

Teoría de Sistemas



Bibliografía "The idea was that if a butterfly chances to flap his wings in Beijing in March, then, by August, hurricane patterns in the Atlantic will be completely different"

Luz Arabany Ramírez C.
Ingeniera de Sistemas
Profesora Asistente
Universidad Nacional de Colombia
Sede Manizales
2002

Tabla de Contenido

	Página
Introducción	3
Antecedentes de la Teoría General de Sistemas.....	2
Principio Isomorfo o Similar.....	8
Interdisciplinariedad	11
Concepto de Sistema.....	15
Sistema.....	18
Elemento	19
Relación	20
Objetivo	25
Entrada.....	27
Salida	28
Ambiente	29
Totalidad	31
Clasificación de Sistemas.....	32
Propiedades de los Sistemas.....	37
Propiedades emergentes	37
Sinergia.....	38
Entropía	39
Retroalimentación.....	40
Homeostasis.....	41
Otras propiedades	42
Aplicación de la Teoría General de Sistemas.....	43
Ejercicios	47
Bibliografía	52
Lecturas Sugeridas.....	¡Error! Marcador no definido.

Introducción

Después de trabajar durante varios años el curso de *Teoría de Sistemas* en la carrera de Administración de Sistemas Informáticos de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, considero pertinente poner en limpio las notas recogidas de distintos libros, artículos, diccionarios y sitios web, y organizarlas de modo que los conceptos sean presentados desde la perspectiva de varios autores y complementados entre ellos.

Básicamente en el documento se recopila información sobre los antecedentes, conceptos básicos y aplicación de la Teoría General de Sistemas, se recomienda la revisión de las Lecturas Sugeridas para cada uno de los temas, de forma que sean la base de discusiones en clase y de ejemplos de aplicación de las ideas. Para finalizar, se plantean los enunciados de ejercicios que en su mayoría son míos, y que a diferencia de los encontrados (que no son muchos) en diferentes fuentes, tienen como objetivo acercar al estudiante a los conceptos trabajados de una manera significativa.

Así como han sido para mí estas anotaciones la guía para el desarrollo del curso, se configura ahora con los elementos agregados para estructurarla, en una herramienta para que otros docentes puedan hacer uso del material en cursos similares o relacionados, e incluso otras personas interesadas en conocer el tema se acerquen al mundo de la Teoría General de Sistemas.

El documento tiene enlaces a páginas web con artículos, a las lecturas sugeridas y a algunos sitios implementados por los estudiantes sobre el contenido del curso. Hay un enlace a un sitio especial que se desarrolló el año pasado para participar en el concurso Unidad Virtual (Corporación Alma Mater), que se basó en las primeras versiones de este documento, y a partir del cual se generó la idea de hacer un material escrito y digital más completo y estructurado; el sitio fue diseñado y construido con la intención de que él mismo se convirtiera en un **SISTEMA**.

Se sugiere revisar este documento desde el procesador de texto con el fin de tener acceso a los diferentes vínculos; para tal efecto, con este material se entrega un disco compacto (leer las instrucciones de manejo en él mismo).

Antecedentes de la Teoría General de Sistemas

La Teoría General de Sistemas (TGS) tiene su origen en los mismos orígenes de la filosofía y la ciencia. La palabra *Sistema* proviene de la palabra *systema*, que a su vez procede de *synistanai* (reunir) y de *synistêmi* (mantenerse juntos).

Se dice que el término es introducido en la Filosofía entre el 500 y 200 a. C., por Anaxágoras, Aristóteles, Sexto Empírico y los Estoicos. Entre los siglos XVI y XIX se trabaja en la concepción de la idea de sistema, su funcionamiento y estructura; se le relaciona con este proceso a René Descartes, Baruch Spinoza, Gottfried Wilhelm Leibniz, Immanuel Kant, Etienne Bonnot de Condillac, Augusto Comte y Pepper Stephen Coburn.

Específicamente se le atribuyen a George Wilhem Friedrich Hegel (1770 – 1831) el planteamiento de las siguientes ideas:

- El todo es más que la suma de las partes
- 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 interdependientes

Durante el siglo XX de manera particular la TGS no está ligada solamente a la Filosofía, aparecen otras disciplinas que se apoyan en ella o le dan elementos para complementar sus planteamientos, a continuación se hace una lista de algunas de esas disciplinas y de las personas relacionadas con el proceso:

Psicología de la Gestalt
Teoría de las Comunicaciones
Cibernética
Sociología
Fisiología
Bioquímica

Christian von Ehrenfels
Claude Elwood Shannon
Norbert Wiener
Talcott Parsons
Walter Brandford Cannon
Lawrence J. Henderson

Teoría de autómatas
Cibernética
Economía
Ecología
Administración

John von Newman
Ross W. Ashby
Kenneth Boulding
Eugene Pleasants Odum
Robert Lilienfeld

El biólogo y epistemólogo Ludwing von Bertalanffy presenta en la década de 1950 los planteamientos iniciales de la TGS. Bertalanffy trabajó el concepto de sistema abierto e inició el pensamiento sistémico como un movimiento científico importante. Desde sus planteamientos rechazó:

- La concepción mecanicista de las ciencias exactas que tienden al análisis de cada fenómeno en sus partes constituyentes
- La identificación de la base de la vida como un conjunto de mecanismos físico – químicos determinados
- La concepción de los organismos vivientes como autómatas que solo reaccionan cuando son estimulados

La idea de Bertalanffy surge a partir de la no existencia de conceptos y elementos que le permitieran estudiar los sistemas vivos (posteriormente se consideran a los sistemas sociales también), ya que éstos son sistemas complejos con propiedades particulares y diferentes a las de los sistemas mecánicos. Igualmente, consideró la tendencia hacia la integración de diferentes tipos de ciencias naturales, sociales e incluso exactas, con el fin de dar soluciones más integradas a los problemas presentes en los sistemas; y en oposición a la creciente especialización del conocimiento que se había dado hasta ese entonces y seguía en aumento. Bertalanffy consideró que el objeto de estudio de todas las ciencias debían ser los sistemas.

Van Gigch (1987) relaciona las justificaciones que Bertalanffy tenía para desarrollar esta teoría:

- Existencia de principios isomorfos similares que gobiernan la conducta de entidades en muchos campos
- Necesidad de una nueva ciencia exitosa en el desarrollo de la teoría de la complejidad organizada

- Elaborar una teoría interdisciplinaria para trascender problemas exclusivos de cada ciencia
- Proporcionar principios y modelos generales para que descubrimientos en cada ciencia puedan ser utilizados por otras
- Desarrollar una teoría totalizante que no considere el análisis aislado y exclusivo de cada parte y si considere la comprensión de la dependencia recíproca de las disciplinas

Como material complementario al anterior, se muestra a continuación un resumen de Chiavenato (1999) del enfoque de la TGS (sistémico) en oposición al enfoque clásico (mecanicista – cartesiano):

Enfoque clásico Reduccionismo	Enfoque Sistémico Síntesis
<p>Reduccionismo: Descomposición y reducción de algo a sus elementos fundamentales y simples Consecuencia: Diversidad de ciencias</p> <p style="text-align: center;">VISIÓN ORIENTADA A LOS ELEMENTOS</p>	<p>Expansionismo: Todo fenómeno hace parte de uno mayor; evalúa el desempeño del sistema en relación con el que lo contiene; no negar la constitución en partes</p> <p style="text-align: center;">VISIÓN ORIENTADA AL TODO</p>
<p>Pensamiento analítico: Análisis: Descomponer el todo en sus partes simples, independientes e indivisibles; permite explicar las cosas con más facilidad, y luego integrar la descripción de cada una de las partes</p>	<p>Pensamiento sistémico: Síntesis: Un sistema se explica como parte de uno mayor y en términos del papel que desempeña; el interés de su utilización consiste en unir las cosas</p>
<p>Mecanicismo: El principio de la relación Causa – Efecto, es necesario y suficiente para explicar un fenómeno</p>	<p>Teleología: El principio de la relación Causa – Efecto, es necesario pero no suficiente para explicar un fenómeno</p>
<p>Determinismo: Explicación del comportamiento por la identificación de las causas</p>	<p>Probabilismo: Estudio del comportamiento orientado al logro de objetivos, relación entre variables y fuerzas recíprocas, considera el todo como diferente de sus partes</p>

Para complementar las ideas que soportan la TGS, no puede dejar de mencionarse el aporte específico de Boulding para la organización de la misma, y que es referenciado en la mayoría de los libros sobre el tema. Boulding concibe dos enfoques:

- Enfoque empírico: Examinar el universo empírico y tomar fenómenos particulares en diferentes disciplinas y plantear modelos teóricos generales
Particular => General
- Enfoque epistemológico: Plantear una jerarquía de sistemas y aplicarla según el caso específico de estudio
General => Particular

La jerarquía está formada por los siguientes niveles:

Nivel 1	Sistemas estáticos
Nivel 2	Sistemas dinámicos simples
Nivel 3	Sistemas cibernéticos simples
Nivel 4	Sistemas abiertos
Nivel 5	Sistema genético – societario
Nivel 6	Sistema animal
Nivel 7	Sistema humano
Nivel 8	Sistema social
Nivel 9	Sistemas trascendentes

Estos enfoques plantean como premisas básicas que:

- Los sistemas están dentro de sistemas
- Los sistemas son abiertos
- Las funciones del sistema dependen de su estructura

y consideran que es posible crear:

- Un marco de referencia general para diferentes especialistas
- Un vocabulario general

En la actualidad se considera que el enfoque de sistemas más que una teoría es una forma de pensar el mundo, que la complejidad del mundo

natural y social, y la relación entre sociedad y medio ambiente necesita nuevos enfoques para su comprensión. Igualmente, que el enfoque reduccionista es limitado y erróneo para obtener la solución de problemas y adquirir conocimiento, en la medida que no permite el análisis de una gran parte de las variables involucradas.

Se considera importante introducir la forma en la cual Capra (1998) hace referencia a los orígenes de la TGS en el libro la "Trama de la Vida". Él considera que en 1930 se plantean los criterios o características principales del pensamiento sistémico, cuyo campo de estudio son los sistemas vivos (partes de organismos, organismos y comunidades de organismos) que deben ser estudiados en términos de conectividad, relaciones y contexto.

A continuación se muestran las características que Capra (1998) considera son las principales de la TGS:

- Cambio de las partes al todo
- Habilidad para focalizar la atención alternativamente en distintos niveles sistémicos
- Percepción del mundo viviente como una red de relaciones

Adicionalmente, concibe el pensamiento sistémico como una forma de ver la realidad, que se diferencia del paradigma científico cartesiano que plantea certitud del conocimiento. El pensamiento sistémico a su vez maneja la idea del conocimiento aproximado, ya que todos los conceptos y teorías científicas son limitados y aproximados; no es posible obtener una comprensión completa y definitiva de los fenómenos, ya que no se podrán incluir en su estudio todos los aspectos relacionados con los mismos.

Capra agrega un hecho que no es mencionado por ninguno de los otros autores revisados en lo que tiene que ver con los orígenes de la TGS. El desarrollo por parte de Alexander Bogdanov, médico, investigador, filósofo y economista ruso de lo que denominó *Tektología*; Ciencia de las Estructuras. A continuación se relacionan los principales aspectos de esta ciencia, en los cuales se puede observar la semejanza con algunos de los planteamientos de Bertalanffy en este material referenciados:

- Clarificar y generalizar los principios de organización de todas las estructuras vivientes y no vivientes

- Formulación sistémica de los principios de la organización operantes en los sistemas vivos y no vivos
- Ciencia universal de la organización
- Forma organizadora: Totalidad de conexiones entre elementos sistémicos
- Mecanismos organizadores básicos: Formación y regulación
- Dinámica de formación: Conjunción de complejos a través de varios tipos de vínculos
- Crisis organizadora: Colapso del equilibrio sistémico existente, transición organizadora hacia un nuevo estado de equilibrio
- Sistema vivo: Sistema abierto lejos del equilibrio, con procesos de regulación y autorregulación

Lecturas Sugeridas y Comentarios

- Breve historia del pensamiento sistémico
[páginas 269 - 277, O'Connor y McDermott, 1998](#)
Historia del pensamiento sistémico desde el aporte de diferentes disciplinas
- La teoría general de sistemas: conceptos básicos
[páginas 33 - 49, Latorre, 1996](#)
Relación de los principales conceptos y principios de la TGS desde la visión de diferentes autores
- Enfoque sistémico de la administración
[páginas 697 - 700, Chiavenato, 1999](#)
Comparación entre el enfoque reduccionista y el enfoque sistémico, y cronología de los principales eventos de la Teoría de Sistemas
- El enfoque de los sistemas
[páginas 17 - 28, Johansen, 2000](#)
La TGS frente al enfoque reduccionista de las ciencias, y los enfoques que planteó Boulding para su aplicación
- Karl Ludwig von Bertalanffy
<http://www.bertalanffy.org>
- Fritjof Capra
<http://www.fritjofcapra.net>
- Bogdanov and his work
http://www.ialhi.org/news/i0006_2.html
- Cybernetics and systems thinkers,
<http://pespmc1.uv.ac.be/CSTHINK.html>

Principio Isomorfo o Similar

La presencia de principios similares entre los fenómenos de diferentes áreas del conocimiento fue para Bertalanffy una de las motivaciones para compilar las ideas de la TGS. Se muestra a continuación la definición y algunos ejemplos de principios isomorfos.

Isomorfo viene de las palabras *iso* que significa igual y *morphê* que significa forma. Se define como aquel principio que se aplica igualmente en diferentes ciencias sociales y naturales.

La lógica lo define como la igualdad de estructura que se aplica especialmente a la realidad y su representación (mundo y lenguaje), afirmando que entre ellos existe una correspondencia biunívoca¹ de elementos a la par que es idéntica la relación que media entre estos.

La matemática, a su vez lo define como la correspondencia biunívoca entre dos conjunto A y B. Los sistemas matemáticos son isomorfos uno respecto al otro cuando puede establecerse una correspondencia biunívoca entre los elementos de ambos y cuando toda relación definida entre los elementos de uno se cumple entre los elementos correspondientes del otro. Dos sistemas concretos son conceptualmente isomorfos en uno respecto al otro, si ambos pueden representarse por medio del mismo modelo matemático. El isomorfismo matemático es una poderosa herramienta para integrar teorías relativas a realidades, lo cual permite satisfacer el propósito integrador de la TGS.

Algunos ejemplos de principios isomorfos son:

Modelo Gravitacional

La fórmula del modelo gravitacional:

$$F = G \times \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

F = Fuerza de atracción entre las masas m_1 y m_2

G = Gravedad (constante universal)

m_1, m_2 = masas de dos cuerpos

r = distancia entre m_1 y m_2

puede ser aplicada al transporte:

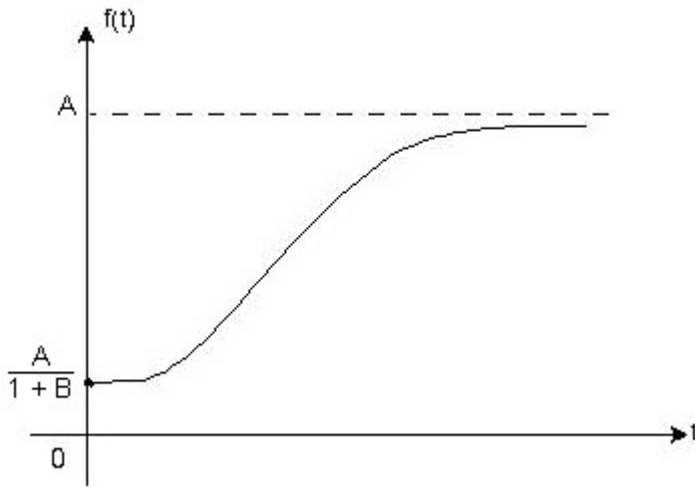
¹ biunívoco: dicese de la correspondencia entre dos conjuntos tal que a cada elemento de uno le corresponde uno y solo uno del otro

$$T_{i,j} = K \times \frac{G_i \times A_j}{d_{i,j}^\alpha}$$

$T_{i,j}$ = número de viajes entre las zonas i y j
 K = Constante que depende de la ciudad, de sus características y del tipo de viaje
 G_i = número de viajes que salen de la zona i hacia todas partes
 A_j = número de viajes que llegan a la zona j de todas partes
 $d_{i,j}$ = distancia entre las zonas i y j
 α = exponente que se refiere a la resistencia a viajar y depende del propósito del viaje y de las características socioculturales del área de estudio

Curva de crecimiento logístico

La curva de crecimiento logístico:

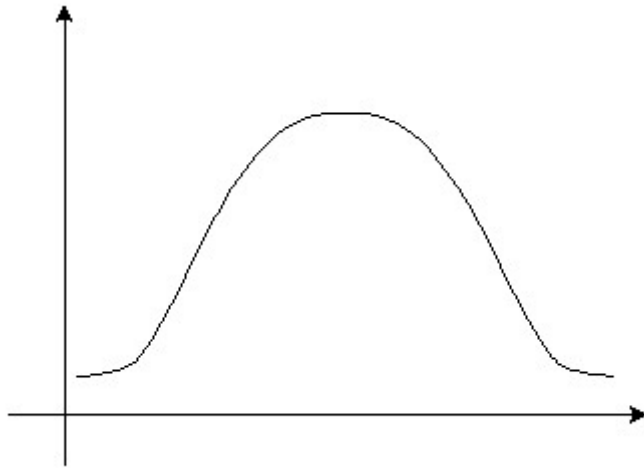


$$f(t) = \frac{A}{1 + Be^{-Akt}}$$

puede ser aplicada a: la economía, para mostrar la distribución de información acerca de un producto particular; la biología, para describir la propagación de una enfermedad; y la sociología, para ilustrar la difusión de un rumor.

Campana de Gauss

La campana de Gauss puede ser aplicada a: la medicina, para medir población con diferentes tipos de inteligencia; la sociología, para medir la población en un sitio a diferentes horas; y la economía, para medir consumo de energía durante el día.



Principio de Le Châtelier

Si se realiza cualquier cambio en las condiciones de un sistema en equilibrio, éste tiende a desplazarse de forma que compensa la variación producida.

Puede ser aplicado a: la medicina, cuando el cuerpo humano es atacado por agentes externos como bacterias o virus, se defiende mediante anticuerpos y macrófagos para restablecer el equilibrio; y la economía, cuando un producto escasea y su demanda es amplia, el mercado se encarga de facilitarlo por producción interna o importación para devolver el equilibrio.

Ley de la polaridad

La ley de la polaridad dice que todo es dual, tiene dos polos, tiene su par de opuestos (los semejantes y los antagónicos). Los opuestos son idénticos en su naturaleza pero diferentes en grado.

Puede ser aplicada a: la física, el calor y el frío; la geografía, el norte y el sur; la electricidad, positivo y negativo; y la TGS, la entropía y la neguentropía.

Ley de la oferta y la demanda

Ley económica que determina el precio en que se equilibran el volumen de la oferta de un producto o de un servicio y el de la demanda.

Puede ser aplicada a: la economía, para determinar el comportamiento del mercado general; la administración, para evaluar el comportamiento del mercado con respecto a la actividad a la que se dedica la

organización; y la contabilidad, para determinar precios adecuados de los productos, costos de insumos y estimativos a largo plazo.

Principio de la causalidad

Principio filosófico según el cual todo hecho tiene una causa, de modo que las mismas causas en las mismas condiciones producen los mismos efectos.

Puede ser aplicado a: la física, si se conoce con precisión la posición y la velocidad de un punto material en un momento determinado, teniendo de cuenta las fuerzas que actúan sobre él, se puede calcular el movimiento del mismo; y la epistemología, el cerebro recibe señales captadas por los sentidos y consecuentemente manda impulsos al cuerpo en forma de respuestas.

Interdisciplinariedad

Según Bertalanffy en la ciencia moderna hay una especialización creciente de los conocimientos, una inmensa cantidad de datos, complejidad de técnicas, y estructuras teóricas en cada campo. Lo anterior ha generado la división de la ciencia en innumerables disciplinas y los especialistas en cada área están en universos privados y no comparten información con otros.

Es necesario estudiar no sólo las partes y procesos aislados de un sistema, sino también resolver los problemas hallados en el mismo como resultado de la interacción dinámica de sus partes, que hace diferente el comportamiento de éstas cuando se estudian aisladas o cuando se consideran dentro del todo.

A continuación se hace una breve relación del concepto de interdisciplinariedad y algunas de sus diversas formas.

Varias definiciones de interdisciplinariedad son:

- Acción entre disciplinas científicas
- Conveniente articulación de las ciencias o disciplinas particulares y de los diversos círculos epistemológicos o sectores de afinidad disciplinaria, para el estudio de problemas

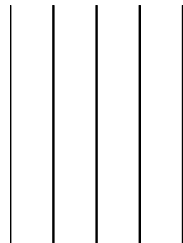
complejos y para producir mejores y soluciones más integradas, de manera que se combata la yuxtaposición de puntos de vista

- Corresponde a la formación general y liberal del hombre y el adecuado estudio y solución de problemas
- Anhelos de cosmovisión cohesionada de las ciencias y de las actividades humanas
- Forma de retorno a la unidad, articulación del conocimiento y síntesis

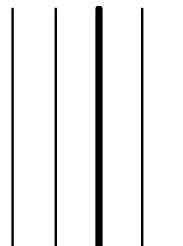
La interdisciplinariedad se hace necesaria para abarcar los problemas actuales del hombre, la sociedad, la ciencia y la naturaleza.

Según Borrero (1991) hay varias modalidades de la interdisciplinariedad:

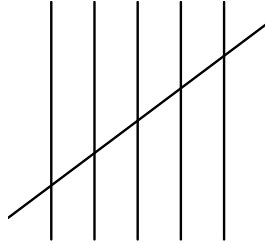
Multidisciplinariedad, interdisciplinariedad paralela o interdisciplinariedad heterogénea; se da cuando diversas disciplinas del saber sin articularse y carentes de relación pensada se yuxtaponen. Se puede representar según el siguiente esquema:



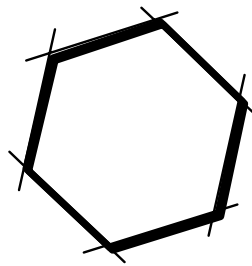
Pluridisciplinariedad; es en cierta manera un modo de multidisciplinariedad, dada la yuxtaposición (no articulación) de disciplinas. Sólo que en este caso una disciplina destaca sobre las demás, por lo cual a éstas se les resta la importancia debida:



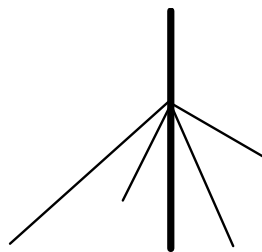
Transdisciplinariedad; ocurre cuando varias disciplinas interactúan mediante la adopción de alguna o algunas disciplinas o de otros recursos como las lenguas, que operan como nexos analíticos:



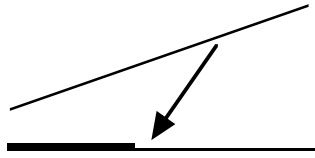
Interdisciplinariedad compuesta; es la colaboración restringida que no resta en nada la acción virtual y plena de cada disciplina, cada una aporta cuantitativamente lo que de ella se exige, sin pretensiones de liderazgo exclusivista por parte de ninguna y sin ambiciones:



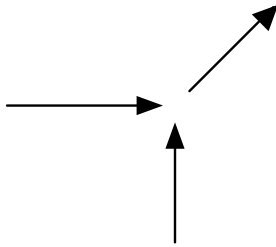
Interdisciplinariedad auxiliar o metodológica; ocurre cuando una disciplina adopta o se apoya en el método de otra, o utiliza para su propio desarrollo los hallazgos efectuados por otras disciplinas:



Interdisciplinariedad suplementaria; busca la integración teórica de dos o más objetos formales unidisciplinarios. Se da así la fecundación de disciplinas que participan del mismo objeto material, pero sin llegar a fundirse en una sola:



Interdisciplinariedad isomórfica; procede de la integración de dos o más disciplinas poseedoras de idéntica integración teórica y de tal acercamiento de métodos, que termina por su unión íntima, produciendo una nueva disciplina autónoma:



Lecturas Sugeridas y Comentarios

- Llegar a la interdisciplinariedad a través de un enfoque sistémico, capaz de "suministrarnos un formalismo de base para el estudio de sistemas muy diversos"
[páginas 52 – 57, Ander-Egg, 1999](#)
Búsqueda de la interdisciplinariedad desde el enfoque sistémico, para ser aplicada al análisis de diferentes tipos de sistemas
- Contra las confusiones: pluri-, multi-, inter- y transdisciplinariedad
[páginas 29 – 36, Vilar, 1997](#)
Aclaración de los conceptos de pluri-, multi-, inter- y transdisciplinariedad, y la aplicación de métodos transdisciplinarios a diferentes tipos de sistemas

Concepto de Sistema

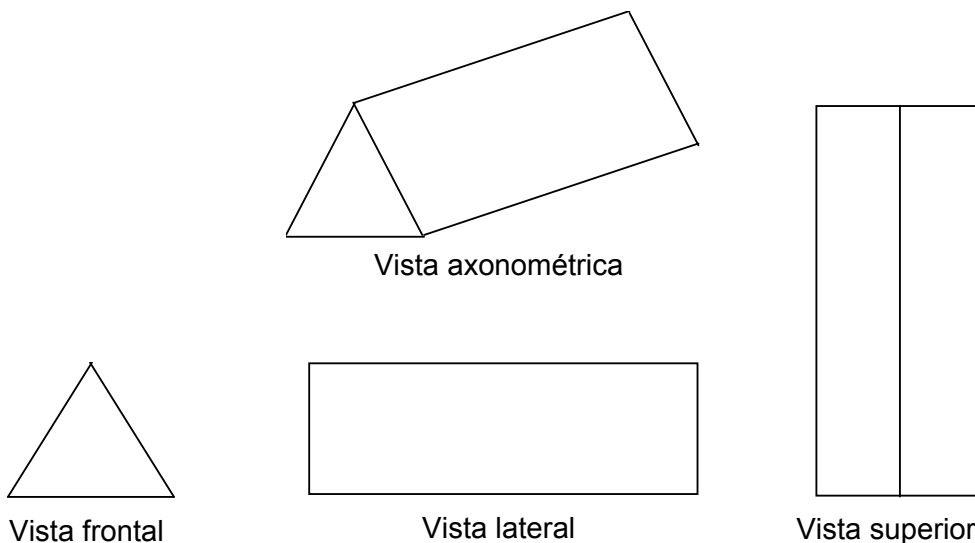
La TGS ha sido objeto de controversia por varias razones: la primera tiene que ver con la falta de elementos formales que permitan validar los análisis que se hacen sobre un determinado sistema; la segunda, consecuencia de la anterior, es la posibilidad de hacer innumerables análisis de un mismo sistema, debido a que corresponde a un proceso subjetivo realizado por las personas; la tercera, corresponde a la contradicción entre el planteamiento absolutista de considerar todo lo que existe como un sistema y lo relativo de la aplicación del concepto mismo.

Teniendo en cuenta lo anterior, uno de los aspectos que se deben revisar como parte, no de la definición de sistema, sino como elemento de la aplicación del concepto, es lo referente a la perspectiva, enfoque, punto de vista y cosmovisión del análisis.

En este caso cada uno de los términos anteriores van a ser definidos por separado, ya que no necesariamente se encuentra que sean sinónimos.

La *Perspectiva* es el aspecto que presentan, en relación al lugar desde donde se miran, los objetos vistos a distancia o considerados como un todo. El *Enfoque* es analizar, estudiar o examinar un asunto para adquirir una visión clara de él y resolverlo acertadamente. El *Punto de Vista* es el criterio, manera de juzgar o considerar algo. La *Cosmovisión* es la manera de ver e interpretar el mundo.

Un ejemplo de perspectiva es el siguiente, el sólido mostrado a continuación se ve diferente según la posición que asuma el observador:

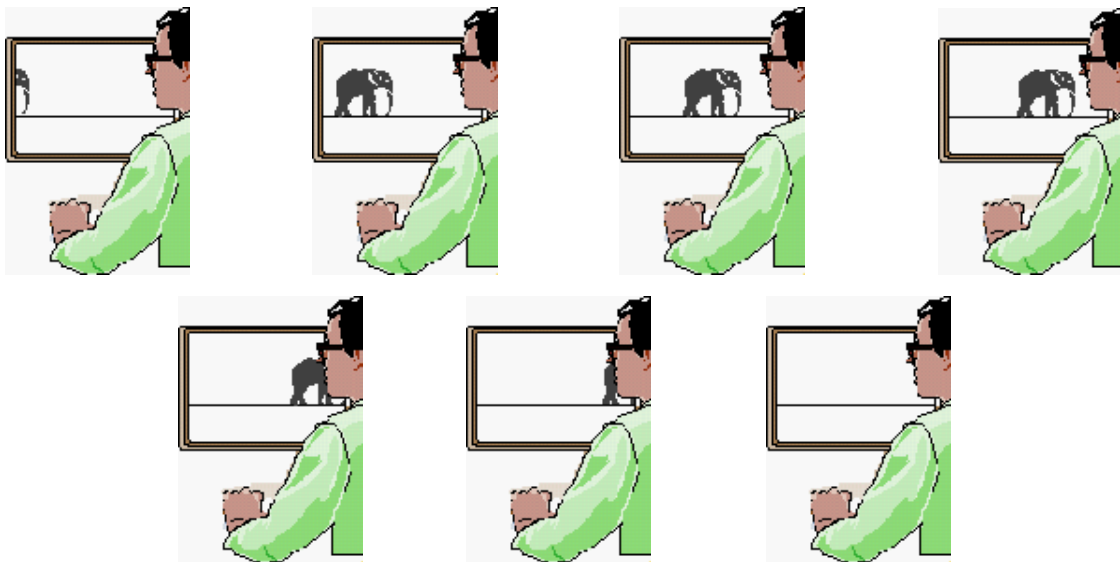


El siguiente enunciado puede ser analizado desde varios puntos de vista:

***En la ciudad de Manizales hay tres policías
por cada uno de sus habitantes***

Un lector de la frase puede considerar que la ciudad de Manizales es muy segura por que cada habitante puede ser protegido por tres policías; otro a su vez estimar que la ciudad es muy insegura pues es necesario que haya tres policías para cuidar a cada uno de sus habitantes.

En el ejemplo siguiente, no cambia el punto de vista y la perspectiva del observador, pero si cambia la ubicación del sistema que es observado. Aunque el elefante camine a la misma velocidad, en la primera secuencia de imágenes parece que es más lento, ya que el observador lo ve durante más tiempo;



en la segunda secuencia parece que el elefante es más rápido, por que el observador sólo lo ve durante pocos segundos. En este caso el análisis que puede hacer el observador varía según la distancia al objeto.



Para O'Connor y McDermott (1999) la perspectiva es un punto de vista, y consideran que existen la perspectiva objetiva, que consiste en mirar desde afuera del sistema hacia adentro; la perspectiva subjetiva que implica mirar desde adentro del sistema hacia afuera; y la perspectiva sistémica (pensamiento sistémico) conformada por la combinación de las dos anteriores.

Para van Gigch (1987) existen las perspectivas introspectiva y extrospectiva. La primera, se aplica al proceso de mejoramiento de un sistema (asegurar que un sistema opere de acuerdo con las expectativas) y tiene que ver con el análisis hacia el interior del mismo y hacia sus elementos para concluir que la solución de los problemas del sistema se encuentran dentro de sus límites. La segunda, se aplica al proceso de diseño de un sistema (crear una configuración óptima) y se refiere a la comprensión del mismo en relación con todos los demás sistemas mayores y que están en interfaz con él.

A su vez relaciona los aspectos que influyen la cosmovisión de un analista:

- Premisas de hecho y de valor; se tienen a partir de pruebas o de información. Las premisas de hecho se refieren a pruebas técnicas o a información desprovista de atributos con un tratamiento evaluativo. Las premisas de valor son consideraciones valorativas
- Supuestos en relación con los elementos del problema; son los puntos de vista definidos y sostenidos sobre aspectos particulares del problema
- Estilos cognoscitivos; es la forma en la cual un individuo realiza actividades perceptuales e intelectuales
- Sistema de investigación entre datos y resultados; corresponde al proceso dirigido a la adquisición de conocimiento

Lecturas Sugeridas y Comentarios

- Perspectivas
[páginas 169 – 179, O'Connor y McDermott, 1998](#)
Diferenciación entre perspectiva objetiva, perspectiva subjetiva y perspectiva sistémica
- Cosmovisión de los autores de decisiones
[páginas 92 – 98, van Gigch, 1987](#)
Relación de los aspectos que influyen en la cosmovisión de los autores de decisiones
- Inteligencias múltiples
<http://www.galeon.com/aprenderaaprender/intmultiples/intmultiple>

Sistema

Distintos autores han definido el concepto de *Sistema*, las definiciones se diferencian básicamente por el aspecto sobre el cual se hace énfasis:

- Conjunto de partes coordinadas y en interacción para alcanzar un objetivo
- Grupo de partes que interactúan bajo las influencias de fuerzas en alguna interacción definida
- Totalidad distinguible en un entorno o ambiente en el cual interactúa, compuesta a su vez de elementos que interactúan también
- Todo aquello que tiene un objetivo
- Grupo de unidades combinadas que forman un todo organizado
- Un todo integrado cuyas propiedades esenciales surgen de las relaciones entre sus partes
- Un grupo de componentes interrelacionados que trabajan en conjunto hacia una meta común mediante la aceptación de entradas y generando salidas en un proceso de transformación organizado

Para el desarrollo del módulo se ha tomado la siguiente definición, y se revisan cada uno de los componentes de la misma.

Conjunto de elementos dinámicamente relacionados entre sí, que realizan una actividad para alcanzar un objetivo, operando sobre entradas y proveyendo salidas procesadas. Se encuentra en un medio ambiente y constituye una totalidad diferente de otra

Como ejemplos se pueden mencionar:

- Ser humano
- Flor
- Computador
- Reloj
- Robot
- Curso de Teoría de Sistemas

Aunque la revisión de cada uno de los componentes de la definición se hace por separado con el fin de dar organización al documento. Vale la pena indicar que al aplicar la misma para el estudio de un sistema en particular, todos esos componentes deben ser considerados al mismo tiempo, en la medida que unos afectan las características de los otros, incluso del sistema mismo y viceversa. En la explicación de unos aspectos, inevitablemente deben utilizarse los otros.

Depende del analista la aplicación del concepto a un caso particular, el proceso y los resultados pueden ser diferentes de acuerdo con el conocimiento, la experiencia, y las circunstancias específicas que existan.

Elemento

Se define *Elemento* como la parte integrante de una cosa o porción de un todo. También se puede hacer referencia al elemento utilizando los términos *Parte* y *Órgano*, eso depende del tipo de sistema que se esté evaluando, por ejemplo sistemas vivos o empresariales.

De los elementos de un sistema puede decirse que:

- Tienen características particulares que afectan o se ven expresadas en las características del sistema total. A su vez las características del sistemas afectan o influyen en las características de los elementos. Esta particularidad se da en la medida en que el elemento está relacionado con otros
- Depende del analista del sistema determinar con qué detalle y qué elementos considerar en el momento en el cual evalúa un sistema
- Un elemento puede considerarse como un sistema, en este caso se denomina *Subsistema*

Como ejemplos se pueden mencionar:

- Partes de un computador: Unidad central de proceso (CPU), teclado, monitor y ratón
- Partes de una planta: Hojas, flor, tallo y raíz
- Partes de una flor: Pétalos, estambres, filamentos, estigma y óvulos
- Partes de un ser humano: Una analista puede considerar que un ser humano está formado por cabeza, tronco y extremidades; otro a su vez, estimar que los componentes son sistema digestivo, sistema circulatorio, sistema endocrino y sistema nervioso
- Fichas de un rompecabezas: El rompecabezas sólo tendrá sentido en la medida en que las fichas que lo componen, se ubiquen en el sitio que corresponde y tengan relación con la forma y el color de las demás que están a su alrededor
- Profesor y estudiantes del curso de Teoría de Sistemas

Relación

Se define como *Relación* a la situación que se da entre dos cosas, ideas o hechos cuando por alguna circunstancia están unidas de manera real o imaginaria.

También se puede hacer referencia a la relación utilizando los términos *Unión, Conexión, Interacción o Enlace*.

Los siguientes son ejemplos de relaciones:

- Enlace químico: Los diferentes átomos que componen una molécula se unen por medio de enlaces químicos
- Palabras de enlace en un mapa conceptual: Palabras que sirven para unir los conceptos y señalar el tipo de relación que existe entre ambos
- Axón y dendritas de la neurona: En el cerebro el axón de una neurona se conecta con las dendritas de otra
- Cables: Los diferentes elementos de un computador se conectan a través de cables

En el libro *Introducción al Pensamiento Sistémico* de O'Connor y McDermott (1999), se hace referencia a las relaciones entre las partes de un sistema y como su influencia mutua es más importante que la cantidad de partes o el tamaño de las mismas. Igualmente que, las relaciones y los sistemas pueden ser simples o complejos.

Hay dos formas diferentes en las cuales un sistema es complejo:

- Complejidad de detalle: El sistema tiene muchas partes y muchas relaciones. En este caso suele haber alguna forma de simplificar, agrupar u organizar este tipo de detalle, y sólo hay un lugar para cada pieza
- Complejidad dinámica: Los elementos se relacionan unos con otros de muchas formas distintas, porque cada parte puede tener diferentes estados, de modo que unas cuantas partes pueden combinarse de miles de formas diferentes.

Las nuevas conexiones entre las partes de un sistema añaden complejidad, y al añadir una pieza se crean muchas conexiones nuevas, entonces el número de conexiones no aumenta de manera proporcional sino exponencial.

Un sistema muy complejo será el que tenga muchas partes o subsistemas que puedan cambiar a diferentes estados al interactuar unos con otros

Se plantea la importancia de las relaciones entre las diferentes partes de un sistema para determinar el funcionamiento del mismo, de modo que cada parte puede influir en el comportamiento del conjunto. Todas las

partes de un sistema son dependientes entre sí y todas mantienen una interacción recíproca.

A partir de las relaciones entre los elementos de un sistema se generan propiedades que la totalidad no tendría de no existir tales relaciones, como:

- Estabilidad: Ésta depende de la cantidad, tamaño y diversidad de subsistemas que abarque el sistema, y el tipo y grado de conectividad que exista entre ellos.

Muchos sistemas complejos son particularmente estables, y por tanto resistentes al cambio. No puede haber estabilidad sin resistencia.

- Efecto de palanca: Corresponde a la posibilidad de cambiar repentinamente un sistema si se emprenden las acciones apropiadas. El cambio que se necesita o requiere resulta sorprendentemente fácil si se identifican las conexiones apropiadas.

El efecto de palanca se logra al saber dónde intervenir para obtener un gran resultado con un pequeño esfuerzo, en lugar de malgastar energía, en tirar o empujar directamente, es necesario observar las conexiones que sujetan la parte que se quiere mover.

El efecto de palanca se logra por que hay algunas partes y relaciones que son más importantes que otras y ejercen un mayor grado de control en el sistema.

- Efecto secundario: Consecuencia no esperada de la conectividad de las piezas de un sistema.

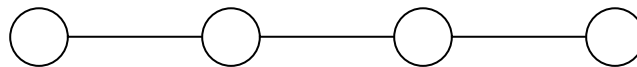
El conocimiento de las relaciones presentes en un sistema puede ser utilizado para producir cambios en el mismo a partir de la propagación de la influencia que puede producirse en él. Si se conoce el sistema se pueden predecir los efectos, es posible modificarlo para obtener efectos positivos y reducir en lo posible los negativos.

Al hablar de las relaciones en un sistema, surge el concepto de *Estructura*, ya que corresponde con la forma de las relaciones que mantienen los elementos del conjunto.

La estructura en un sistema es un componente que es permanente o cambia lenta u ocasionalmente. Se diferencia del concepto de *Proceso* ya que éste tiene que ver con elementos en cambio continuo.

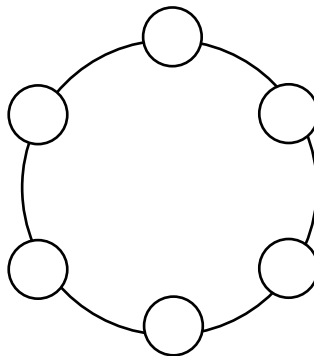
A continuación se analizan diferentes tipos de estructuras que pueden estar presentes en los sistemas. Es posible encontrarlas combinadas en la medida que el sistema sea más complejo.

- Lineal: Los elementos se encuentran uno después del otro. Para referirse a esta estructura se pueden utilizar los términos *Cadena* o *Secuencia*.



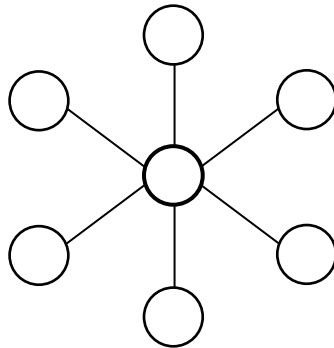
Como ejemplos de este tipo de estructura se pueden mencionar las filas en los bancos y procesos de producción en cadena.

- Circular: Los elementos se encuentran uno después del otro, pero no existe un principio o fin de la secuencia. De acuerdo con su uso se pueden utilizar los términos *Ciclo* o *Anillo*.



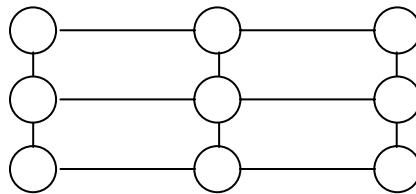
Como ejemplo de este tipo de estructura se encuentran las redes de computadores en anillos y los ciclos de retroalimentación.

- Centralizada: Los elementos se encuentran unidos a uno que se denomina el central.



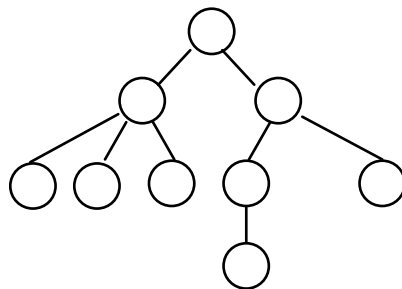
Ejemplos de este tipo de estructura lo constituyen las redes en estrella o los gobiernos centralizados.

- Matricial: Los elementos se disponen en filas y columnas; se asocia a la idea de tener varias estructuras lineales unidas.



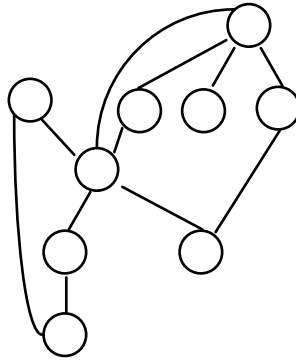
Las estructuras matriciales se pueden encontrar en tipos de datos computacionales y empresas que se organizan por proyectos.

- Jerárquica: Los elementos mantienen una relación de dependencia entre ellos, hay elementos en niveles superiores y elementos en niveles inferiores.



Se encuentran estructuras jerárquicas en organigramas de organizaciones o mapas conceptuales.

- Descentralizada: A diferencia de las estructuras anteriores no existen secuencias, elementos centrales o dependencia entre los elementos. Es conocida también como estructura en *Red*.



Internet y el sistema vial de una región poseen una estructura tipo red.

Lecturas Sugeridas y Comentarios

- El principio de palanca
[páginas 148 – 163, Senge, 1998](#)
Caso de aplicación del principio de palanca a una compañía de electrónica

Objetivo

Los *Objetivos* son conocidos como *Propósitos, Finalidades, Logros, Misiones, Visiones* o *Metas*; la denominación depende del alcance de los mismos y/o del momento en el tiempo para el cual son definidos.

Los objetivos determinan el funcionamiento del sistema, para lograrlos deben tenerse en cuenta tanto los elementos, las relaciones, como los insumos y lo producido por el mismo, de manera que estén coordinados y el sistema tenga validez y significado.

El enfoque de sistemas y la aplicación de los procesos que plantea dependen de la definición de los objetivos del sistema, para luego

identificar la mejor manera de lograrlos de forma que todos los aspectos involucrados se den de modo óptimo. Los objetivos permiten cohesionar todos los aspectos relacionados con el sistema.

Según van Gigch (1987), los objetivos tienen múltiples facetas y cambian continuamente en el contexto del sistema dinámico de las organizaciones, cuya razón de ser es el servicio de esos objetivos. Para Churchman (1981), los objetivos permiten medir la forma del comportamiento del sistema de manera total. Otros autores consideran que los objetivos corresponden a la declaración de principios por los cuales se debe regir el sistema.

Según Churchman (1981), existe una falacia común al establecer objetivos, ya que se pone énfasis en lo evidente o lo obvio; pero no se determinan objetivos verdaderos y operacionales que puedan ser medidos, y con la medición se pueda determinar la calidad del comportamiento del sistema o su operación.

Latorre (1996) sugiere la definición de indicadores para medir el cumplimiento de los objetivos de un sistema. Igualmente, existe el concepto de meta para estimar el impacto de las acciones que buscan cumplir con un objetivo y determinar la duración de las mismas en el tiempo. Los objetivos se miden sobre los flujos de salida del sistema.

Antes de terminar, vale la pena anotar que la definición de objetivos reales de un sistema debe tener en cuenta las restricciones de las condiciones bajo las cuales debe operar el mismo (ambiente).

Algunos ejemplos de objetivos son:

- Lápiz: Un lápiz puede ser utilizado para escribir, borrar, hacer experimentos, señalar y darle uso al sacapuntas
- Poema de amor: Un poema de amor tiene como objetivos enamorar a una mujer o a un hombre, y suscitar diferentes emociones en la persona que lo lee
- Mapa conceptual: Servir de elemento para hacer resúmenes y esquemas, y como herramienta de negociación de significados en una clase
- Computador: Un computador puede ser utilizado para procesar información, como elemento de comunicación entre las personas, y como herramienta de enseñanza
- Curso de Teoría de Sistemas: Su objetivo plantea que los estudiantes aprobados estén en la capacidad de aplicar

algunos conceptos básicos de la TGS a sistemas con un grado específico de complejidad

Entrada

Es todo aquello que el sistema recibe o importa de su mundo exterior. También se conoce con el término *Input*. Visto el sistema como un subsistema de otro mayor que lo contiene, las entradas pueden ser consideradas como las relaciones externas de ese sistema con otro.

El sistema recibe entradas para operar sobre ellas, procesarlas y transformarlas en salidas.

Como ejemplos de entradas a sistemas se pueden considerar los siguientes:

- Ser humano: Necesita de oxígeno, alimentos, ideas, y agua para vivir
- Computador: Necesita de energía eléctrica y de datos para cumplir la función de procesar información
- Carro: Necesita de gasolina y agua para producir energía cinética
- Planta: Necesita de luz solar, agua y nutrientes para procesar su alimento
- Curso de Teoría de Sistemas: Programa del curso y reglamento de la Universidad

Existen varios tipos de entradas a los sistemas:

- Energía: Se utiliza para mover y dinamizar el sistema
- Materia: Son los recursos que el sistema utiliza para producir salidas (productos o servicios), que a su vez pueden ser:

Recursos operacionales: Utilizados para transformar otros recursos (máquinas, equipos, instalaciones, herramientas, instrucciones, utensilios, etc.)

Recursos productivos: Materias primas

- Información: Es todo aquello que reduce la incertidumbre sobre una situación; proporciona orientación, instrucción y conocimiento con respecto a algo, permite programar y planear el comportamiento o funcionamiento del sistema

Johansen (2000) diferencia estos tipos de entrada de acuerdo con el comportamiento que ellas tienen en el sistema:

- Ley de la conservación de la materia y la energía: la cantidad de materia y energía que permanece en un sistema es igual a la suma de la materia y la energía importada, menos la suma de la energía exportada
- Ley de los incrementos de la información: la cantidad de información que permanece en el sistema no es igual a la diferencia entre lo que entra y lo que sale, sino que es igual a la información que existe más la que entra, es decir, hay una agregación neta en la entrada, y la salida no elimina información del sistema

Salida

Es el resultado final de la operación o procesamiento de un sistema. Se puede hacer referencia a la salida utilizando el término *Output*.

Los flujos de salida le permiten al sistema exportar el resultado de sus operaciones al medio ambiente.

Algunos ejemplos de salidas de sistemas son:

- Ser humano: Lágrimas, gas carbónico, sonidos e ideas
- Computador: Energía calórica e información
- Carro: Gas carbónico y energía cinética
- Departamento de mercadeo de una empresa: Reportes y solicitudes de compra
- Empresa: Utilidades, personas jubiladas y basura
- Curso de Teoría de Sistemas: Notas de los estudiantes y módulo sobre el curso

Según Johansen (2000), las salidas se pueden clasificar como positivas o negativas para el medio, la relación que existe entre éstas determina la supervivencia del sistema. El sistema está legalizado en el ambiente en el cual se encuentra cuando las salidas positivas son mayores que las salidas negativas.

Cuando un sistema sobrevive legalizado por el medio y adaptado a él y a sus exigencias se denomina sistema viable, ya que es capaz de adaptarse a las variaciones de un medio en cambio. Las características de un sistema viable son las siguientes:

- Capacidad de autoorganización: Mantener una estructura permanente y modificarla de acuerdo con las circunstancias
- Capacidad de autocontrol: Mantener sus principales variables dentro de ciertos límites
- Cierta grado de autonomía: Poseer suficiente nivel de libertad, determinado por sus recursos para mantener las variables dentro del área de normalidad

Lecturas Sugeridas y Comentarios

- Datos, información y toma de decisiones, cómo se relacionan
[páginas 3 – 7, Goldratt, 1998](#)
Diferenciación de los conceptos de datos e información, y la importancia de ésta última en la toma de decisiones

Ambiente

El *Ambiente* es el medio que rodea externamente al sistema, es una fuente de recursos y de amenazas. Se conoce también con el nombre de *Entorno* o *Contexto*.

El sistema y el ambiente mantienen una interacción constante, están interrelacionados y son interdependientes. La influencia que el sistema ejerce sobre el medio ambiente regresa a él a través de la retroalimentación. Igualmente, el ambiente condiciona al sistema y determina su funcionamiento.

La supervivencia de un sistema depende de su capacidad para adaptarse, cambiar y responder a las exigencias y demandas del medio ambiente externo. Debido a que el ambiente está cambiando continuamente, el proceso de adaptación del sistema es dinámico y sensible.

Ya que el ambiente está conformado por otros sistemas, fenómenos o cosas exteriores al sistema, el ambiente puede ser analizado como un sistema, en ese caso se denomina *Supersistema*.

Si el analista del sistema requiere determinar si algo hace parte del medio ambiente debe establecer si el sistema no tiene control sobre ese elemento, no puede modificar sus características y conducta, pero se ve afectado por el mismo.

El ambiente puede ser ejemplificado así:

- Ser humano: Un ser humano está expuesto a diferentes condiciones si está en la tierra o en el espacio
- León: Es posible encontrar leones en la jungla o en un zoológico
- Computador: Un computador puede estar en una oficina, casa, carro, finca, salón de clase, habitación u hospital
- Flor: Las flores crecen en los jardines pero pueden ser llevadas a un comedor o a una biblioteca
- Reloj: Dado que los relojes son utilizados por las personas, éstos se pueden encontrar en una calle, una cocina, un carro, y en una sala
- Curso de Teoría de Sistemas: De acuerdo con el punto de vista el ambiente del curso son otras materias pre y pos requisito, o la universidad en la cual está siendo dictado

La *Frontera* o *Límite* es la línea que separa al sistema de su entorno (o supersistema) y que define lo que pertenece y lo que queda fuera de él. La línea puede ser visible o imaginaria y determina hasta dónde puede llegar el sistema.

El establecimiento de las fronteras de un sistema puede ser un problema difícil de resolver. La dificultad se debe a las siguientes características:

- Es bastante difícil aislar los aspectos estrictamente mecánicos de un sistema

- El intercambio o relación entre sistemas no se limita exclusivamente a una familia de sistemas
- Existe un continuo intercambio de relaciones tiempo – secuencia (causa – efecto), de modo que las presiones del medio ambiente sobre el sistema modifican su conducta y, a la vez, este cambio de comportamiento/conducta modifica al medio y su comportamiento también

Las fronteras no siempre existen físicamente:

- Frontera física: Ligada a un espacio
- Frontera funcional: Implica una articulación de actividades y tareas

Si para un sistema se han establecido diferentes fronteras, éstas se pueden superponer y variar de acuerdo con el grado de permeabilidad que tienen.

La definición de la frontera puede considerar los conceptos de subsistema y supersistema. Así se puede definir el sistema en relación con su medio inmediato y con sus principales componentes.

Totalidad

Totalidad se define como todo el total, el conjunto de todos los componentes. El objetivo de aplicar este concepto al sistema tiene que ver con la evaluación al unísono de todos los aspectos relacionados con el mismo, sin dejar ninguno de ellos de lado. El sistema debe considerarse como un cosa íntegra, completa, entera, absoluta y conjunta.

Debido a la naturaleza orgánica de los sistemas; una acción que produzca un cambio en una de las unidades del sistema, podría producir cambios en los demás. El efecto total se presenta como un ajuste de todo el sistema que reacciona globalmente.

Lecturas Sugeridas y Comentarios

- La definición de un sistema
[páginas 147 – 164, Johansen, 2000](#)
Explicación del método de Churchman para el análisis de sistemas de bienes y/o servicios
- Los sistemas sociales y las matemáticas
[páginas 79 – 91, Gómez y Gómez, 1992](#)
Aplicación de un método formal (matemáticas) para el análisis de problemas de sistemas sociales
- Totalidad VS Análisis
<http://elcaos.tripod.com/mariposa.html>

Clasificación de Sistemas

La clasificación de un sistema al igual que el análisis de los aspectos del mismo es un proceso subjetivo; depende del individuo que lo hace, del objetivo que se persigue y de las circunstancias particulares en las cuales se desarrolla. En este punto se dan lineamientos generales sobre las diferentes clases de sistemas y algunos ejemplos que corresponden a su definición, pero puede haber debate sobre los mismos si se tiene en cuenta las consideraciones expuestas antes.

De acuerdo con el planteamiento de Alba (1995), los sistemas se clasifican así:

Según su relación con el medio ambiente:

- Sistemas abiertos: Sistema que intercambia materia, energía o información con el ambiente

Ejemplos: Célula, ser humano, ciudad, perro, televisor, familia, estación de radio

- Sistemas cerrados: Sistema que no intercambia materia, energía o información con el ambiente

Ejemplos: Universo, reloj desechable, llanta de carro

Según su naturaleza:

- Sistemas concretos: Sistema físico o tangible
Ejemplos: Equipo de sonido, edificio, pájaro, guitarra, elefante
- Sistemas abstractos: Sistema simbólico o conceptual
Ejemplos: Sistema hexadecimal, idioma español, lógica difusa

Según su origen:

- Sistemas naturales: Sistema generado por la naturaleza
Ejemplos: Río, bosque, molécula de agua
- Sistemas artificiales: Sistema producto de la actividad humana; son concebidos y construidos por el hombre
Ejemplos: Tren, avión, marcapasos, idioma inglés

Según sus relaciones:

- Sistemas simples: Sistema con pocos elementos y relaciones
Ejemplos: Juego de billar, péndulo, $f(x) = x + 1$, palanca
- Sistemas complejos: Sistema con numerosos elementos y relaciones entre ellos
Ejemplos: Cerebro, universidad, cámara fotográfica

Esta clasificación es relativa por que depende del número de elementos y relaciones considerados. En la práctica y con base en límites psicológicos de la percepción y comprensión humanas, un sistema con más o menos siete elementos y relaciones se puede considerar simple.

Según su cambio en el tiempo:

- Sistemas estáticos: Sistema que no cambia en el tiempo
Ejemplos: Piedra, vaso de plástico, montaña

- Sistemas dinámicos: Sistema que cambia en el tiempo

Ejemplos: Universo, átomo, la tierra, hongo

Esta clasificación es relativa por que depende del periodo de tiempo definido para el análisis del sistema.

Según el tipo de variables que lo definen:

- Sistemas discretos: Sistema definido por variables discretas²

Ejemplos: lógica booleana, alfabeto

- Sistemas continuos: Sistema definido por variables continuas³

Ejemplos: alternador, río

Otras clasificaciones :

- Sistemas jerárquicos: Sistema cuyos elementos están relacionados mediante relaciones de dependencia o subordinación conformando un organización por niveles. Chiavenato (1999) los denomina sistemas piramidales

Ejemplos: Gobierno de una ciudad

- Sistemas de control: Sistema jerárquico en el cual unos elementos son controlados por otros

Ejemplos: Lámpara

- Sistemas de control con retroalimentación: Sistema de control en el cual los elementos controlados envían información sobre su estado a los elementos controladores

Ejemplos: Termostato

²Variable discreta: aquella que tiene valores numéricos enteros previamente establecidos, los cuales no pueden cambiarse arbitrariamente

³ Variable continua: Aquella que puede asumir cualquier valor numérico y que puede cambiar en cualquier cantidad

Para agregar una clasificación diferente se toma de Chiavenato (1999) una organización basada en el funcionamiento de los sistemas:

- Sistemas determinísticos: Sistema con un comportamiento previsible

Ejemplos: Palanca, polea, programa de computador

- Sistemas probabilísticos: Sistema con un comportamiento no previsible

Ejemplos: Clima, mosca, sistema económico mundial

En el libro "Teoría General de Sistemas", van Gigch (1987) plantea que los sistemas pueden clasificarse así:

- Sistemas vivientes y no vivientes: Los sistemas vivientes están dotados de funciones biológicas como el nacimiento, la muerte y la reproducción
- Sistemas abstractos y concretos: Un sistema abstracto es aquel en que todos sus elementos son conceptos. Un sistema concreto es aquel en el que por lo menos dos de sus elementos son objetos o sujetos, o ambos
- Sistemas abiertos y cerrados: Un sistema cerrado es un sistema que no tiene medio, es decir, no hay sistemas externos que lo violen, o a través del cual ningún sistema externo será considerado. Un sistema abierto es aquel que posee medio, es decir, posee otros sistemas con los cuales se relaciona, intercambia y comunica

Lecturas Sugeridas y Comentarios

- Clasificación arbitraria de los sistemas
[páginas 706 – 708, Chiavenato, 1999](#)
Clasificación de los sistemas de acuerdo con los criterios de complejidad y previsión de su funcionamiento
- Una tipología de sistemas
[páginas 130 - 143, Checkland, 1993](#)
Clasificación de los sistemas en físicos, naturales, de actividad humana, diseñados y sociales

Para ilustrar el concepto de *Sistema* de manera completa se sugiere revisar el siguiente sitio: [UnidadVirtual](#).

Propiedades de los Sistemas

Cada uno de los aspectos revisados anteriormente sobre un sistema le da características que lo hacen diferente de cualquier otra entidad considerada en otras áreas del conocimiento. Las propiedades atribuidas a los sistemas han generado el desarrollo teórico y práctico de nuevas disciplinas, por está razón es importante introducir en esta parte del documento lo que tiene que ver con este tema.

Propiedades emergentes

En O'Connor y McDermott (1998) se hace especial referencia al concepto de propiedad emergente; si un sistema funciona como un todo, entonces tiene propiedades distintas a las de las partes que lo componen y que "emergen" de él cuando está en acción. Éstas propiedades no se encuentran si el sistema se divide en sus componentes y se analiza cada uno de ellos por separado.

Son consideradas características impredecibles y sorprendentes, al igual que únicas y propias de cada sistema. Una de las ventajas de las propiedades emergentes es que no hace falta comprender el sistema para beneficiarse de ellas.

Para Checkland (1993) el concepto de propiedad emergente está relacionado con la idea de niveles de complejidad en los sistemas; las propiedades emergentes son el resultado de la aplicación de restricciones (pérdida de grados de libertad) a los elementos de un nivel inferior, de manera que se establezca la conexión con el nivel siguiente de complejidad en el sistema.

Son ejemplos de sistemas y propiedades emergentes asociadas los siguientes:

Sistema	Propiedad emergente
Río	Remolino
Sistema auditivo	Audición en estéreo
Sistema visual	Visión tridimensional
Cerebro	Conciencia
Computador	Errores informáticos

Sociedad	Cultura
Equipo de baloncesto	Espíritu de equipo

Lecturas Sugeridas y Comentarios

- ¿Embotellamientos de hormigas en el cerebro?
<http://www.jornada.unam.mx/2001/ene01/010102/cien-hormigas.html>
- Los sistemas complejos como instrumentos de conocimiento y transformación del mundo
<http://scifunam.ifisicacu.unam.mx/mir/mundo.html>

Sinergia

La palabra *Sinergia* viene del griego *syn* que significa con y *ergos* que significa trabajo. La sinergia existe en un sistema cuando la suma de las partes del mismo es diferente del todo, es decir, cuando el estudio de una de las partes del sistema de manera aislada no puede explicar o predecir la conducta de la totalidad. En otros términos se expresa así:

$$2 + 2 = 5$$

Se le conoce también como la propiedad por la cual la capacidad de actuación de un sistema es superior a la de sus componentes sumados individualmente.

Para que se de la sinergia en un sistema (aunque es inherente al concepto de sistema), debe existir en el mismo una organización y configuración tal que se de una ubicación y relación particular entre las partes.

Johansen (2000) atribuye la existencia de la sinergia a la presencia de relaciones e interacciones entre las partes, lo que se denomina relaciones causales. Éstas representan una relación causa – efecto entre los elementos de un sistema, la relación causal positiva (+) indica que un cambio producido en un elemento genera una influencia en el mismo sentido en los otros elementos con los cuales está conectado; la negativa (-), muestra que el cambio se da en sentido contrario.

Lecturas Sugeridas y Comentarios

- La empresa es una totalidad con sinergia
[páginas 40 – 44, Johansen, 2000](#)
Planteamiento formal de la presencia de sinergia en la empresa
- Causa y efecto
[páginas 109 – 115, O'Connor y McDermott, 1998](#)
Influencia del principio de causa – efecto en el funcionamiento del sistema
- La búsqueda desesperada de la sinergia
[Goold y Campbell En Revista Summa, 1999](#)
Aproximación cautelosa a la aplicación del concepto de sinergia en las organizaciones

Entropía

La palabra *Entropía* viene del griego *entropé* 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 los lleva a la degradación, degeneración, desintegración y desaparición.

Para la TGS la entropía se debe a la pérdida de información del sistema, que provoca la ausencia de integración y comunicación de las partes del sistema.

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).

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

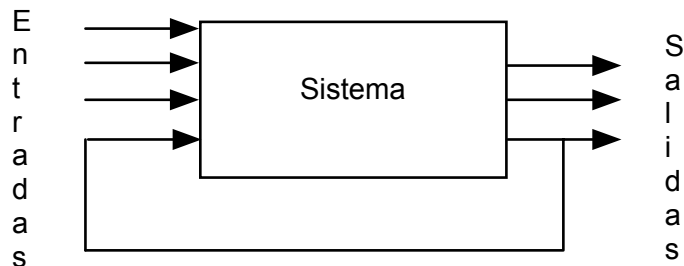
Lecturas Sugeridas y Comentarios

- Para derrotar a la entropía
[páginas 117 – 122, Chopra, 1996](#)
Manifestación de la entropía en el sistema ser humano
- Entropía y vida
<http://www.jornada.unam.mx/1999/jul99/990705/cien-entropia.html>

Retroalimentación

Se conoce también con los nombre de *Retroacción*, *Realimentación*, *Reinput* o *Feedback*. Es un mecanismo mediante el cual la información sobre la salida del sistema se vuelve a él convertida en una de sus entradas, esto se logra a través de un mecanismo de comunicación de retorno, y tiene como fin alterar de alguna manera el comportamiento del sistema. Otros la consideran como un retorno de los efectos de una acción que influye al sistema en el siguiente paso.

Un esquema de un sistema con retroalimentación es el siguiente:



La retroalimentación sirve para establecer una comparación entre la forma real de funcionamiento del sistema y el parámetro ideal establecido. Si hay alguna diferencia o desviación, el proceso de retroalimentación se encarga de regular o modificar las entradas para que la salida se acerque al valor previamente definido.

Con la retroalimentación es posible establecer si el objetivo de un sistema se cumple o no, o cómo está trabajando el sistema para lograrlo, y permite mantener al sistema en equilibrio. Como el sistema debe desarrollar formas de adaptación o cambio, se considera fundamental que posea mecanismos de control.

Hay dos formas de retroalimentación: la positiva o de refuerzo, es una acción amplificadora o estimuladora de la salida sobre la entrada, que puede inducir inestabilidad al sistema ya que refuerza una modificación de su desempeño; la retroalimentación negativa o de compensación es una acción que a su vez frena, inhibe o disminuye la señal de entrada, y le permite al sistema llegar al equilibrio y cumplir con sus objetivos al reducir los efectos de un proceso de retroalimentación positiva exagerado.

Lecturas Sugeridas y Comentarios

- Pensamiento en círculos
[páginas 51 – 72, O'Connor y McDermott, 1998](#)
Definición y ejemplos de los bucles de retroalimentación, retroalimentación de refuerzo y retroalimentación de compensación
- Subsistemas de control
[páginas 129 – 145, Johansen, 2000](#)
Aplicación de la retroalimentación en el control de la operación de un sistema, retroalimentación negativa y retroalimentación positiva

Homeostasis

El término proviene de las palabras griegas *homeos* que significa semejante y *statis* que significa situación. Para Cannon a quien se le atribuye el término, la homeostasis es el ensamble de regulaciones orgánicas que actúan para mantener los estados estables de los organismos. Van Gigch (1987) agrega que la permanencia de estos estados puede mantenerse solamente a través de retroalimentación negativa, que actúa para reintegrar al sistema dentro de los límites iniciales.

En otros términos, es la capacidad de los sistemas de mantener sus variables dentro de ciertos límites frente a los estímulos cambiantes externos que ejerce sobre ellos el medio ambiente, y que los forzan a adoptar valores fuera de los límites de la normalidad. Es la tendencia del sistema a mantener un equilibrio interno y dinámico mediante la autorregulación o el autocontrol (utiliza dispositivos de retroalimentación).

Es un proceso continuo de desintegración y reconstitución en el cual el sistema utiliza sus recursos para anular el efecto de cualquier factor extraño que amenace su equilibrio.

Otras propiedades

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 sí mismo.

Lecturas Sugeridas y Comentarios

- Recursividad
[páginas 44 – 47, Johansen, 2000](#)
Concepción de la recursividad vista desde la complejidad del sistema
- Fractales
[páginas 37 – 43, Gómez y Gómez, 1992](#)
Aplicación formal de la recursividad a la geometría
- Sinergia y recursividad
[páginas 48 – 52, Johansen, 2000](#)
Relación entre sinergia, recursividad y desarrollo científico
- John Couch Adams y el descubrimiento de Neptuno
[páginas 97 – 116, Spencer En Sigma tomo 2, 1985](#)
Aplicación del poder de la sinergia en el descubrimiento del planeta Neptuno

Equifinalidad: Se refiere al hecho que un sistema vivo a partir de distintas condiciones iniciales y por distintos caminos llega a un mismo estado final. El proceso inverso se denomina multifinalidad, en esta caso condiciones iniciales similares pueden llevar a estados finales diferentes.

Aplicación de la Teoría General de Sistemas

Para hablar de la aplicación de la TGS, es pertinente tener en cuenta planteamientos como el enfoque de sistemas, se considera éste como la utilización de las ideas de la TGS para desarrollar nuevos esquemas de trabajo común. Igualmente, se deben considerar algunas áreas del conocimiento que utilizan las ideas de la TGS para abordar la solución de problemas específicos o complementan sus propios conceptos.

El enfoque de sistemas es descrito por van Gigch (1987) como:

- Una metodología de diseño; para resolver problemas considerando la mayor cantidad de aspectos involucrados, y tener en cuenta de manera adicional el impacto de las decisiones tomadas
- Un marco de trabajo conceptual común; aprovechando las características comunes de campos divergentes (propiedades y estructuras, métodos de solución y modelos, dilemas y paradojas)
- Una nueva clase de método científico; para ser aplicados en procesos como la vida, muerte, nacimiento, evolución, adaptación, aprendizaje, motivación e interacción
- Una teoría de organizaciones; al considerar la organización como un todo integrado con un objetivo de eficacia y armonización de sus componentes
- Dirección por sistemas; para tener en cuenta las complejidades e interdependencias de grandes organizaciones
- Un método que relaciona a la ingeniería de sistemas, la investigación de operaciones, y otros; ya que tienen fundamentos e intereses comunes

Para Checkland (1993), la “práctica de sistemas” consiste en utilizar los conceptos de sistemas para tratar de solucionar problemas. La guía que se

espera pueda ser utilizada debe tener en cuenta la manera en la cual los sistemas conciben el mundo, y aprender sobre diferentes aspectos de los sistemas naturales, en tanto que son complejos. Éstos enseñan sobre la dinámica de los sistemas y de los recursos utilizados para mantener íntegros.

Johansen (2000) realiza una lista de diferentes disciplinas que utilizan, han sido complementadas o han surgido a partir de los planteamientos de la TGS:

- Cibernética; explica los mecanismos de comunicación y control en las máquinas y los seres vivos
- Teoría de la información; introduce el concepto de información como una cantidad que puede ser medida
- Teoría de los juegos; trata de analizar mediante la matemática, la competencia entre sistemas racionales antagonistas y permite representar comportamiento de sistemas en conflicto
- Teoría de la decisión; analiza tanto la selección racional de alternativas dentro de las organizaciones, como la conducta del sistema al desarrollar el proceso de toma de decisiones
- Topología o matemática relacional; es una especie de geometría que se basa en la prueba de la existencia de un teorema particular en campos como las redes, los grafos y los conjuntos
- Análisis Factorial; tiene que ver con el aislamiento, por medio del análisis matemático, de los factores en aquellos problemas caracterizados por ser multivariantes. Se aplica en las ciencias sociales
- Ingeniería de Sistemas; es la planeación, diseño, evaluación y construcción científica de sistemas hombre – máquina
- Investigación de Operaciones; para Stafford Beer es control de complejos problemas que surgen de la dirección y administración de los grandes sistemas compuestos por hombres, máquinas, materiales y dinero en la industria, el comercio, el gobierno y la defensa

- Informática; tratamiento racional y sistemático de la información utilizando medios automáticos
- Teoría de la Automatización; analiza los procesos por los cuales se reemplaza los esfuerzos físicos y mentales desarrollados por el hombre
- Simulación; representación del comportamiento de un proceso por medio de un modelo

Como casos prácticos de la utilización de las ideas de la TGS se mencionan los siguientes:

- Estudio de sistemas medioambientales: El medio ambiente, que rodea al ser humano como habitante del planeta tierra, es considerado como uno de los sistemas más complejos de analizar. Una de las formas de aproximación a su estudio se ha planteado a través del concepto de sistema y del enfoque sistémico
- Programación Neuro - Lingüística (PNL): El enfoque sistémico es aplicado por especialistas de la psicología para identificar reglas y patrones del comportamiento humano de manera que las personas puedan controlarlos.
- Sistemas de Información: El enfoque funcional de los sistemas (de flujos o corriente de entrada – corriente de salida), es utilizado por la ingeniería de software para definir métodos de desarrollo de software como el análisis y diseño estructurado

Lecturas Sugeridas y Comentarios

- Principales consecuencias de la cibernética en administración
[páginas 731 – 736, Chiavenato, 1999](#)
Planteamiento sobre la utilización de la cibernética y la informática en la administración
- La organización sistémica
[páginas 228 – 263, Dávila, 2000](#)
Aplicación del enfoque sistémico en la administración de las organizaciones
- Más allá de las modas administrativas: el pensamiento sistémico para administradores (páginas 6 – 20), Jackson En Revista Innovar, 1994
- Sistémica y Empresa (I)
http://www.boletin.abengoa.es/num_feb01/colaboraciones.htm
- Sistemas ambientales
<http://www.pntic.mec.es/mem/pronatura/sistem.htm>
- Sistemas y símbolos
www.unicamp.br/fea/ortega/eco/esp/esp-01.htm
- La teoría general de los sistemas y las ciencias de la tierra
<http://www.civila.com/hispania/geociencias/hemeroteca/ang001.htm>
- Teoría sistémica de negociación
<http://www.inter-mediacion.com/papers/sistemica.htm>
- Ejemplos de aplicación del enfoque de sistemas (páginas 149 – 169), Latorre, 1996
- Sistemas Urbanos
<http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/esp/esp-20.htm>
- Página con información de instituciones que trabajan sobre la TGS
<http://www.anice.net.ar/intsynt/gesilnst.htm>

Ejercicios

Además del trabajo relacionado con la elaboración de informes de lectura, se plantean algunos ejercicios que han sido desarrollados en los últimos semestres durante el curso de Teoría de Sistemas. Los ejercicios son diferentes al proceso que tiene que ver con el análisis de sistemas y que obviamente debe ser desarrollado y aplicado durante todo el curso y con diferentes ejemplos. Los ejercicios que se proponen están basados en la aplicación de diferentes estrategias de aprendizaje y recursos a utilizar.

1. Buscar y analizar cuáles leyes de la hidráulica permiten entender el flujo de tráfico de vehículos en calles y carreteras.

2. El testamento

El señor Fonseca se murió, y para evitar complicaciones con los bienes que poseía, redactó un testamento. Sin embargo, su previsión sirvió de poco por que el documento quedó redactado así:

“Dejo mis bienes a mi sobrina no a mi suegra tampoco jamás se pagará la cuenta del sastre nunca de ningún modo para la limosnera todo lo dicho es mi deseo yo Facundo Fonseca”

Reescribir el texto de manera que los bienes le correspondan a:

- la sobrina
- la suegra
- al sastre
- a la limosnera
- al estado (ya que a los otros no les corresponde nada)

3. Leer el siguiente cuento y determinar cuál es el sistema al cual se refiere.

Cuentan que, en el Indostán, determinaron seis ciegos estudiar al _____, animal que nunca vieron. (Ver no podían, es claro; pero si juzgar, dijeron.)

El primero se acercó al _____, que en pie se hallaba. Tocó su flanco alto y duro; palpó bien y declaró: “El _____ es ¡igual que una pared!”

El segundo, de un colmillo tocó la punta aguzada, y sin más, dijo: “¡Es clarísimo! Mi opinión ya está tomada: Bien veo que el _____ es ¡lo mismo que una espada!”

Toca la trompa el tercero, y, en seguida, de esta suerte habla a los otros: "Es largo, redondo, algo repelente... ¡El _____ – declara – Es una inmensa serpiente!..."

El cuarto, por una pata trepa, osado y animoso; "¡Oh, qué enorme tronco! – exclama. Y luego dice a los otros - : Amigos, el _____ es como un árbol añoso... "

El quinto toca una oreja y exclama: "¡Vamos, amigos, todos os equivocáis en vuestros rotundos juicios! Yo os digo que el _____ es ¡como un gran abanico!

El sexto, al fin, coge el rabo, se agarra bien, por él trepa... "Vamos, vamos, compañeros; ninguno en su juicio acierta. El _____ es ..., ¡tocadlo!, una sogá... Sí, ¡una cuerda!"

Los ciegos del Indostán disputan y querellan; cada uno está seguro de haber hecho bien su prueba... ¡cada uno tiene un poco de razón... y todos yerran!

Moraleja

Así sucede cada día en infinitas discusiones; quienes disputan, cada uno estima justas sus razones, y discuten, juzgan, definen, sin más, ¡a un _____ que no vieron jamás!

(Cuento: Los ciegos y el elefante – Fábula indostánica, John Gotfrye Saxe)

4. Escribir un cuento que se llame "Los lobitos y el cochinito feroz"

5. Reescribir y completar la historia desde el punto de vista del gatito, hacerlo en primera persona.

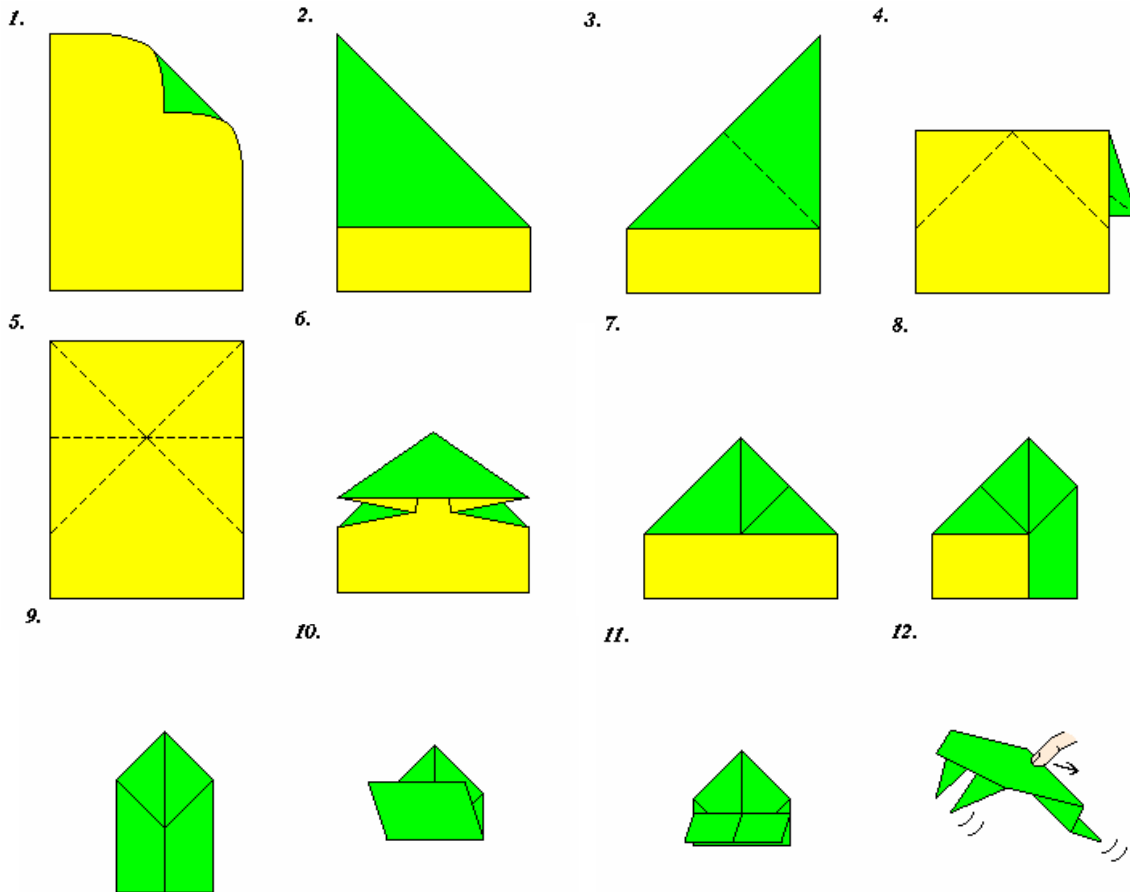
"Yo estaba caminando a mi casa desde la universidad con mi hermano Eugenio, cuando empezó a llover. Eugenio hizo bromas acerca de que "llovían gatos y perros". Luego lo oímos: un lánguido maullido. A medida que nos acercábamos a un árbol de pino, el sonido era más fuerte: miau... Miau... MIAU!!! Buscamos en las ramas del húmedo y gigante árbol y allí vimos a un pequeño gatito gris, con los ojos tan grandes como platos ..."

6. Revisar la lectura sobre inteligencias múltiples y escoger la inteligencia que considere es la más desarrollada en usted, y luego represente el sistema universidad teniendo en cuenta el tipo de recursos que esa inteligencia utiliza.

7. Aunque un edificio sísmico resistente es un sistema diferente a una telaraña, determinar cuáles elementos y relaciones hacen de éstos, sistemas estables.

8. Utilizando masmelos y gomas de dulce (elementos), pitillos y palillos (relaciones) construir el modelo de un sistema. Explicar el modelo desarrollado.

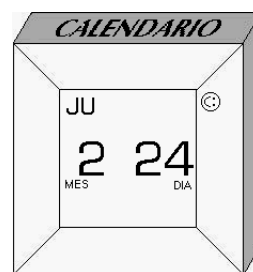
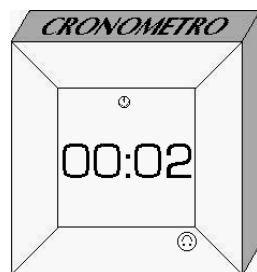
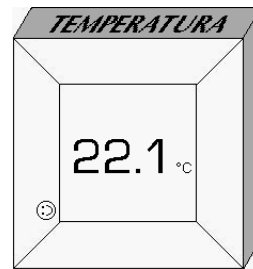
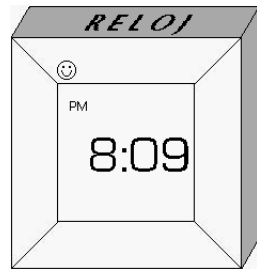
9. Realizar la siguiente figura de origami y luego plantear cuál es la relación que ésta actividad tiene con el concepto de objetivo de un sistema.



10. Determinar los elementos, relaciones, objetivos del sistema ciudad, y basado en esto establecer los flujos de entrada y de salida.

11. El artefacto que se muestra a continuación desempeña diferentes funciones de acuerdo con la cara que se encuentre en la parte superior; puede indicar la hora del día (con alarma), la temperatura ambiente (en grados centígrados o fahrenheit), cronometrar el tiempo o indicar la fecha. El ejercicio consiste en analizar cada uno de los aspectos de este sistema

considerando cada una de las funciones que asume, el análisis debe hacerse desde las perspectivas subjetiva y objetiva.



12. Analizar los diferentes aspectos del sistema zoológico desde los tres puntos de vista indicados a continuación.

Punto de vista	Animal en cautiverio	Visitante	Administrador
Aspecto			
Objetivo			
Elementos			
Relaciones internas			
Frontera			
Medio ambiente			
Flujos de entrada			
Flujos de salida			
Clase de sistema			

13. Analizar los diferentes aspectos del sistema fábrica de jabones desde los puntos de vista obrero, jefe de producción, gerente, alcalde y ambientalista.

14. Diseñar e implementar un sitio web en el cual se desarrolle cada uno de los aspectos revisados sobre el concepto de sistema. Algunas de las páginas deben tener enlaces o vínculos a otras del mismo sitio, de manera que se establezcan relaciones con sentido entre ellas. Explicar por qué ésta página puede ser considerada un sistema.

Estos son algunos ejemplos: [grupo1](#), [grupo2](#), [grupo3](#), [grupo4](#), [grupo5](#) y [grupo6](#).

Bibliografía

ALBA, Mauricio Fernando. Introducción a la Teoría General de Sistemas y al Análisis de Sistemas de Información. Manizales: Universidad Autónoma de Manizales, 1995

ANDER-EGG, Ezequiel. Interdisciplinariedad en Educación. Buenos Aires: Magisterio del Río de la Plata, 1999

BORRERO C., Alfonso. La interdisciplinariedad, Naturaleza histórica y práctica. Simposio permanente sobre la universidad, quinto seminario general. ASCUN, FES, ICFES: Bogotá, 1991

CAPRA, Fritjof. La trama de la vida. Barcelona: Editorial Anagrama, 1998

CHECKLAND, Peter. Pensamiento de Sistemas, práctica de sistemas. México: Editorial Limusa, 1993

CHIAVENATO, Idalberto. Introducción a la teoría general de la administración. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill, 1999

CHOPRA, Deepak. Cuerpos sin edad, mentes sin tiempo. Buenos Aires: Vergara, 1994

CHURCHMAN, C. West. El enfoque de sistemas. México: Editorial Diana, 1981

DÁVILA, Carlos. Teorías de la organización y administración. Bogotá: McGraw-Hill, 2000

GIGCH, John P. Van. Teoría General de Sistemas. México: Editorial Trillas, 1987

GOLDRATT, Eliyahu. Cómo extraer información del océano de datos – El síndrome del pajar. México: Ediciones Castillo, 1998

GÓMEZ, Pedro y GÓMEZ, Cristina. Sistemas formales, informalmente. Bogotá: Universidad de los Andes, 1992

GOOLD, Michael y CAMPBELL, Andrew. La búsqueda desesperada de la sinergia En: Revista Summa, p. 109, edición 139, enero de 1999

JACKSON, Mike C. Más allá de las modas administrativas: el pensamiento sistémico para administradores En: Innovar, revista de ciencias administrativas y sociales - Universidad Nacional de Colombia, Gestión y Finanzas, p. 6, No. 4, julio – diciembre de 1994

JOHANSEN BERTOGLIO, Oscar. Introducción a la Teoría General de Sistemas. Bogotá: Limusa, 2000

LATORRE ESTRADA, Emilio. Teoría General de Sistemas, Aplicada a la solución Integral de Problemas. Santiago de Cali: Universidad del Valle, 1996

MEJÍA GÓMEZ, Nelson. La Teoría de sistemas y el Enfoque de Sistemas. Documento. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 1998

NEWMAN, James R. Sigma, El mundo de las matemáticas. Barcelona: Ediciones Grijalbo, 1985 (6 tomos)

O'CONNOR, Joseph y McDERMOTT, Ian. Introducción al pensamiento sistémico. Barcelona: Urano, 1998

ONTORIA, Antonio y otros. Mapas Conceptuales, Una técnica para aprender. Madrid: Narcea, S. A de ediciones, 1994

SENGE, Peter. La quinta disciplina. España: Granica, 1998

SILVESTRINI, Vittorio. Qué es la entropía. Bogotá: Editorial Norma, 1998

VILAR, Sergio. La nueva racionalidad, comprender la complejidad con métodos transdisciplinarios. Barcelona: Editorial Kairós, 1997

<http://www.bertalanffy.org>

http://www.boletin.abengoa.es/num_feb01/colaboraciones.htm

<http://www.civila.com/hispania/geociencias/hemeroteca/ang001.htm>

<http://elcaos.tripod.com/mariposa.html>

<http://www.fritjofcapra.net>

<http://www.galeon.com/aprenderaaprender/intmultiples/intmultiples.htm>

http://www.ialhi.org/news/i0006_2.html

<http://www.inter-mediacion.com/papers/sistemica.htm>

<http://www.jornada.unam.mx/1999/jul99/990705/cien-entropia.html>

<http://www.jornada.unam.mx/2001/ene01/010102/cien-hormigas.html>

<http://pespmc1.uv.ac.be/CSTHINK.html>

<http://www.pntic.mec.es/mem/pronatura/sistem.htm>

<http://scifunam.ifisicacu.unam.mx/mir/mundo.html>

www.unicamp.br/fea/ortega/eco/esp/esp-01.htm

www.unicamp.br/fea/ortega/eco/esp/esp-20.htm