

INTRODUCCIÓN

La palabra ingeniería, encierra en ella misma ingenio, la capacidad de desarrollar de una manera creativa “cosas” que sean útiles. Pero si reflexionamos acerca de esto, nos damos cuenta que esas cosas útiles, son precisamente útiles en la medida que den solución a una necesidad, problema o situación particular, en cualquier área, es decir no son pensadas al azar, al contrario, con una fundamentación total para su creación.

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

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

Por tal razón, este curso teórico pretende demostrar que el pensamiento de sistemas, entonces, hace uso consciente del concepto particular de integridad que se aprende de la palabra “sistema”, para ordenar nuestros pensamientos. La “práctica con sistemas”, entonces, implica el uso del producto de ese pensamiento para iniciar y guiar acciones que podemos llevar a cabo en el mundo.

Mediante el desarrollo de las unidades didácticas se pretende concienciar a los estudiantes del propósito que tienen al formarse como Ingenieros de Sistemas, que tengan claridad conceptual sobre lo que es el pensamiento de sistemas, entendido este como el uso consciente del concepto particular de integridad que se aprende de la palabra “sistema”, para ordenar nuestros pensamientos y a partir de ello aprenda como llevarlo a la “practica con sistemas”.

También importante es acercar el término “sistema” a nuestro entorno próximo, revisar componentes, características y propiedades, procesos internos y externos y su forma de adaptarse al medio, además se plantean los antecedentes e historia del movimiento de sistemas.

La ciencia es una invención de nuestra civilización – una invención cultural- y es probablemente la invención más poderosa hecha en toda la historia de la humanidad. La ciencia nos ha proporcionado conocimiento verificable sobre la manera en que funciona el mundo natural, y nos ha dado al menos la posibilidad del bienestar material, incluso en un planeta con recursos finitos, y también nos ha dado los medios para destruir toda la vida de éste, nuestro planeta. El impulso detrás de la ciencia (science) es el anhelo de conocer cosas, averiguar el cómo y el por qué el mundo es como es. Esto difiere del impulso detrás de la tecnología, que es el anhelo por hacer cosas, por alcanzar fines prácticos. Por supuesto, una vez que el método científico existe, puede existir la ciencia aplicada o una ciencia de las técnicas, pero la “urgencia por saber” y la “urgencia por hacer” son motivos diferentes.

De esta manera y de acuerdo a los conocimientos y/o experiencias previas que poseas, es necesario evaluar tu nivel de conocimiento con respecto a algunos términos que deberás manejar y además encuentras en el módulo, los cuales soportan técnica y metodológicamente este curso. Para recordar un poco más, se recomienda abrir este

Recordando un poco sobre Tipos de sistemas según Kennet Boulding

La meta de la Teoría General de los Sistemas no es buscar analogías entre las ciencias, sino tratar de evitar la superficialidad científica que ha estancado a las ciencias. Para ello emplea como instrumento, modelos utilizables y transferibles entre varios continentes científicos, toda vez que dicha extrapolación sea posible e integrable a las respectivas disciplinas.

Al considerar los distintos tipos de sistemas del universo Kennet Boulding proporciona una clasificación útil de los sistemas donde establece los siguientes niveles jerárquicos:

1. Primer nivel , estructura estática . Se le puede llamar nivel de los marcos de referencia.
2. Segundo nivel , sistema dinámico simple. Considera movimientos necesarios y predeterminados. Se puede denominar reloj de trabajo.
3. Tercer nivel , mecanismo de control o sistema cibernético. El sistema se autorregula para mantener su equilibrio.
4. Cuarto nivel , "sistema abierto" o auto estructurado. En este nivel se comienza a diferenciar la vida. Puede considerarse nivel de célula.
5. Quinto nivel , genético-social. Está caracterizado por las plantas.
6. Sexto nivel , sistema animal. Se caracteriza por su creciente movilidad, comportamiento teleológico y su autoconciencia.
7. Séptimo nivel , sistema humano. Es el nivel del ser individual, considerado como un sistema con conciencia y habilidad para utilizar el lenguaje y símbolos.
8. Octavo nivel , sistema social o sistema de organizaciones humanas constituye el siguiente nivel, y considera el contenido y significado de mensajes, la naturaleza y dimensiones del sistema de valores, la transcripción de imágenes en registros históricos, sutiles simbolizaciones artísticas, música, poesía y la compleja gama de emociones humanas.
9. Noveno nivel , sistemas trascendentales. Completan los niveles de clasificación: estos son los últimos y absolutos, los ineludibles y desconocidos, los cuales también presentan estructuras sistemáticas e interrelaciones.

Video acerca de la Teoría General de Sistemas

<http://www.youtube.com/watch?v=IXiEbUdMm1Q>

Enfoque de Sistemas

El Enfoque de sistemas es una metodología que auxiliará a los autores a considerar todas las ramificaciones de sus decisiones una vez diseñadas.

Buscar similitudes de estructura y de propiedades, así como fenómenos comunes que ocurren en sistemas de diferentes disciplinas. El enfoque de sistemas busca generalizaciones que se refieran a la forma en que están organizados los sistemas, por los cuales reciben, almacenan, procesan y recuperan información.

La aparición del **enfoque de sistemas** tiene su origen en la incapacidad manifiesta de la ciencia para tratar problemas complejos. El método científico, basado en reduccionismo, repetitividad y refutación, fracasa ante fenómenos muy complejos por varios motivos:

- El número de variables interactuantes es mayor del que el científico puede controlar, por lo que no es posible realizar verdaderos experimentos
- La posibilidad de que factores desconocidos influyan en las observaciones es mucho mayor
- Como consecuencia, los modelos cuantitativos son muy vulnerables

Texto tomado de: http://www.12manage.com/methods_forrester_system_dynamics_es.html

www.monografias.com

Teoría general de sistemas

Luis Vega Calle (luis.luisvegacalle@gmail.com)

1. **Introducción**
2. **Marco teórico**
3. **Pensamientos de sistemas básicos**
4. **Conclusiones**
5. **Bibliografía**

Teoría general de sistemas y pensamiento de sistemas básicos

I) INTRODUCCIÓN

La presente monografía se presenta con la finalidad de aclarar y tener un concepto claro sobre el pensamiento de sistemas y en particular tratar de entender la complejidad del mundo que nos rodea.

El pensamiento de sistemas hace uso del concepto particular de integridad que se aprende en la palabra “Sistema”, la idea de una entidad entera que trajo un rango de condiciones, mantiene su

identidad, Boulding proporciona una manera para mirar e interpretar al universo como si fuese una jerarquía de tales, todos interconectados e interrelacionados los cuales sirven para ordenar nuestros pensamientos.

Existe también un Taxonomía de Sistemas propuesta por Jordan el cual se basa en los principios de: razón de cambio, propósito y conectividad.

En una topología de sistemas se requieren cuatro tipos de sistemas: Sistema natural, diseño físico, diseño abstracto y sistema de actividad humana.

II) MARCO TEÓRICO

2.1) TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS.

DEFINICIÓN

La Teoría General de Sistemas fue concebida por BERTALANFFY en la década de 1940, con el fin de constituir un modelo práctico para conceptualizar los fenómenos que la reducción mecanicista de la ciencia clásica no podía explicar. En particular, la teoría general de sistemas parece proporcionar un marco teórico unificador tanto para las ciencias naturales como para las sociales, que necesitaban emplear conceptos tales como "organización", "totalidad", globalidad e "interacción dinámica; lo lineal es sustituido por lo circular, ninguno de los cuales era fácilmente estudiado por los métodos analíticos de las ciencias puras. Lo individual perdía importancia ante el enfoque interdisciplinario.

El mecanicismo veía el mundo seccionado en partes cada vez más pequeñas, la teoría de los sistemas veía la realidad como estructuras cada vez más grandes.

La Teoría General de Sistemas presentaba un universo compuesto por acumulos de energía y materia (sistemas), organizados en subsistemas e interrelacionados unos con otros. Esta El objetivo de la teoría es la descripción y exploración de la relación entre los sistemas dentro de esta jerarquía.

Hay que distinguir "sistema" de "agregado". Ambos son conjuntos, es decir, entidades que se constituyen por la concurrencia de más de un elemento; la diferencia entre ambos consiste en que el sistema muestra una organización de la que carecen los agregados. Así pues, un sistema es un conjunto de partes interrelacionadas.

La Teoría General de Sistemas distingue:

a) El SISTEMA

b) El SUPRASISTEMA: medio del sistema)(Familia extensa, amigos, vecinos

c) Los SUBSISTEMAS: componentes del sistema

DEFINICIONES DE SISTEMA

HALL y FAGEN han definido el "sistema" como: conjunto de objetos, junto con las relaciones entre los objetos y entre sus propiedades. Las partes componentes del sistema son los objetos, cuyas interrelaciones lo cohesionan.

CHECKLAND

El concepto central "Sistema" engloba la idea de un grupo de elementos conectados entre sí, que forman un todo, que muestra propiedades que son propiedades del todo y no solo propiedades de sus partes componentes

CLASES DE SISTEMAS.

Los sistemas pueden ser:

- Sistemas Abiertos
- Sistemas Cerrados

SISTEMA ABIERTO: Relación permanente con su medio ambiente.

Intercambia energía, materia, información. Interacción constante entre el sistema y el medio ambiente.

Los sistemas vivos son SISTEMAS ABIERTOS pues intercambian con su entorno energía e información. Ejemplos de éstos serían: una célula, una planta, un insecto, el hombre, un grupo

social. La familia, por tanto, la consideraremos un Sistema Abierto.

PROPIEDADES DE LOS SISTEMAS ABIERTOS.

A) Totalidad:

La T.G.S. establece que un sistema es una totalidad y que sus objetos (o componentes) y sus atributos (o propiedades) sólo pueden comprenderse como funciones del sistema total. Un sistema no es una colección aleatoria de componentes, sino una organización interdependiente en la que la conducta y expresión de cada uno influye y es influida por todos los otros. El concepto de totalidad implica la no aditividad, en otras palabras: " EL "TODO" CONSTITUYE MAS QUE LA SIMPLE SUMA DE SUS PARTES"

El interés de la T.G.S. reside en los procesos transaccionales que ocurren entre los componentes de un sistema y entre sus propiedades. Dicho de otro modo, es imposible comprender un sistema mediante el solo estudio de sus partes componentes y "sumando" la impresión que uno recibe de éstas. El carácter del sistema trasciende la suma de sus componentes y sus atributos, y pertenece a un nivel de abstracción más alto. No sería posible entender demasiado el ajedrez, por ejemplo, simplemente mirando las piezas; es necesario examinar el juego como totalidad y prestar atención al modo en que el movimiento de una pieza afecta la posición y el significado de cada una de las piezas del tablero.

B) Objetivo:

Los sistemas orgánicos y sociales siempre están orientados hacia un objetivo. La T. G.S. reconoce la tendencia de un sistema a luchar por mantenerse vivo, aún cuando se haya desarrollado disfuncionalmente, antes de desintegrarse y dejar de existir como sistema.

La naturaleza intencionada y dinámica de los sistemas permite comprender mejor la naturaleza del termino "transacción", usado a menudo en la terapia familiar, enfocada desde el punto de vista de los sistemas, en lugar del término más general "interacción". La "transacción" se ocupa de los procesos de interrelaciones en un contexto histórico y relacionar; describe esta propiedad de relación en un sentido histórico siempre en marcha (objetivo), que caracteriza a los procesos comunicativos de los miembros de un sistema.

C) Equifinalidad:

En un sistema, los "resultados" (en el sentido de alteración del estado al cabo de un período de tiempo) no están determinados tanto por las condiciones iniciales como por la naturaleza del proceso o los parámetros del sistema.

La conducta final de los sistemas abiertos está basada en su independencia con respecto a las condiciones iniciales. Este principio de equifinalidad significa que idénticos resultados pueden tener orígenes distintos, porque lo decisivo es la naturaleza de la organización. Así mismo, diferentes resultados pueden ser producidos por las mismas "causas".

Por tanto, cuando observamos un sistema no se puede hacer necesariamente una inferencia con respecto a su estado pasado o futuro a partir de su estado actual, porque las mismas condiciones iniciales no producen los mismos efectos.

Por ejemplo, si tenemos:

$$\text{Sistema A: } 4 \times 3 + 6 = 18$$

$$\text{Sistema B: } 2 \times 5 + 8 = 18$$

Aquí observamos que el sistema "A" y el sistema "B" tienen inicios diferentes (4) y (2), y que, cada uno, tiene elementos diferentes al otro. Sin embargo, el resultado final es el mismo (18).

Veamos, ahora, otro ejemplo.

$$\text{Sistema X: } 9 \times 1 + 7 = 16$$

$$\text{Sistema Y: } 9 + 1 \times 7 = 70$$

Aquí observamos que el sistema "X" y el sistema "Y" tienen igual origen y, además, están compuestos por iguales elementos y en el mismo orden. Sin embargo, el resultado final es diferente: (16) y (70).

¿De qué depende el resultado en cada uno de los casos anteriores? No depende ni del origen ni de los componentes del sistema (números) sino de lo que "hacemos con los números"; es decir, de las operaciones o reglas (sumar o multiplicar).

Pues bien, este ejemplo nos sirve como analogía para entender el concepto de equifinalidad. El funcionamiento de una familia como un todo, no depende tanto de saber qué ocurrió tiempo atrás,

ni de la personalidad individual de los miembros de la familia, sino de las reglas internas del sistema familiar, en el momento en que lo estamos observando.

D) Protección y crecimiento.

En los sistemas existirían dos fuerzas que partirían de la aplicación de las ideas de Cannon:

- a) la fuerza homeostática, que haría que el sistema continuase como estaba anteriormente.
- b) La fuerza morfogenética, contraria a la anterior, que sería la causante de los cambios del sistema.

Estas dos fuerzas permitirían que el sistema se mantuviese estable y se adaptase a situaciones nuevas gracias a los mecanismos de feed-back.

E) Equipotencialidad.

Este principio lleva implícita la idea que pueden obtenerse distintos estados partiendo de una misma situación inicial. Esto implica la imposibilidad de hacer predicciones deterministas en el desarrollo de las familias, porque un mismo inicio podrá llevar a fines distintos. El pasado no sirve y el futuro es impredecible. En las familias ocurriría lo mismo que en el tejido cerebral "se permitiría" a las partes restantes asumir funciones de las partes extinguidas". Tras el fallecimiento del padre, el hijo mayor adoptaría las funciones parentales.

F) Retroalimentación.

La retroalimentación puede ser positiva o negativa.

Retroalimentación (FEED-BACK) Positiva: crecimiento de las divergencias - "bola de nieve"... dejada a ella misma conduce a la destrucción del sistema.

Retroalimentación Negativa: (termostato) conduce a un comportamiento adaptativo o teniendo una finalidad, un fin.

En ambos casos, existe una unión de transferencia por medio de la cual la energía recibida se convierte en resultado, el que a su vez, se reintroduce en el sistema como información acerca del resultado.

En el caso de retroalimentación negativa, el sistema utiliza esta información para activar sus mecanismos homeostáticos y para disminuir la desviación de la producción del sistema y mantener de este modo su "estado estable".

En el caso de retroalimentación positiva, la información se utiliza para activar los mecanismos de crecimiento (morfogénicos) que conducen a un desajuste de la homeostasis y a un movimiento hacia el cambio. Es decir, la retroalimentación positiva sirve para aumentar la desviación de la producción.

Por tanto, cuando un sistema utiliza la retroalimentación negativa, el sistema se autocorriges y vuelve al estado inicial.(no cambia). Cuando un sistema utiliza la retroalimentación positiva, el sistema pasa a otro estado (cambia)

Los sistemas interpersonales (grupos de desconocidos, parejas matrimoniales, familias, relaciones terapéuticas o incluso internacionales, etc.) pueden entenderse como circuitos de retroalimentación, ya que la conducta de cada persona afecta la de cada una de las otras y es, a su vez, afectada por éstas.

La entrada a tal sistema puede amplificarse y transformarse así en un cambio o bien verse contrarrestada para mantener la estabilidad, según que los mecanismos de retroalimentación sean positivos o negativos. Los estudios sobre familias que incluyen a un miembro con síntomas dejan muy pocas dudas acerca de que la existencia del paciente es esencial para la estabilidad del sistema familiar, y ese sistema reaccionara rápida y eficazmente frente a cualquier intento, interno o externo, de alterar su organización. Evidentemente, se trata de un tipo indeseable de estabilidad. Los sistemas con retroalimentación no sólo se distinguen por un grado cuantitativamente más alto de complejidad, sino que también son cualitativamente distintos de todo lo que pueda incluirse en el campo de la mecánica clásica. Su estudio exige nuevos marcos conceptuales; su lógica y su epistemología son discontinuas con respecto a ciertos principios tradicionales del análisis científico, tal como el de "aislar" una sola variable.

G) Entropía

La palabra **Entropía** viene del griego entropes que significa transformación o vuelta. Es un proceso mediante el cual un sistema tiende a consumirse, desorganizarse y morir. Se basa en la segunda ley de la termodinámica que plantea que la pérdida de energía en los sistemas aislados (sistemas

que no tiene intercambio de energía con su medio) los lleva a la degradación, degeneración, desintegración y desaparición, además establece que la entropía en estos sistemas siempre es creciente, y por lo tanto podemos afirmar que estos sistemas están condenados al caos y a la destrucción. La entropía está relacionada con la tendencia natural de los objetos a caer en un estado de desorden. Los sistemas tienden a buscar su estado más probable, en el mundo de la física el estado mas probable de esos sistemas es el caos, el desorden y la desorganización, es decir, buscan un nivel mas estable que tiende a ser lo más caótico. Aunque la entropía ejerce principalmente su acción en sistemas cerrados y aislados, afecta también a los sistemas abiertos; éstos últimos tienen la capacidad de combatirla a partir de la importación y exportación de flujos desde y hacia el ambiente, con este proceso generan Neguentropía (entropía negativa).

H) Neguentropía

La neguentropía, la podemos definir como la fuerza opuesta al segundo principio de la termodinámica, es una fuerza que tiende a producir mayores niveles de orden en los sistemas abiertos. En la medida que el sistema es capaz de no utilizar toda la energía que importa del medio en el proceso de transformación, esta ahorrando o acumulando un excedente de energía que es la neguentropía y que puede ser destinada a mantener o mejorar la organización del sistema, la neguentropía, entonces, se refiere a la energía que el sistema importa del ambiente para mantener su organización y sobrevivir, Tal como la Entropía la podemos relacionar con la materia y sus propiedades, y predice que ésta tiende a desintegrarse para volver a su estado original de Caos primordial, la Neguentropía la podemos relacionar con la Energía y predice que ésta ni disminuye ni aumenta, simplemente se transforma constantemente. En tal sentido se puede considerar la Neguentropía como un mecanismo auto-regulador con capacidad de sustentabilidad, es decir con una capacidad y un poder inherente de la energía de manifestarse como desee de incontables formas y maneras. La neguentropía busca la subsistencia del sistema para lo cual usa mecanismos que ordenen, equilibren, o controlen el caos. Mecanismo por el cual el sistema pretende subsistir y busca estabilizarse ante una situación caótica.

I) Sinergia

La **sinergia** es la integración de elementos que da como resultado algo más grande que la simple suma de éstos, es decir, cuando dos o más elementos se unen sinérgicamente crean un resultado que aprovecha y maximiza las cualidades de cada uno de los elementos.

Podemos decir que la palabra sinergia proviene del griego y su traducción literal sería la de cooperación; no obstante (según la Real Academia Española) se refiere a la acción de dos (o más) causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales. La encontramos también en biología, cuando se refiere al concurso activo y concertado de varios órganos para realizar una función. Su traducción al inglés es la palabra *synergy*.

J) Homeostasis

La homeostasis es el rasgo de los sistemas autorregulados (sistemas cibernéticos) que consiste en la capacidad para mantener un estado estacionario, o de equilibrio dinámico, en el cual su composición y estructura se mantienen constantes dentro de ciertos límites, gracias al funcionamiento de mecanismos de retroalimentación.

K) Recursividad

Un sistema posee la propiedad de la recursividad cuando posee elementos sistémicos con un conjunto de características similares a las que él posee. A nivel matemático o computacional la recursividad se formula como la definición de un sistema en términos más simples de si mismo.

SISTEMA CERRADO: Hay muy poco intercambio de energía, de materia, de información, etc, con el medio ambiente. Utiliza su reserva de energía potencial interna.

Si no ocurre importación o exportación en ninguna de sus formas, como información, calor, materia física, etc. y por consiguiente sus componentes no se modifican. Ejemplo: una reacción química que tenga lugar en un recipiente sellado y aislado.

Los sistemas abiertos tienden hacia una evolución constante y un orden estructural, en contraposición a los cerrados en los que se da una tendencia a la indiferenciación de sus elementos y al desorden, hasta alcanzar una distribución uniforme de la energía.

2.2) PENSAMIENTO DE SISTEMAS BÁSICOS

PENSAMIENTO DE SISTEMAS

El pensamiento de sistemas es la actitud del ser humano, que se basa en la percepción del mundo real en términos de totalidades para su análisis, comprensión y accionar, a diferencia del planteamiento del método científico, que sólo percibe partes de éste y de manera inconexa.

El pensamiento sistémico aparece formalmente hace unos 45 años atrás, a partir de los cuestionamientos que desde el campo de la Biología hizo Ludwig Von Bertalanffy, quien cuestionó la aplicación del método científico en los problemas de la Biología, debido a que éste se basaba en una visión mecanicista y causal, que lo hacía débil como esquema para la explicación de los grandes problemas que se dan en los sistemas vivos.

Este cuestionamiento lo llevó a plantear un reformulamiento global en el paradigma intelectual para entender mejor el mundo que nos rodea, surgiendo formalmente el paradigma de sistemas.

El pensamiento sistémico es integrador, tanto en el análisis de las situaciones como en las conclusiones que nacen a partir de allí, proponiendo soluciones en las cuales se tienen que considerar diversos elementos y relaciones que conforman la estructura de lo que se define como "sistema", así como también de todo aquello que conforma el entorno del sistema definido. La base filosófica que sustenta esta posición es el Holismo (del griego holos = entero).

Bajo la perspectiva del enfoque de sistemas la realidad que concibe el observador que aplica esta disciplina se establece por una relación muy estrecha entre él y el objeto observado, de manera que su "realidad" es producto de un proceso de co-construcción entre él y el objeto observado, en un espacio –tiempo determinados, constituyéndose dicha realidad en algo que ya no es externo al observador y común para todos, como lo plantea el enfoque tradicional, sino que esa realidad se convierte en algo personal y particular, distinguiéndose claramente entre lo que es el mundo real y la realidad que cada observador concibe para sí.

A partir de 1940 existe un "movimiento de sistemas", con instituciones y con una literatura en crecimiento. Sus intereses centrales son los dos pares de ideas: emergencia y jerarquía, comunicación y control.

Según CHECKLAND

La frase pensamiento de sistemas implica razonar acerca del mundo que hay afuera de nosotros, y hacerlo mediante el concepto de "Sistema".

El pensamiento de sistemas hace uso consciente del concepto particular de integridad que se aprende

PENSAMIENTOS DE SISTEMAS BÁSICOS

A) JERARQUÍA DE BOULDING: JERARQUÍA DE LA COMPLEJIDAD DE SISTEMAS

El concepto de Sistemas, la idea de una entidad entera que, bajo un rango de condiciones, mantiene su identidad, proporciona una manera para mirar e interpretar al universo como si fuese una jerarquía de tales, todos interconectados e interrelacionados.

Boulding plantea que debe haber un nivel en el cual una teoría general de sistemas pueda alcanzar un compromiso entre "el específico que no tiene significado y lo general que no tiene contenido". Dicha teoría podría señalar similitudes entre las construcciones teóricas de disciplinas diferentes, revelar vacíos en el conocimiento empírico, y proporcionar un lenguaje por medio del cual los expertos en diferentes disciplinas se puedan comunicar entre sí.

El presenta una jerarquía preliminar de las "unidades" individuales localizadas en estudios empíricos del mundo real, la colocación de ítems de la jerarquía viéndose determinada por su grado de complejidad al juzgarle intuitivamente y sugiere que el uso de la jerarquía está en señalar

los vacíos en el conocimiento y en el servir como advertencia de que nunca debemos aceptar como final un nivel de análisis teórico que este debajo del nivel del mundo empírico.

El método de enfoque de Boulding es el comenzar no a partir de disciplinas del mundo real, sino a partir de una descripción intuitiva de los niveles de complejidad que el subsecuentemente relacionado con las ciencias empíricas diferentes.

Al considerar los distintos tipos de sistemas del universo Kenneth Boulding proporciona una clasificación útil de los sistemas donde establece los siguientes niveles jerárquicos.

Jerarquía de la complejidad de los sistemas (Boulding, 1956)

Nivel	Características	Ejemplos	Disciplinas relevantes
1. Estructuras	Estático	Estructuras de cristal, puentes	Descripción verbal o pictórica en cualquier disciplina
2. Sistemas dinámicos simples	Movimiento predeterminado(pueden exhibir equilibrio)	Relojes, máquinas, el sistema solar	Física, ciencia natural clásica
3. Mecanismos de control	Control en un ciclo cerrado	Termostatos, mecanismos de homeostásis en los organismos	Teoría de control y cibernética
4. Sistemas abiertos	Estructuralmente auto-mantenibles	Flamas, células	Teoría del metabolismo
5. Organismos pequeños	Organizados completamente con partes funcionales, crecimiento y reproducción	Plantas	Botánica
6. Animales	Un cerebro para guiar el comportamiento total, habilidad de aprender.	Pájaros y bestias	Zoología
7. Hombre	Con autoconsciencia, conocimiento del conocimiento, lenguaje simbólico	Seres humanos	Biología, psicología
8. Sistemas socioculturales	Roles, comunicación, transmisión de valores.	Familias, clubes sociales, naciones.	Historia, sociología, antropología, ciencia del comportamiento
9. Sistemas trascendentales	Irreconocibles	La idea de Dios	-
Notas:	<p>Las propiedades emergentes se incrementan en cada nuevo nivel.</p> <p>Del nivel 1 al 9: la complejidad se incrementa; es más difícil para un observador externo el predecir el comportamiento; hay una dependencia incremental en decisiones sin programar.</p> <p>Los niveles más pequeños son encontrados en los sistemas más altos - p.e. el hombre muestra todas las características de los niveles 1 al 6 y las propiedades emergentes del nuevo nivel.</p>		

DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES:

En 1956 el economista Kenneth Boulding proponía una clasificación de sistemas

muy conocida en nuestra disciplina (Boulding, 1956a; 1956b; también puede verse en Buckley, 1968; o una buena síntesis en Pondy y Mytroff, 1979). Boulding 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, serían los siguientes:

1. Las *estructuras estáticas* (frameworks), como por ejemplo un cristal, una

roca, un mapa de una ciudad, una representación gráfica mediante organigrama de una organización, etcétera. 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 pléyade de propiedades emergentes propias del sistema.

2. *Sistemas simples dinámicos* (clockworks), como máquinas simples que responden al modelo de física newtoniana. 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.

3. *Sistemas cibernéticos* (control mechanism or cybernetic systems) en los que 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 autoregularse. 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 cibernéticas⁴.

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 más 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 cual 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.

5. *Organismos pequeños* (genetic societal level) 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).

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.

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.

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, etcétera. El nivel 8 recoge, como puede apreciarse, a los sistemas de nivel 7 en interacción, con lo cual aparecen, emergen, las ya mencionadas, y nuevas, propiedades sistémicas.

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.

La clasificación de Boulding o *jerarquía de complejidad* (según su propia denominación) permite tomar conciencia del salto existente entre los modelos teóricos desarrollados y los modelos empíricos. De este modo, Boulding afirmaba que no se han desarrollado modelos teóricos adecuados más allá del nivel 4, y que los modelos empíricos son deficientes en prácticamente todos los niveles (recordamos que este escrito es de 1956). Igualmente, y centrándose en la ciencia del *management*, Boulding argumentaba que aunque las organizaciones pertenecen al nivel 8, en su estudio no se han desarrollado modelos más allá de los niveles tercero y cuarto (sistemas cibernéticos y sistemas abiertos respectivamente).

B) TAXONOMÍA DE SISTEMAS

Un segundo ejemplo de pensamiento de sistemas muy general es el intento de Jordan por construir una taxonomía de sistemas.

Jordan para comenzar, parte de indagaciones intuitivas de 3 principios de organización que nos permita el percibir a un grupo de entidades como si fuera “un sistema”. Los principios son:

- Razón de cambio
- Propósito
- Conectividad

Cada principio define un par de propiedades de sistemas que son opuestos polares, así:

- La razón de cambio conduce a las propiedades “estructural” (Estática) y “Funcional” (dinámica);
- El propósito conduce a la propiedad “con propósito” y a la de “sin propósito”.
- El principio de conectividad conduce a las propiedades de agrupamientos que están conectados densamente “organismicas” o no conectados densamente “mecanicista o mecánica”

Existen 8 maneras para seleccionar uno de entre tres pares de propiedades, proporcionando 8 celdas que son descripciones potenciales de agrupamientos merecedoras del nombre “sistemas”

El argumenta que al hablar acerca de sistemas debemos de utilizar solamente descripciones “dimensionales” de este tipo, y debemos evitar especialmente frases como sistemas de “auto-organización”

Taxonomía de los sistemas (Jordan, 1968)

De acuerdo con Jordan existen tres principios que guían a tres pares de propiedades.

Principio	Propiedad
razón de cambio.	Estructural (estático). Funcional (dinámico).
Propósito.	Con propósito. Sin propósito.
Conectividad.	Mecanístico (o mecánico). Organismico.

Estas tres dimensiones bipolares generan ocho celdas que dan lugar a la clasificación taxonómica de los sistemas:

	Celda	Ejemplo
1.	Estructural, propositiva, mecánico	Un red de carreteras.
2.	Estructural, propositiva, organísmico.	Una suspensión.
3.	Estructural, no propositiva, mecánico	Una montaña.
4.	Estructural, no propositiva, organísmico.	Un burbuja (o cualquier sistema físico en equilibrio.
5.	Funcional, propositivo, mecánico.	Una línea de producción.
6.	Funcional, propositivo, organísmico.	Organismos vivos.
7.	Funcional, no propositivo, mecánico.	El flujo cambiante de agua como resultado de la corriente de un río.
8.	Funcional, no propositivo, organísmico.	El continuo tiempo-espacio.

C) TIPOLOGÍA DE LOS SISTEMAS.

Los sistemas se pueden dividir por sus diferencias y semejanzas en dos tipos:

1. Sistemas Concretos o Físicos: Estos son compuestos por cosas reales como equipos, maquinaria y objetos, y pueden ser descritos en términos cuantitativos de desempeño.

2. Sistemas Abstractos: Estos son compuestos de conceptos, planes hipótesis e ideas; los simbolos representan atributos y objetos, que generalmente existen en el pensamiento de las personas y no pueden ser fácilmente descritos en términos finitos.

Apreciando esta división de sistemas concretos (físicos) y los abstractos, podremos toparnos con ciertas situaciones o circunstancias en las cuales hay una mezcla de los dos. Una escuela con sus pupitres, tableros y demás (sistema físico) desarrolla un programa de educación determinado (sistema abstracto). Otro ejemplo es el hardware de las computadoras (sistema físico) el cual opera en conjunto con un software o programa computacional (sistema abstracto).

También los sistemas se pueden dividir por su origen en dos tipos:

1. Sistemas Naturales: Estos surgen de procesos naturales, como el clima, el suelo, etc. Son macroscópicos y difíciles de manipular. Los sistemas naturales pueden ser estables durante mucho tiempo y algunos son adaptativos, es decir, se reajustan constantemente a las condiciones del medio, como las oleadas de calor o frío. Los sistemas naturales son típicamente abiertos, es decir, cambian regularmente materia y energía con el medio ambiente.

Esta rama también incluye a los seres humanos, podríamos argumentar a partir de esto de esto que los sistemas de comportamiento humano también se deberían incluir. esto es razonable hasta el punto en que el hombre es “simio desnudo”; pero se argumentará después que el hecho de que el hombre es mas que un simio desnudo, lo que hace necesario el crear diferentes tipos de si temas más allá de aquellos que son naturales.

En todos estos casos en los cuales el objeto de estudio es un sistema natural, científico, no en menor grado que cuando el estudia un fenómeno natural como el magnetismo, esta en la posición de un observador externo. El espera proporcionar una descripción convincente del objeto de estudio que se pueda verificar experimentalmente y que otros observadores puedan repetir convirtiendo así su descripción en conocimiento publico.

2. Sistemas Artificiales: Estos surgen de la contribución del hombre a la marcha del proceso mediante los objetos, de los atributos o las relaciones. Pueden poseer algunas de las características de los sistemas naturales y además pueden reproducir en ambiente controlado las condiciones naturales que en el mundo real no permitirían la operación normal por parte del hombre.

El hombre como diseñador, es un ser teológico, capaz de crear medios para hacer posibles los fines a perseguir, y de hacer eso sobre la base de selección consciente entre alternativas. Es adecuado el restringir el uso de la palabra “teológica” en este sentido: utilizarlo cuando involucre la voluntad humana y no aplicarlo vagamente a sistemas naturales.

Los sistemas artificiales pueden ser abiertos, como las empresas y los gobiernos y también pueden ser cerrados cuando el proyecto o plan establece una entrada (insumo) constante o invariable y una salida (resultado) estadísticamente previsible. Un ejemplo de sistema artificial parcialmente cerrado es el monopolio, donde sus productos o procesos son protegidos por patentes o marcas. Las dos clasificaciones anteriores han ayudado a entender como son ciertos sistemas en el mundo real, sin embargo se ha buscado tener una clasificación más genérica de los mismos de ahí que se ha establecido la siguiente clasificación de acuerdo al tipo de sistema:

- Sistemas naturales.
- Sistemas físicos diseñados.
- Sistemas abstractos diseñados.
- Sistemas de actividad humana.
- Sistemas trascendentales.

Sttabford Beer propone una clasificación arbitraria de los sistemas basada en dos criterios diferentes por

1. Su complejidad:

- Complejos simples, pero dinámicos: son los menos complejos.
- Complejos descriptivos: no son simples, son altamente elaborados y profusamente interrelacionados.
- Excesivamente complejos: extremadamente complicados y que no pueden ser descritos de forma precisa y detallada.

2. Por su previsión:

- Sistema determinístico. Es aquel en el cual las partes interactúan de una forma perfectamente previsible. Ej. Al girar la rueda de la máquina de coser, se puede prever el comportamiento de la aguja.
- Sistema probabilístico. Es aquel para el cual no se puede suministrar una previsión detallada. No es predeterminado. Por ejemplo, el comportamiento de un perro cuando se le ofrece un hueso: puede aproximarse, no interesarse o retirarse.

De ahí su clasificación de seis categorías de sistemas.

- Sistema determinístico simple. Es aquel que posee pocos componentes e interrelaciones, que revelan un comportamiento dinámico completamente previsible. Ej. Juego de billar, es un sistema de geometría muy simple.
- Sistema determinístico complejo. Es el caso de un computador electrónico. Si su comportamiento no fuere totalmente previsible, funcionaria mal.
- Sistema probabilístico simple. Es un sistema simple, pero imprevisible, como jugar con una moneda. El control estadístico de calidad es un sistema probabilístico simple
- Sistema probabilístico complejo. Es un sistema probabilístico que, aunque complejo, puede ser descrito. El volumen de agua que pasa por un río es un ejemplo
- Sistema probabilística excesivamente complejo. Es un sistema tan complicado que no puede ser totalmente descrito. Es el caso del cerebro humano o de la economía nacional. El mejor ejemplo de un sistema industrial es la propia empresa.

III) Conclusiones

Parte de un sistema de pensamiento muy rudimentario se ha expuesto. Tal pensamiento parte de un observador descriptor del mundo fuera de nosotros mismos, quien por alguna razón personal desea describirlo "holísticamente", esto es en términos de entidades "todo" unidas en jerarquías con otros todos.

Esto conduce a la prescripción mas básica de lo que la descripción del observador deberá contener: el propósito del observador, los sistemas seleccionados y varias propiedades de los sistemas como limites, entradas y salidas, componentes estructura, los medios por los cuales el sistema retiene su integridad, y el principio de coherencia que lo hace defendible al describir al sistema como un sistema.

La jerarquía de boulding y la taxonomía de Jordan son ejemplos de intentos enormes por reportar el todo del mundo real en términos de sistemas, y el mapatipológico similarmente proporciona conceptos por medio de los cuales se podría iniciar el análisis holístico. En el último caso la intención era el proporcionar una base en el pensamiento de sistemas para el trabajo de investigación que pretenda averiguar como las ideas de sistema podrían ayudar para enfrentar el tipo de problemas del mundo real no estructurados que derrotan al reduccionismo del método científico.

El mapa de sistemas sugiere que el número mínimo absoluto de clases de sistemas necesarias para describir el todo de la realidad es de cuatro: sistemas de actividad humana, de diseño abstracto, de diseño físico y natural. Algunas propiedades de las cuatro clases ya se han discutido.

Es importante observar que la mapa tipológico es en si mismo un sistema abstracto diseñado. Proporciona no tanto como un reporte de la realidad, sino mas bien un grupo de tipos conceptuales a emplearse en las descripciones de la realidad con base en sistemas. Pero el caso de lo que en el lenguaje de todos los días se denomina "sistemas sociales" demuestra que entidades del mundo real quizás no se ajusten fácilmente dentro de la clase: en particular quizá no sea fácil obtener descripciones sobre las cuales todos los observadores estén de acuerdo. Sin embargo, el desarrollo gradual de modelos conceptuales verificados de las cuatro clases de sistemas, con los

vínculos lógicos, estructurales y regulatorios ya resueltos, debe hacer más simple la interpretación y el análisis holísticos de la realidad compleja.

IV) BIBLIOGRAFÍA

Páginas en Internet:

<http://www.ruv.itesm.mx/cgi-bin/pgit/TWiki/bin/view/madisonWebley/TeoriaGeneralSistemas>

<http://www.monografias.com/trabajos/tgralsis/tgralsis.shtml>

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

http://www.tdcat.cesca.es/TESIS_UB/AVAILABLE/TDX-0116102-114349//Partel.pdf

Referencias de Libros:

- Lilienfeld, ROBERT, "Teoria de Sistemas", Editorial TRILLAS
- Checkland, PETER, "Pensamiento de Sistemas como practica de sistemas", Editorial MEGABYTE-GRUPO NORIEGA EDITORES
- SENGE, Peter, "**La Quinta Disciplina**
El Arte y La Práctica de las Organizaciones que Aprenden" EDITORIAL Granica
- SANCHEZ CARLESSI, Hugo y REYES MEZA, Carlos, "Metodología y Diseño en la investigación científica"

Gerson Coaquira Coaquira

Luis Felipe Vega Calle

luis.luisvegacalle@gmail.com

Estudiante de Ingeniería de Sistemas

Universidad Nacional del Altiplano Puno - Perú