conceptuales, tales como las matemáticas y la lógica, que son en esencia construcciones simbólicas (en que se incluye también, por ejemplo, la música); esta última categoría contiene, como subclase, a los sistemas abstraídos (la ciencia), esto es, sistemas conceptuales que corresponden a una realidad. Sin embargo, esta distinción no es tan nítida como parece.”⁵²

Continúa diciendo Bertalanffy:

“De aquí que un objeto (y en particular un sistema) sea sólo definible por su cohesión en un sentido amplio, esto es, por las interrelaciones entre los elementos componentes. En este aspecto un ecosistema o un sistema social son tan <<reales>> como una planta, un animal, o un ser humano, y de hecho, problemas que constituyen una alteración del ecosistema, como la contaminación, o los problemas sociales, patentizan señaladamente su <<realidad>>. La interacciones (o, más generalmente las interrelaciones) no se ven o perciben nunca directamente; son construcciones conceptuales.”⁵³

51 BERTOGLIO, Oscar Johansen. Op. Cit. P. 148.

52 BERTALANFFY, Ludwig Von; ASHBY, W. Ross; WEINBERG, G. M. y Otros. Op. Cit. P. 47.

53 Ibíd. P. 47-48.

4.3. EL ENTORNO

Ignacio Izuzquiza, citando a Niklas Luhmann dice:

“Un sistema *no puede existir nunca sin su entorno*, de modo que entre sistema y entorno se establece una relación necesaria para la definición de un conjunto de elementos como sistema. De hecho, la unidad de un sistema es la unidad de la diferencia que mantiene con su entorno, Y la identidad de un sistema se basa, precisamente, en la diferencia que existe entre ese sistema y su entorno. Esta diferencia supone considerar cómo el sistema establece sus límites que lo diferencian respecto a su entorno. Como ya he indicado, tales límites marcan el ámbito de posibilidades entre las que el sistema puede elegir, son límites que reducen complejidad, se encuentran mediado por determinadas funciones y se forman a lo largo de la evolución.”⁵⁴

4.4. LA ORGANIZACIÓN

Parte del organismo concebido como totalidad armoniosamente organizada. La organización viviente, es decir la organización auto-organizadora, auto-reproductora, auto-reparadora obedece a una organización compleja.

Al respecto Maturana escribe:

“Configuración de relaciones entre componentes que definen y constituyen la identidad de clase de un sistema particular; todo sistema queda definido y constituido por su organización, y, por esto, ningún sistema queda definido o constituido por sus componentes. La organización que define a un sistema como un sistema de cierta clase permanece necesariamente mientras éste conserva su identidad de clase, y mientras se conserva la organización que define la identidad de clase de un sistema éste conserva su identidad de clase.”⁵⁵

54 IZUZQUIZA, Ignacio. Op. Cit. p. 156.

55 MATURANA RIMESÍN, Humberto. Op. Cit. P.156.

4.5. EL PRINCIPIO DE ORGANICIDAD

Al respecto el profesor Oscar Bertoglio escribe:

“Hemos observado que los sistemas tienden a permanecer en cierto equilibrio (estadístico u homeostático). Pero en un capítulo anterior veíamos que existe una fuerza que tiende a destruir el sistema, el principio de la entropía siempre creciente, Aparentemente, parece existir aquí una contradicción entre esta tendencia al caos, por una parte, y por otra, un proceso de evolución que tiende a aumentar el grado de organización que poseen los sistemas (sistemas abiertos y, en especial, los sistemas vivos), fenómeno que podemos denominar el <<principio de la organicidad>>.”⁵⁶

4.6. LA COMPLEJIDAD

La teoría clásica de sistemas, se refiere a la complejidad, definiéndola en función del número de elementos que conforman el sistema, y el número de las relaciones que se da entre estos elementos componentes del sistema, y entre éste y el entorno.

Ignacio Izuzquiza, refiriéndose a Niklas Luhmann dice:

“Todo sistema mantiene siempre una relación con su complejidad: es un medidor de complejidad, una forma destinada a *reducir la complejidad*. Todo cuanto hemos advertido acerca de la complejidad debe, pues, incluirse en la descripción de lo que sea un sistema. La creación de sistemas equivale a estabilizar estructuras de sentido que reducen la complejidad. Formar sistemas supone siempre disponer de un orden menos complejo que el que se daba antes de formar el sistema”⁵⁷.

4.7. LOS OBJETIVOS

Al respecto el profesor Latorre escribe:

“La idea de identificar los objetivos de un <<sistema>> es más inmediata en los sistemas artificiales que en los naturales ya que parece evidente que la creación de sistemas por los seres humanos obedece a una necesidad, la

⁵⁶ BERTOGLIO, Oscar Johansen. Op. Cit. P. 118.

⁵⁷ IZUZQUIZA, Ignacio. Op. Cit. p. 153 y 154.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

cual determina su objetivo. En el caso de los sistemas sociales también es común encontrar el cambio de objetivos con el tiempo.”⁵⁸

4.8. LA MISIÓN

Al respecto el profesor Bertoglio escribe:

“Desde el punto de vista de las misiones del sistema puede ser útil identificar aquí las diferentes funciones que debe llevar a cabo un sistema para sobrevivir (constituye la misión más importante del sistema total).

Katz y Kahn en un interesante estudio de la conducta de las organizaciones desde el punto de vista de la teoría de sistemas, distinguen cinco misiones fundamentales, ellas son:

1. La misión de producción: es decir, la conversión de la energía en el bien y/o servicio característico del sistema.
2. La misión de apoyo: es decir, funciones por las cuales se provee de suficiente energía al proceso de producción; la función de <<comerciar>> La corriente de salida en el medio y así originar Las nuevas corrientes de entrada (el ciclo de actividad y las funciones de legalización del sistema en su medio).
3. La misión de mantención: es decir, las funciones destinadas a lograr que los componentes del sistema permanezcan dentro del sistema, cuando éste lo requiere, tanto física como psicológicamente.
4. La misión de adaptación: es decir, las funciones destinadas a observar los cambios que se suceden en el medio, predecir las consecuencias que éstos tendrán para el sistema y proponer las medidas necesarias para adaptar el sistema a las nuevas condiciones del medio.
5. La misión de dirección: es decir, el gobierno del sistema, la coordinación de los subsistemas, la adjudicación de recursos entre ellos, todo esto para cumplir su misión (o las misiones) general del sistema total.”⁵⁹

58 LATORRE ESTRADA, Emilio. Op. Cit. P.61.

59 BERTOGLIO, Oscar Johansen. Op. Cit. P. 161.

4.9. LA EQUIFINIDAD

Al respecto el profesor Latorre escribe: “Hace énfasis sobre la importancia de la estructura de los sistemas y no en la génesis de los mismos. El estado actual de un sistema depende más de la interrelación entre sus elementos que de su estado inicial.”⁶⁰

4.10. LA ESTRUCTURA

Define la forma como los elementos componentes del sistema se relacionan, es el marco de interacción y organización entre los componentes que los integran; ella constituye la característica de mayor estabilidad del sistema posibilitando que mantenga su integridad, a pesar de los cambios cuantitativos que se desarrollan dentro de ciertos límites. Está dada por el conjunto ordenado de las relaciones entre los componentes, y está vinculada con los mecanismos que posibilitan la actividad y el desarrollo del mismo.

El nivel de jerarquía está fundamentado en los distintos grados como los sistemas se pueden ir integrando.

Demócrito (460 - 370 a. de C.) Estaba de acuerdo con Heráclito en que todo en la naturaleza “fluye”, las formas van y vienen. Pero, detrás de todo lo que fluye, se encuentran algunas cosas eternas e inalterables que no fluyen. A esas cosas las llamó Demócrito <<átomos>>.

Tanto Empédocles (494 – 434 a. de C.) como Demócrito habían señalado que todos los fenómenos de la naturaleza fluyen, pero que, sin embargo, tiene que haber <<algo>> que nunca cambie. Platón (427 – 347 a. de C.) sigue ese planteamiento pero de manera distinta. Platón opina que <<todo>> lo que podemos tocar y sentir en la naturaleza fluye. Absolutamente todo lo que pertenece al <<mundo de los sentidos>> está formado por una materia que se desgasta con el tiempo. Pero, a la vez, todo está hecho con un <<molde>> eterno e inmutable. Pensaba que tenía que haber una realidad detrás del <<mundo de los sentidos>>, y a esta realidad la llamó el <<mundo de las ideas>>.

Los sistemas involucran una noción de orden, constituido por un arreglo o configuración de los elementos y componentes, que tiene algún tipo de estabilidad en el tiempo y cuya dinámica es susceptible de ser conocida.

60 LATORRE ESTRADA, Emilio. Op. Cit. P.65.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

El orden es la disposición relacional de los componentes que configuran la estructura del sistema, a través de la cual fluye la dinámica de éste hacia el logro de los objetivos. Sin embargo el concepto de <<estructura>> se reserva generalmente para aquellas relaciones más permanentes e importantes del sistema, que lo identifican y lo caracterizan.

Respecto a la estructura el profesor Latorre escribe: “La estructura está formada por el conjunto de características más invariantes y que aseguran la vida del sistema.”⁶¹

Respecto a la estructura Maturana escribe:

“Los componentes y las relaciones entre componentes que realizan a un sistema particular como un sistema particular de una cierta clase.

La estructura de un sistema involucra más dimensiones que la organización, pues incluye componentes y relaciones. De hecho la organización de un sistema es un subconjunto de las relaciones de su estructura y se realiza en ella. Por esto, la estructura de un sistema puede variar de dos modos: a) de modo que el sistema conserva la organización, y por ende, su identidad de clase, y b) de modo que el sistema pierde su organización, no conserva su identidad de clase y se desintegra.”⁶²

Ignacio Izuzquiza dice:

“Vimos que la estructura de un sistema, en la teoría de sistemas clásica, era el conjunto de relaciones establecidas entre sus elementos. Luhmann mantiene este significado del concepto, pero lo denota de un importante matiz. La estructura es siempre una *estructura dinámica, mediante la que el sistema tiene una organizada apertura respecto a otras posibilidades*. Dicho de otro modo, la estructura es un modo de estabilización del sistema que nunca cierra al sistema a diferentes posibilidades, sino que le permite acceder a ellas, eligiendo y estableciendo conexiones de modo eficaz. Sólo mediante la formación de estructuras puede el sistema hacer eficaz su propia apertura para otras posibilidades, ser suficientemente complejo él mismo y mantener un nivel en el que sea posible la selección.”⁶³

61 Ibíd. p. 66.

62 MATURANA RIMESÍN, Humberto. Op. Cit. P.156.

63 IZUZQUIZA, Ignacio. Op. Cit. p. 155.

4.11. LA JERARQUIZACIÓN

Al respecto el profesor Latorre escribe: “Se trata de saber cuál sistema está subordinando a otros y cómo se presentar dicha subordinación.”⁶⁴

La palabra jerarquía viene del griego *hieros* (sagrado) y *archos* (gobierno), un ejemplo de subordinación se da en la siguiente cadena: célula – tejido – órgano – sistema de órganos – organismo – familia – aldea – pueblo – ciudad – país - mundo.

De la jerarquía en la administración John H. Milsmun escribe:

“En una agrupación humana un poco diferente, tal como la de las personas que trabajan en una empresa, un sistema jerárquico simboliza normalmente la forma de la administración. Ésta comprende convencionalmente los sucesivos niveles descendentes desde el único puesto de presidente hasta los trabajadores, en un número mucho mayor.”⁶⁵

4.12. LA EVOLUCIÓN

Al respecto el profesor Latorre escribe: “La evolución es la modificación de las leyes de la transformación de los subsistemas, de la frontera del sistema, del modo de organización de los subsistemas y de los canales de comunicación entre los subsistemas y el entorno.”⁶⁶

4.13. LA RESILIENCIA

Al respecto el profesor Latorre escribe: “Es la capacidad que tiene un sistema para resistir cambios producidos por su entorno.”⁶⁷

4.14. LA INVARIANTE

El profesor Latorre la define así: “El concepto de invariante en el tiempo es la propiedad de un sistema que se conserva no obstante las transformaciones que éste sufre con el tiempo. Se refiere a aquellas características que permanecen inalteradas así el sistema haya cambiado su estructura como producto de la evolución.”⁶⁸

64 LATORRE ESTRADA, Emilio. Op. Cit. P. 72.

65 BERTALANFFY, Ludwig Von; ASHBY, W. Ross; WEINBERG, G. M. y Otros. Op. Cit. P.175.

66 LATORRE ESTRADA, Emilio. Op. Cit. P. 66.

67 Ibíd. P. 63.

68 Ibíd. P. 65.

4.15. LA ENERGÍA ÚTIL

En el siglo XIX los físicos y matemáticos estudiaron la eficiencia de los motores térmicos para explicar porqué estos no se podían aprovechar al 100%, se concluyó que su eficacia era siempre inferior al 100% debido a razones de la física, es decir, que la energía se degrada bajo la forma de calor. Toda actividad, todo trabajo, produce calor; toda utilización de la energía tiende a degradar dicha energía. En el mundo real las máquinas trabajan con eficiencia menor al 100%, de lo que se deduce que se malgasta algo de energía, esta energía no desaparece se disipa, o sea, perdemos su control, es decir deja de ser energía útil.

4.16. LA COMPETENCIA Y LA COOPERACIÓN

Al respecto John H. Milsum escribe: “La competencia y la cooperación constituyen procesos básicos y claves en los sistemas vivientes, y en gran parte como resultado de éstas, los sistemas vivientes muestran numerosas y complejas pautas de comportamiento.”⁶⁹

4.17. LA AUTOPOIESIS

Al respecto del tema Maturana escribe:

“Se necesitó que se diera un intercambio molecular, con moléculas capaces de clausurarse frente al medio ambiente, para crear proteínas cuya flexibilidad y capacidad de asociación es prácticamente ilimitada y permite generar membranas suficientemente estables, sólo cuando el planeta generó las condiciones para generar este tipo de proteínas apareció lo vivo. Hubo un momento en la historia en que fue posible la formación de cadenas de reacciones moleculares de un tipo peculiar, esta peculiaridad es llamada por Maturana: autopoiesis.

La noción de autopoiesis sirve para describir un fenómeno circular: las moléculas orgánicas forman redes de reacciones que producen a las mismas moléculas de las que están integradas.

Las redes e interacciones moleculares que se producen así mismos y especifican sus propios límites son los seres vivos, es decir, su característica principal es que se reproducen a sí mismos.

69 BERTALANFFY, Ludwig Von; ASHBY, W. Ross; WEINBERG, G. M. y Otros. Op. Cit P. 183.

Ideas Básicas del Pensamiento Sistémico

Un sistema autopoiético se genera de su propia información y se constituye distinto del medio ambiente a través de su propia dinámica, de tal forma que el sistema y su dinámica son inseparables.”⁷⁰

⁷⁰ MATURANA RIMESÍN, Humberto. Op. Cit. P. 5, 43-44.

Bibliografía

BERTALANFFY, Ludwing Von. Perspectivas en la Teoría General de Sistemas. Madrid: Alianza Editorial, 1992. 166 P. ISBN: 84-206-2230-3.

BERTALANFFY, Ludwing Von. Teoría General de Sistemas: Fundamentos, Desarrollos, aplicaciones. México: Fondo de Cultura Económica, 1976. 319 P.

BERTALANFFY, Ludwing Von; ASHBY, W. Ross; WEINBERG, G. M. y Otros. La Teoría General de Sistemas. Selección y Prólogo. J. KLIR, George. Madrid: Alianza Editorial, 1987. 319 P. ISBN: 84-206-2208-7.

BERTOGLIO, Oscar Johansen. Introducción a la Teoría General de Sistemas. México: Limusa, 1996. 167 P. ISBN: 968-18-1567-X.

DAVIS, Paul. El Universo Desbocado. Barcelona: Salvat Editores, 1985. 204 P. ISBN: 84-345-8361-5.

DE MIGUEL, Adoración y PIATTINI, Mario. Concepción y Diseño de Bases de Datos. Madrid: Ra-Ma, 1993. ISBN: 0-201-64497-5. P. 12.

GARDER, Jostein. El Mundo de Sofia. Santafé de Bogotá: Norma, 1995. 638 P. ISBN: 958—04-2976-6.

HAWKING, Stephen. Breve Historia del Tiempo. Santafé de Bogotá: Planeta, 1996. P. 194. ISBN: 968-406-356-3.

IZUZQUIZA, Ignacio. La Sociedad sin Hombres: Niklas Luhmann o la Teoría como Escándalo. Barcelona: Anthropos, 1990, 350 P. ISBN 84-7658-240-4.

LATORRE ESTRADA, Emilio. Teoría General de Sistemas: Aplicada a la Solución Integral de Problemas. Santiago de Cali: Universidad del Valle, 1996. 217 P. ISBN: 958-670-072-0.

LILIENFELD, Robert. Teoría de Sistemas: Orígenes y Aplicaciones en Ciencias Sociales. México: Trillas, 1984. 339 P. ISBN: 968-24-1492-X.

LUHMANN, Niklas. Sociedad y Sistema: La Ambición de la Teoría. Barcelona: Paidós, 1990, 144 P. ISBN 84755095781.

MATURANA RIMESÍN, Humberto. La Realidad: ¿Objetiva o Construida? Barcelona: Anthropos, 1995. 162 P. ISBN: 84-7658-483-0.

MATURANA RIMESÍN, Humberto. La Objetividad: Un Argumento para Aplicar. Santiago de Chile: Dolmen Ediciones, 1997. 148 P. ISBN: 956-201-286-7.

MORIN, Edgar. Introducción al Pensamiento Complejo. Barcelona: Gedisa, 1990. 167 P. ISBN: 84-732-518-8.

SINGH, Jagjit. Ideas Fundamentales Sobre la Teoría de la Información, del Lenguaje y de la Cibernética. Madrid: Alianza Editorial, 1972. 354 P.

VAN GIGCH, John. Teoría General de Sistemas. 2a. ed. México: Trillas, 1993. 607 P. ISBN: 968-24-2023-7.

WIENER, Norbert. Cibernética: o el control y comunicación en animales y máquinas. 2ª. ed. Barcelona: Tusquets editores, 1998. 266 P. ISBN: 84-7223-452-5.

