

# **TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS**

**Un enfoque hacia la Ingeniería de Sistemas**

**DOUGGLAS HURTADO CARMONA**

# ***BASES SOBRE LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS***

## Capítulo

# 1

## **EL ENFOQUE REDUCCIONISTA**

### **La Especialización**

Decimos que un profesional del saber es **especialista** cuando ha profundizado altamente el estudio de una pequeña área del conocimiento. Esto es, un cardiólogo, que es un especialista de la salud, estaría capacitado en buena forma para resolver problemas referentes al corazón humano, y un abogado, que es un especialista en leyes, ayudaría a afrontar los problemas de tipo judicial.

La especialización ha entrado en el área del saber y en la sociedad con gran fuerza, reemplazando a los "Sabios" de la antigüedad. Si comparamos las escuelas de educación elemental de nuestros padres y las de sus nietos, encontramos en las primeras, una *maestra* que enseñaba todas las materias (biología, idiomas, matemáticas, estética, educación física, etc.); En cambio en las segundas, las asignaturas se encuentran dictadas por varios profesores. Igualmente, cuando consultamos a un "médico general", por una enfermedad que nos aqueje, muchas veces nos "remiten" a un especialista en un área particular de la salud. A donde quiera que miremos, encontramos la especialización, en el trabajo, en las escuelas, las universidades, etc. Así, para el desarrollo de cualquier proyecto se "juntan" especialistas de distintas áreas del saber para desarrollarlo.

Las áreas del saber que representan a la especialización son aquellas que se concentran en una "parte" de otras áreas del saber, por ejemplo: Cada una de las Ciencias de la salud (Dermatología, Urología, Histología, etc.), y las Ingenierías (Mecánica, de Sistemas, Civil, Electrónica, etc.). Con la especialización el término *Maestro Integral* desaparece por completo para darle campo al término **Especialista**.

### **La Teoría Reduccionista**

La **Teoría Reduccionista** es un enfoque metodológico fundamentado en la especialización. Es decir, esta teoría estudia los fenómenos complejos basándose en el análisis de sus partes<sup>1</sup>. Esta teoría se concentra en ir de lo general a lo particular, así como, cuando nos duele una muela acudimos al Odontólogo (Especialista en Dentadura Humana) y no al Dermatólogo (Especialista en Piel Humana).

---

<sup>1</sup> Johansen, 1996

## 2 Teoría General de Sistemas un enfoque hacia la Ingeniería de Sistemas

De hecho, todos los programas de pregrado de las universidades son especializaciones del conocimiento total: las Maestrías son estudios de especializados de los programas de pregrado, como lo son los Doctorados de las Maestrías y los PostDoctorados de los Doctorados.

Es notoria la gran contribución que ha aportado al saber humano esta teoría reduccionista, entre ellas, el tratamiento adecuado de enfermedades, las telecomunicaciones, la informática, etc., pero también es cierto, que no disfrutamos de todo el espectáculo al "especializarnos", es decir, al *reducir demasiado* nuestro objeto de estudio nos perdemos del panorama general.

Consecuentemente, existen fenómenos como son los **Sistemas Informáticos** que requieren ser analizados como totalidades, sin perder de vista las relaciones internas; y no son adecuadamente tratados por la teoría reduccionista. En este tipo de fenómenos no se les puede "conocer" ni "predecir" su comportamiento con el simple estudio de una de sus partes. Por ejemplo, en el proceso de definición de los requisitos de un software que ha de ser construido, es imposible determinarlos con la simple visión de un solo usuario. Es necesario tener en cuenta a todos los usuarios y clientes, y además las relaciones entre ellos y sus necesidades propias. Cuando analizamos fenómenos con estas características podemos caer en la imprudencia y generar conocimiento errado y/o fragmentado, originando la demanda de recursos adicionales para enmendar el error.

Si tomáramos como análisis la conducta de una persona en una población dada y nos da como resultado que siempre dicha persona respeta las señales de tránsito, ¿Sería válido afirmar que todos los habitantes de la población también respetan las señales de tránsito?

La gran desventaja de la teoría reduccionista es de generar **Oídos Especializados** de profesionales especialistas que presentan poca comunicación con otras disciplinas, producto de su saber tan particular. Entre más especializados sean estos oídos, menor será su participación en una conversación entre dos o más profesionales en distintas ramas al estudiar un mismo fenómeno. Esto sería el caso de una "conversación" entre un abogado y un astro físico sobre los hoyos de gusano.

## EL ENFOQUE DE LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

### Planteamientos de la Teoría General de Sistemas

#### **Definición Preliminar de Sistema**

Por el momento, se definirá **Sistema** como el conjunto de partes que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Propios de esta definición serían: los equipos de fútbol cuyo objetivo es anotar más goles que su adversario; una nevera, cuyas partes se relacionan para mantener a una temperatura dentro

de la misma; y, el aparato digestivo humano cuyo objetivo es transformar en energía adecuada los alimentos que el hombre consume.

### **Metodología de la T.G.S.**

La **Metodología de la T.G.S** se basa en el análisis de los fenómenos como totalidades constituidas por partes interactuantes entre sí (Sistemas). Igualmente pretende integrar en el análisis las partes del fenómeno con el fin de alcanzar una totalidad lógica, en donde, son de gran importancia las relaciones entre éstas. Por lo anterior, argumentamos que la T.G.S presenta una base metodológica contraria al enfoque reduccionista<sup>1</sup>.

En la T.G.S. los objetos de estudio son y se tratan como Sistemas, y además pretende subsanar las desventajas de la teoría reduccionista, creando **Oídos Generalizados** y desarrollando un marco de referencia que contenga un lenguaje común y permita a dos o más especialistas de disciplinas diferentes analizar conjuntamente un fenómeno. Es decir, estos oídos generalizados serán capaces de "defenderse" en una comunicación de trabajo en equipo.

Con esto, la T.G.S. crea un *Nuevo Sistema*, constituidos por Oídos Generalizados (Partes) que se comunican (Interactúan) entre sí, para analizar un fenómeno (Objetivo). La situación anterior se refleja en el caso de un *Sistema de Trabajo* para la construcción de un Sistema de Información, en donde el Ingeniero de Software, los Ingenieros de otras disciplinas, administradores, etc. deben poseer los "protocolos" adecuados de comunicación en pro del desarrollo del Software.

### **Planteamientos de otros autores**

**Von Bertalanffy**<sup>2</sup> define la T.G.S. como un área lógica - matemática cuya misión es la formulación y derivación de principios que son aplicables a los sistemas en general.

Para **West Churchman**<sup>3</sup> la T.G.S. es una manera de pensar sobre los sistemas y de sus componentes. Al estudiar un fenómeno se debe identificar primero el objetivo que se persigue y solo después su estructura.

## **Marcos de Referencia para el Estudio de la T.G.S**

Para poder aplicar los conceptos fundamentales de la T.G.S en el análisis de los fenómenos se debe elegir uno de los marcos de referencia que se describen a continuación:

<sup>1</sup> Confrontar con Latorre, 1996 y Johansen, 1996

<sup>2</sup> Von Bertalanffy, 1978

<sup>3</sup> Churchman, 1973.

#### 4 Teoría General de Sistemas un enfoque hacia la Ingeniería de Sistemas

##### **Primer Marco de Referencia**

El **Primer Marco** de referencia consiste en construir un modelo teórico que represente a fenómenos generales que se encuentren en diferentes disciplinas. De hecho, busca en esencia reducir los sistemas concebibles a un número manejable. Por ejemplo, en todas las áreas del saber humano se encuentran poblaciones de individuos, la idea es generar un modelo que sea aplicable y válido en las diferentes disciplinas que tengan que ver con poblaciones.

Este primer marco de referencia presenta un objetivo de baja ambición pero con alto grado de confianza, al descubrir similitudes en las construcciones teóricas de las diferentes disciplinas del saber y al desarrollar métodos teóricos aplicables por lo menos a dos áreas de estudio.

##### **Segundo Marco de Referencia**

El **Segundo Marco** de referencia consiste en ordenar jerárquicamente las disciplinas del saber en relación con la complejidad organizacional de sus componentes en un nivel de abstracción apropiado. Este segundo marco de referencia, presenta un objetivo de alto grado de ambición y bajo de confianza, al desarrollar un conjunto de teorías interactuantes o Sistema de Sistemas en áreas particulares del conocimiento humano, orientando la investigación a llenar vacíos existentes. En la Tabla 1 se describe este *Sistema de Sistemas*<sup>1</sup>.

### **Tendencias de aplicación práctica de la T.G.S.**

Entre las tendencias de aplicación práctica de la Teoría General de sistemas encontramos las siguientes disciplinas: Cibernética, La teoría de la Información, Teoría de Juegos, teoría de decisión, Ingeniería de Sistemas.

#### **Cibernética**

La **Cibernética**<sup>2</sup> es la ciencia que estudia las transferencias de información para el control y organización de los Sistemas. Para ello utiliza los principios de retroalimentación y homeóstasis<sup>3</sup>. El objeto de estudio de la Cibernética son los denominados **Sistemas Cibernéticos**, los cuales presentan partes que fomentan y administran el control y la organización dentro del mismo con el fin de mantener un equilibrio del Sistema.

El ejemplo típico es el Sistema Nervioso Central Humano, que al informar al cerebro que debe realizar un movimiento brusco de la mano derecha que se está quemando, actúa como un sistema cibernético, ya que con esta acción evita el desequilibrio del sistema.

---

<sup>1</sup> Confrontar con la descripción realizada en Johansen, 1996

<sup>2</sup> Cibernética. Desarrollada por Norbert Weiner. Cybernetics. Cambridge Mass MIT Press. 1961

<sup>3</sup> Homeóstasis. Es la propiedad que presentan los Sistemas de mantenerse en equilibrio.

Tabla 1. Orden jerárquico de los Campos empíricos

Nivel	Ejemplos
<b>Sistemas Estáticos:</b> Corresponden a sistemas conceptuales o teóricos	Los Modelos Conceptuales Las leyes de Newton La Trigonometría
<b>Sistemas Dinámicos Simples:</b> Corresponden a sistemas no orgánicos que transforman algún tipo de energía	Sistema Solar Los Volcanes Las Corrientes Marinas
<b>Sistemas Cibernéticos o de Control:</b> Son Sistemas que ayudan a otros a cumplir sus objetivos.	El Termostato El Sistema Nervioso Humano
<b>Los sistemas Dinámicos de 1° Orden:</b> Sistemas con un primer grado de organización.	Las células Los Virus Las Bacterias
<b>Los sistemas Dinámicos 2° Orden:</b>	La Flora en General
<b>Los sistemas Dinámicos 3° Orden:</b>	La Fauna en General
<b>Los sistemas Dinámicos 4° Orden:</b>	El Hombre
<b>Los sistemas Dinámicos 5° Orden:</b>	Una Empresa Una familia
<b>Los sistemas Dinámicos 6° Orden:</b>	Lo absoluto

### La Teoría de la Información (T.I.)

La **Teoría de la Información** es la ciencia que se encarga de estudiar el manejo que se le da a la información, como contribución a la organización y al cumplimiento de los objetivos de los sistemas. Si observamos el caso de un Sistema de Información Contable, el cual ha funcionado correctamente durante varios años, pero en un momento dado el gobierno ha decretado nuevas leyes que modifican las metodologías del pago de los impuestos, esta información debe ser manejada adecuadamente con el fin de mantener "vivo" al Sistema. De allí que todas las informaciones que afectan a un sistema

## 6 Teoría General de Sistemas un enfoque hacia la Ingeniería de Sistemas

deben ser tomadas en cuenta para generar nuevas informaciones y acciones que repercutan en la supervivencia del Sistema.

### **La Teoría de Juegos**

La **Teoría de Juegos**<sup>1</sup> es la ciencia que mediante modelos matemáticos estudia las competencias o enfrentamientos entre varios Sistemas capaces de "razonar", en donde cada Sistema participante busca minimizar las pérdidas y maximizar las ganancias.

Entre los casos que estudia la Teoría de Juegos se encuentran: Los enfrentamientos deportivos, los proveedores de un producto en el mercado (como la Guerra de las Colas), las estrategias de dos caballeros al tratar de conquistar una dama y una persecución policíaca.

### **La Teoría de Decisión**

La **Teoría de Decisión** es la ciencia que estudia los enfrentamientos entre varios sistemas, en donde algunos son capaces de "razonar" y otros incapaces de hacerlo, además, cada sistema participante capaz de "razonar" buscan tomar decisiones que optimicen los resultados (minimizar las pérdidas y maximizar las ganancias). Por ello, podemos concluir que, la teoría de Decisión es un caso particular de la Teoría de Juegos, en donde existen jugadores no racionales.

El ejemplo que descuella la teoría de decisión como participante no racional es la naturaleza. Entre los fenómenos que estudia la Teoría de Decisiones se encuentran: Los métodos de mitigar incendios forestales, el manejo de la oferta y demanda del mercado, y la predicción del tiempo atmosférico y de terremotos.

### **Ingeniería de Sistemas**

Para Carlos Trujillo<sup>2</sup>, la **Ingeniería de Sistemas** es una disciplina que tiene como objeto planificar, diseñar, evaluar y construir sistemas complejos utilizando la T.G.S. y la ingeniería, distinguiéndose de las otras ingenierías en su carácter más Integral al estudiar la solución de problemas.

Para Johansen<sup>3</sup>, la Ingeniería de Sistemas se refiere a la planificación, diseño, evaluación y construcción científica de sistemas hombre-máquina.

Para el autor, la Ingeniería de Sistemas está encargada de solucionar problemas, construyendo Sistemas de procesamiento automático de Información bajo el enfoque la Teoría General de sistemas utilizando recursos que proporciona la ingeniería.

---

<sup>1</sup> Desarrollada por Von Neuman y Morgenstein

<sup>2</sup> Trujillo, Carlos. Análisis de sistemas. Mimeografiando. Universidad del Valle Colombia.

<sup>3</sup> Johansen B., Oscar. Introducción a la teoría general de sistemas. Editorial Limusa. México. P. 32



## ENFOQUES DEL ARTE DE RESOLVER PROBLEMAS<sup>1</sup>

En esta sección se describirá dos enfoques utilizados en la Teoría general de Sistemas en la solución de problemas. En primera instancia, se describe un procedimiento formal en el cual todo gira en torno alrededor de la construcción de modelos, y el segundo, en torno de la creatividad. Pero antes que nada, definamos el concepto de problema:

### ¿Qué es un Problema?

Se define como **problema** la diferencia abstracta que se obtiene al comparar los objetivos con lo obtenido. Contextualizando en la T.G.S, podemos afirmar que Todo Sistema tiene Objetivos que cumplir, si su producto es diferente, conceptualmente a los objetivos, se dice que existe un problema. Esto es, por ejemplo, cuando en una empresa no se tiene la información justa y a tiempo, esto produce que no se puedan tomar las decisiones correctas ni prevenir contratiempos, ya que lo que se desea (objetivo) es tener toda la información posible y lo que se tiene es (obtenido) incertidumbre.

### Primer Enfoque: Modelación de la Realidad

Este **Primer Enfoque** para resolver problemas describe una técnica que consta de las siguientes etapas: Identificación del problema, Decisión de abordar el problema, Modelaje de la Realidad, Utilización y trabajo con el modelo y pautas de acción, Decisión, Puesta en marcha, Operación y evaluación.

#### **Etapas de identificación del Problema**

En esta etapa se buscan qué objetivos del Sistema no se están cumpliendo, haciéndolo de manera clara resaltando su magnitud y características.

Por ejemplo: En una tienda de abarrotes un cliente solicita comprar una cierta cantidad de mercancía, la cual después de haberla pagado el tendero se da cuenta que no hay existencias. El problema aquí es que no existe un control de existencias de la mercancía.

#### **Etapas de Decisión de abordar el Problema**

En esta etapa se hace el análisis de viabilidad y se decide si "vale la pena" resolver el problema. Para tomar la decisión de resolver el problema es necesario realizar un estudio de viabilidad, el cual puede abarcar varios aspectos como lo son:

- **Económico.** Se trata de saber si se cuentan con los recursos necesarios para costear la solución del problema.
- **Tecnológica.** Se considera si existe la tecnología que ayudará a solucionar el problema.

---

<sup>1</sup> Ackoff, 1998



## 8 Teoría General de Sistemas un enfoque hacia la Ingeniería de Sistemas

- **la operacional.** Es importante saber si la solución propuesta es aplicable, usada y aceptada.
- **Motivación a solucionar el Problema.** Es de vital importancia la disposición real a la solución del problema.

En el de que caso uno estos aspectos no sea factible se debe considerar seriamente no abordar la solución del problema.

### ***Etapas de Modelación de la Realidad***

La idea central de esta etapa es realizar un modelo del comportamiento del problema en sí, orientando al conocimiento de la realidad y a determinar los objetivos generales. Asimismo, realizar la descripción del Sistema, identificando su SuperSistema, sus subsistemas, jerarquía y relaciones.

### ***Etapas de Utilización y trabajo con el modelo y pautas de acción***

El modelo creado en la etapa anterior, es utilizado para conocer las opciones de funcionamiento, para poder así, definir alternativas de solución y la evaluación de las mismas.

### ***Etapas de Decisión***

En esta etapa un grupo de personas abordan las acciones a seguir. La decisión puede ser la de aceptar las propuestas dadas por el estudio.

### ***Etapas de Puesta en Marcha***

Consiste en planificar y organizar todas las actividades y tareas previstas en la propuesta aceptada en la etapa anterior.

### ***Etapas de Operación y evaluación***

Esta etapa se ocupa de que el sistema funcione u opere regularmente. Además, se verifica el cumplimiento de los objetivos trazados por intermedio de indicadores.

## **Segundo enfoque: la creatividad y las restricciones**

En la vida actual, un profesional del área de la Teoría General de Sistemas, debe poseer una característica esencial que le permita superar obstáculos y no ser del montón. Esta característica es la creatividad. Muchos autores argumentan que la creatividad es innata y por ello no se pueden enseñar ni aprender. Lo cierto es que cada persona nace con algún grado de creatividad que debe ser desarrollado con un adiestramiento adecuado desde la temprana edad.

Porque aunque parezca mentira, la creatividad de una persona se mutila por el tipo de educación que recibimos desde la temprana edad, en donde, se les inculca a los estudiantes a “pensar” de acuerdo con los lineamientos de la escuela, la familia, el país, reprimiendo así los impulsos natos creativos. Al limitar la creatividad, se asegura que las instituciones y modelos no se derrumben. Así, las injusticias

cometidas por la humanidad son justificadas por mantener conceptos que son la base de las instituciones.

En su época Galileo desarrollo mediante investigaciones, modelos matemáticos y observación, la teoría que la tierra giraba alrededor del sol, esto contradecía los argumentos "aceptados" en ese momento. Galileo usó su creatividad y resolvió un problema en forma diferente y correcta. Aceptar en esa época que Galileo tenía razón era sembrar la desconfianza de los creyentes que llevaría al establecimiento del desastre.

Podemos pensar entonces, que si a los niños a temprana edad se les coloca a cuestionar las instituciones, los dogmas y los paradigmas, es seguro que los cambios revolucionarios, innovadores y útiles se darían con mayor frecuencia, cuando éstos sean los hombres del momento. También es cierto que una misma manera de realizar las cosas frena la creatividad.

Por ejemplo, un profesor de matemáticas coloca en un examen un ejercicio que se puede realizar de 5 maneras diferentes, pero, exige que se deba realizar por el método que él sabe. La verdad sea dicha, este profesor solo está enseñando un conocimiento que él domina, además, no deja que los estudiantes desarrollen otras formas de resolver el ejercicio, limitando, primero el aprendizaje posible, y segundo, negándose a aprender él de sus alumnos.

Por otro lado, Cuando estamos reunidos un grupo de amigos y se dice un acertijo para resolverlo, muchos, si no lo sabíamos antes, no podemos resolverlo. Esto es producto que existe una restricción auto impuesta, por ejemplo, se tiene el siguiente acertijo: Como sacaría un anillo de oro de una taza de café utilizando nada más una mano, para que dicho anillo salga seco.

En realidad, las respuestas del grupo de amigos fueron desde tontas hasta ridículas. Todas giraban en torno a como hacer evaporar el agua del café. Lo cierto es que la solución al problema era simplemente sacar el anillo con una sola mano de la taza llena de café, ya que el café es un sólido y por tanto no es capaz de mojar. La restricción que se auto colocaron los amigos les limitó la creatividad aunque esta fuera tan sencilla de aplicar.

Podemos concluir, que la creatividad está limitada por restricciones auto impuestas, por tanto, para "obtener" creatividad se debe desarrollar una habilidad que permita identificar las restricciones auto impuestas y eliminarlas. Es claro que para resolver creativamente problemas no basta identificar las restricciones auto impuestas se necesita un impulso más fuerte.

# FUNDAMENTOS DE SISTEMAS

## Capítulo

# 2

## DEFINICIONES BÁSICAS

### Definición de Energía

Se define como **Energía** a los recursos materiales, financieros, humanos y a la información que es transformada por un sistema al tratar de cumplir sus objetivos. Por ejemplo, el sistema fábrica de Muebles toma la energía madera y la transforma en sillas.

El término Energía no se tomó arbitrariamente para designar a los insumos y productos que importan y exportan los Sistemas del SuperSistema respectivamente. La razón radica en que dichas energías cumplen la **Ley de la Conservación**, es decir, que la cantidad de energía que pertenece al Sistema es igual a la suma importada menos la suma de la energía exportada.

Pero, existe una Energía que no cumple con la Ley Universal de Conservación, esta es la **Información**. Es decir, la información que pertenece a un Sistema NO es la diferencia entre la que entra menos la que sale; si esto sucediera, al dictar mi clase de Teoría General de Sistemas, los conocimientos que imparto a mis estudiantes necesariamente tendría que olvidarlos, y en realidad, lo que ocurre es totalmente lo contrario. Esto es, al impartir mis conocimientos, mis estudiantes "almacenan" esta información, y yo, de ellos, puedo adquirir más informaciones, aumentando así mis conocimientos.

La gran importancia de la Información en la T.G.S. es este comportamiento peculiar al cual denominaremos **Ley de los Incrementos<sup>1</sup>**, que sostiene que la cantidad de información que pertenece al Sistema es igual a la información que ya existe más la que entra, de allí se concluye que un Sistema nunca elimina información. Por lo cual podemos concluir que, esta es la razón que no se puede estudiar a los sistemas informáticos con la teoría reduccionista.

### Definición de Sistema

En el capítulo anterior se definió **Sistema** como el conjunto de partes que interactúan entre sí para lograr un objetivo, ahora, nutriremos esa definición:

---

<sup>1</sup> Ibid

***Un Sistema es un conjunto de subsistemas (Sistemas más pequeños) que intercambian energía con el fin de transformarla (cumplir un objetivo).***

Consideremos el sistema familia. El cual entre otras partes está constituido por los padres y los hijos, los cuales a su vez son también sistemas independientes. Por otro lado, un fenómeno cualquiera es considerado como sistema cuando sus partes constituyentes interactúan entre sí y cada una de ellas son también sistemas.

Para Javier Aracil<sup>1</sup>, un sistema es un conjunto de partes relacionadas, interdependientes operativamente, del cual interesa considerar fundamentalmente su conducta global.

## **Definición de MegaSistema**

Se define como **MegaSistema** o **Sistema Universal** al sistema que contiene a todos los sistemas existentes en el universo. En palabras simples, todos los sistemas que el hombre conoce, crea y desconoce están interactuando entre sí para conformar este gran sistema de referencia.

## **Definición de SuperSistema**

El **SuperSistema** de un Sistema es aquel sistema (conjunto de sistemas) del MegaSistema conformado por todos los sistemas con quien se relaciona éste. Por ejemplo, en el SuperSistema de un Programa Informático se incluirían los usuarios, el computador, el sistema operativo, etc.

El SuperSistema de un sistema es más que todo el **Sistema Unión** de todos los sistemas del MegaSistema que lo contienen. Es decir, todos los sistemas a los cuales hace parte están incluidos en el SuperSistema.

Para identificar el SuperSistema de un sistema se tienen en cuenta todos los sistemas con los cuales se relaciona. Como cada sistema se relaciona con diferentes sistemas de MegaSistema, existirá para cada sistema un SuperSistema diferente, por ende cada SuperSistema es particular. Además, el SuperSistema puede cambiar con el tiempo, basta que el sistema deje o empiece a relacionarse con algún otro sistema para que se modifique.

A pesar que el SuperSistema es particular y mutante, todos poseen las mismas características básicas de los sistemas (que se analizan más adelante) que lo hacen aplicable la Teoría General de Sistemas.

---

<sup>1</sup> Aracil, 1996

## Definición de SubSistema

Se define como **SubSistema** a todos aquellos sistemas que conforman la totalidad (o sistema) de estudio. Los subsistemas se clasifican, según la importancia de la relación con el objeto de estudio, en relevantes y no relevantes. Los primeros, denominados **subsistemas Propios**, son los que participan activamente en la consecución de los objetivos del sistema, y los segundos son tratados simplemente como partes constituyentes. Resulta algo difícil determinar si una parte de un Sistema es un subsistema Propio, por ello se sugiere verificar el cumplimiento de alguna de las siguientes reglas<sup>1</sup>:

- **La Función de Producción.** Que consiste en Transformar energía o prestar un servicio. Presenta un objetivo relacionado con la eficiencia técnica.
- **Las Funciones de Apoyo.** Que consiste en proveer materia prima para ser transformada. Por ejemplo, los departamentos de Relaciones Públicas y Mercadeo de una empresa
- **Las Funciones de Mantenimiento.** Su objetivo radica en mantener las partes del Sistema dentro de él.
- **Las Funciones de Adaptación.** Su objetivo es realizar los cambios necesarios para que el Sistema pueda sobrevivir en el medio. Por ejemplo, los estudios de factibilidades, la Reingeniería, los procesos de calidad total, el control de pérdidas, estudios de mercados, etc.
- **Las Funciones de Dirección.** Que consiste en Coordinar y planificar las actividades y procesos de los restantes subsistemas, además, realiza la toma de decisiones.

## ELEMENTOS DE UN SISTEMA

Los **Elementos de un Sistema** son todas aquellas características relevantes que ayudan a realizar un mejor análisis a un sistema en estudio. Los elementos más importantes de un Sistema son<sup>2</sup>:

- Objetivos
- Sinergia
- Recursividad
- Las Corrientes de Entrada.
- El Proceso de Conversión.
- Las Corrientes de Salida.
- La comunicación de retroalimentación (Elemento de Control).
- Fronteras
- Entorno

---

<sup>1</sup> Johansen, 1996

<sup>2</sup> Confrontar con Ibid

## Objetivos

Los **Objetivos de un sistema** son las razones por las cuales existe, sin Objetivos no existe el sistema. Todos los sistemas presentan objetivos que consisten en transformar energía y solo se diferencian entre sí en "qué" transforman dicha energía.

De hecho, podemos considerar que el objetivo **Genérico** de un Sistema es transformar Energías en otras. Por ejemplo, un Sistema de Información transforma datos (Energía) en informaciones para la toma de decisiones (Energía Transformada), mientras una plancha transforma la corriente eléctrica (Energía) en calor (Energía Transformada).

Teniendo en cuenta que todo sistema genera una Energía transformada o Producto, los Objetivos representan el producto ideal que todo sistema debe generar. Los Sistemas pueden presentar objetivos Generales y Específicos, en donde la unión de los Específicos forman a los Generales.

## Sinergia

Se denomina **Sinergia** al conjunto de relaciones o interacciones entre las partes de un sistema. De igual forma, Sinergia es el intercambio de energía entre varios sistemas. Ella describe la forma cómo se transforma la energía los subsistemas para cumplir los objetivos. La sinergia describe y determina la presencia de relaciones entre las partes que conforman a un sistema. El concepto fundamental de la Sinergia radica en diferenciar la sumatoria de sus partes (subsistemas) del todo (sistema). Por ejemplo, si colocáramos en un recipiente una cierta cantidad de agua, carbono, hierro y demás sustancias que conforman al sistema humano, de esta mezcla no sale caminando ni tampoco realizando actividades propias de la humanidad.

De hecho, dos o más sistemas pueden estar conformados por las mismas partes y sin embargo ser diferentes por medio de la sinergia. Un caso de esta situación se presenta al comparar a un ser humano con un perro, evidentemente, guardando medidas y proporciones, los dos sistemas presentan los mismos componentes orgánicos y sin embargo son sistemas completamente diferentes; la discrepancia radica en que las partes constituyentes se relacionan (intercambiando energía) de diferente manera. Otro caso que representa la importancia de la Sinergia es: Dos empresas dedicadas a la construcción de software, las cuales presentan la misma estructura organizacional y personal, pero vemos que una presenta mejores resultados que la otra y eso es debido a que la Sinergia referencia niveles organizativos, así que una sinergia adecuada provoca mejores resultados. Podemos concluir que la Sinergia representa la organización de los Sistemas.

Finalmente, al no poderse explicar un sistema (que presenta sinergia) a partir del análisis de uno de sus elementos constituyentes, es inaplicable aquí la teoría reduccionista, de allí radica la utilidad de la T.G.S., ya que proporciona el método que ayuda a la comprensión del sistema estudiado.

## Recursividad

Se le denomina **Recursividad** a la característica que tienen los sistemas de estar compuestos por elementos (Subsistemas) que a su vez son, se comportan y se estudian como sistemas. La recursividad provee a los subsistemas la característica de ser elementos independientes, pero a su vez heredan las propiedades y principios que aplicables a los Sistemas.

Finalmente, la recursividad en los sistemas expresa grados de complejidad y jerarquía. Así, el ser humano lo constituye, entre otras partes, el Sistema Nervioso Central Humano, que a su vez presenta como SubSistema a las Neuronas que también son sistemas.

*Consecuentemente, podemos nuevamente definir a los Sistemas como el conjunto de partes que poseen las características de Sinergia y Recursividad.*

## Las Corrientes de Entrada

Las **Corrientes de Entrada**<sup>1</sup> son todas las energías que se importan del Super-Sistema. Las Corrientes de Entrada son los insumos o materia prima que el sistema necesita para cumplir sus objetivos. En la figura 1 se describen las Corrientes de Entrada de un Sistema. Las energías que conforman las Corrientes de Entrada son los productos de los sistemas del Super-sistema con los cuales se relaciona el sistema que se está estudiando. Por otro lado, los sistemas reciben, a través de las Corrientes de Entrada, las energías necesarias y apropiadas del Super-sistema, indispensables para su funcionamiento.



**Figura 1. Corrientes de Entrada**

La dependencia extrema de un sistema a sus Corrientes de Entrada le genera grandes restricciones y en algunos casos, cuando existe escasez de energía, pone en peligro su subsistencia. Es por ello, que existen algunos sistemas que luchan insistentemente por un mayor acceso y control sobre sus fuentes

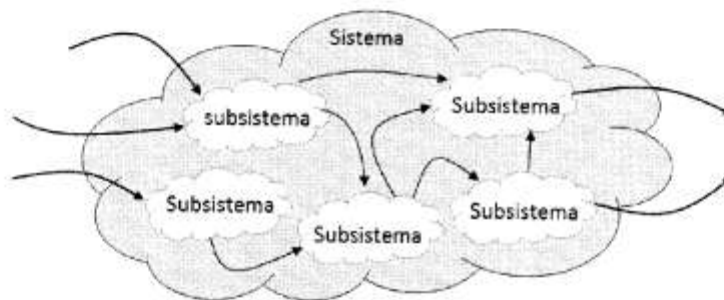
<sup>1</sup> Confrontar con Ibid, Churchman, 1973 y Latorre, 1996



de energía. Como ejemplo tendríamos a las plantas, que al ser privadas de la luz solar (colocada bajo la sombra de una edificación) pueden alargar sus ramas hasta que las hojas puedan accederla, y lo hacen porque sin ella no podrían realizar sus tareas fundamentales.

## El proceso de Conversión

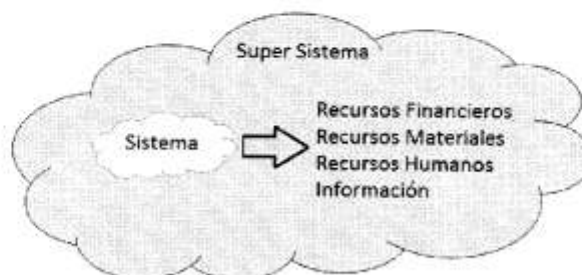
Las Energías que se suministran desde el SuperSistema por intermedio de las Corrientes de entrada son transformadas de manera tal que el sistema pueda lograr sus objetivos. En la **Figura 2** se describe el proceso de conversión. Todo subsistema de un sistema transforma la energía que se le provee, a esto lo denominaremos **conversión parcial** de la energía. Al final, estas conversiones parciales serán transformadas por Subsistemas especiales con el fin de refinarlas y completar la conversión de la energía importada.



**Figura 2. Proceso de Conversión en un Sistema**

## Corrientes de Salida

Las **Corrientes de Salida** corresponden a los productos o energías transformadas, las cuales el sistema en estudio exporta al Super-Sistema. Las Corrientes de Salida están constituidas por una serie de energías transformadas, que se catalogan como **positivas** porque son útiles al Super-Sistema, o **negativas** porque no le son útiles. En la **Figura 3** se describe las corrientes de salida.



**Figura 3. Corrientes de Salida**

Pero quienes deciden si las energías importadas desde las Corrientes de Salida son Positivas o Negativas, son los sistemas que las Importaron. Es decir, las Corrientes de Salida de un Sistema en particular "A" pueden ser positivas para un Sistema "B", pero, negativas para un Sistema "C".

Por ejemplo: En una familia existe un miembro que fuma todo el día dentro de la casa; tres familiares que también fuman no les molesta el humo de nicotina que esparce por toda la vivienda, pero, existe una persona de esta familia que no le gusta fumar y por tanto, tampoco respirar ese aire contaminado de segunda mano. Para los tres familiares que también fuman la corriente de salida "humo de cigarrillo" es positiva, pero para el que no fuma se constituye en un hecho o estímulo negativo.

Con lo anteriormente expuesto, podemos decir que las corrientes de salida de un Sistema son evaluadas por los demás Sistemas que pertenecen al SuperSistema, en muchos casos bajo la óptica de sus intereses particulares y a costa de su propia legalización.

## La Comunicación de Retroalimentación

La **Comunicación de Retroalimentación** es la Información que entra al Sistema que nos permite saber si dicho Sistema está cumpliendo con sus objetivos. Esta información se obtiene utilizando un procedimiento que consiste en comparar las Corrientes de Salida con patrones que cuantifican los objetivos del sistema; adicionalmente la diferencia encontrada indica las acciones correctivas a realizar. En la **Figura 4** se describe la comunicación de retroalimentación.

Se concluye, que la Comunicación de la Retroalimentación es la **información**, producto del análisis de las Corrientes de Salida, que es introducida al Sistema con el fin de realizar los ajustes necesarios para cumplir los objetivos.



**Figura 4. Comunicación de Retroalimentación**

Existen dos tipos de Retroalimentación: **Positiva**, cuando los ajustes refuerzan el impulso inicial, y **Negativa**, que atenúa el esfuerzo inicial. La Retroalimentación Positiva se utiliza cuando los objetivos

del sistema tienden al infinito (+ o -). En cambio la Retroalimentación Negativa se utiliza cuando los objetivos del sistema son precisos.

## Las Fronteras del Sistema

Las **Fronteras del Sistema** definen qué Sistemas del SuperSistema le pertenecen y cuales no. También las fronteras definen la estructura del Sistema. Existen 2 tipos de Fronteras de los Sistemas: Frontera Física y Frontera Funcional

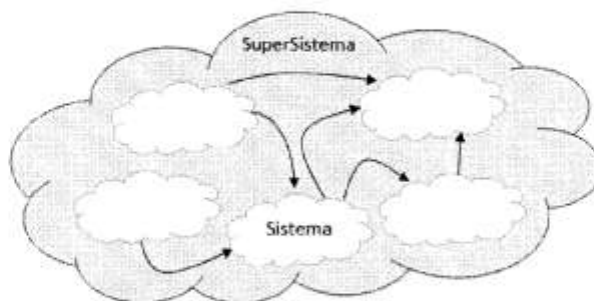
La **Frontera Física** es aquella que delimita un espacio geográfico o espacial en el que interactúa el Sistema. Por Ejemplo, los límites de una ciudad y la piel Humana.

La **Frontera Funcional** expresa límites con relación a la realización de actividades. Por Ejemplo, una Empresa de Transportes por carretera expedirá tiquetes y turnos para sus vehículos, pero no diseñará ropa de hombres.

## Entorno de un Sistema

El **Entorno de un Sistema** contiene todas las partes y Sistemas del SuperSistema que no pertenecen al Sistema en estudio. Por regla general, el entorno condiciona al Sistema y los cambios que se produzcan en él, determinan el comportamiento del Sistema de manera significativa.

La definición e identificación de su entorno está ligado con el Objetivo del Sistema, y con el punto de referencia de las personas que lo estudian. En la **Figura 5**, se describe gráficamente el concepto de entorno de un Sistema.



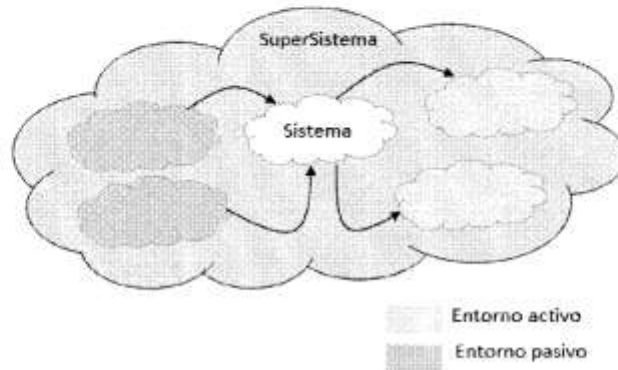
**Figura 5. Entorno de un Sistema**

### Entorno Activo

El **Entorno Activo** de un Sistema lo constituyen todos los sistemas que pertenecen al Supersistema, que le proveen de energía. Es decir, son todos los sistemas que se relacionan con el sistema por intermedio de sus Corrientes de Entrada.

### Entorno Pasivo

El **Entorno Pasivo** de un Sistema son todos los sistemas que pertenecen al SuperSistema los cuales importan las energías de las Corrientes de Salida de dicho sistema. En la **Figura 6** se describen los dos tipos de entorno que tiene un Sistema.



**Figura 6. Tipos de Entorno de un Sistema.**

## NIVELES DE ORGANIZACIÓN DE LOS SISTEMAS

Partiendo del concepto de Sinergia propio de los Sistemas, se presenta la idea de organización en estructura Subsistema- Sistema- Supersistema<sup>1</sup>. De hecho, cuando avanzamos de un Subsistema a un Sistema como objeto de estudio, se ha pasado a un nivel mayor de organización; y a su vez, al pasar de un Sistema a un Supersistema, se ha pasado a un nivel mucho mayor de organización con relación al Subsistema. Al avanzar en el análisis de un objeto de estudio, desde un Subsistema a un Sistema y luego a un Supersistema, la complejidad del objeto de estudio es mayor, así como comprensión de su conducta.

Al Avanzar en forma contraria (enfoque reduccionista)

**Supersistema -> Sistema -> Subsistema**

La información del todo es menor.

En la Figura 7 se describe la relación Comprensión, complejidad, organización del todo vs Avanzar en el estudio de un SuperSistema a un sistema y luego a un SubSistema:

<sup>1</sup> Confrontar con lo expuesto en Churchman, 1973

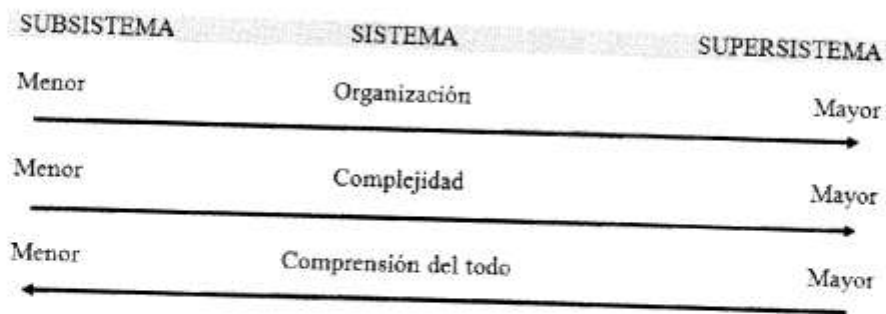


Figura 7. Organización SubSistema, Sistema y SuperSistema

## ENTROPÍA EN LOS SISTEMAS

### Entropía

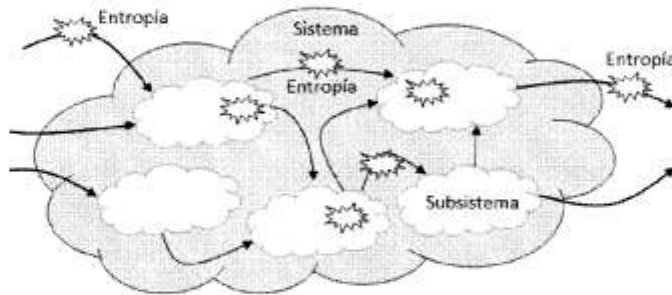
Se define por **Entropía** a la Energía que al entrar en un sistema le provoca un continuo cambio organizacional, reflejado en pasar de un estado más organizado a uno menos organizado, o lo que es lo mismo, pasar, poco a poco, de un estado menos probable (Organización) a su estado más probable en la naturaleza (caos).

Es evidente que si dejamos por un largo tiempo una casa sola, cuando la visitemos nuevamente, la encontraríamos "cayéndose", o si por lo menos, dejamos a la intemperie una cantidad de ladrillos, con el tiempo observamos que se están deshaciendo. Lo anterior es la manifestación de que la Entropía conduce a los sistemas a su estado organizacional más probable: La completa desorganización.

Toda energía que importa el sistema, que le genere en sus partes constituyentes o en las relaciones de éstas, caos y desinformación se considera Entropía. Por ejemplo, una persona que todos los días desayuna café con ron, llegará el momento en que presente enfermedades del hígado y en el Sistema Nervioso Central, ya que el ron y el café son entropía y estos son generadores de desorden y desorganización. La Entropía da origen a las enfermedades del Sistema y con ellas lo lleva a la muerte. No es un secreto que la mejor manera de destruir un Sistema es desorganizándolo.

La Entropía tiene como *función* la de destruir al Sistema y por ello es nuestra mayor preocupación. Así, el Sistema Ser Humano presenta a lo largo de su vida un deterioro físico y organizacional que en algún momento le llevará a la muerte.

Las enfermedades que presentamos los seres humanos son producto de la Entropía que se acumula en nosotros. La Entropía produce un Cáncer que mina poco a poco a los Sistemas, y lo más grave es que esta "enfermedad" o tendencia a la distorsión la presentan todos los Sistemas.



**Figura 8. La Entropía en los Sistemas.**

Los efectos caóticos y de desorganización que produce la Entropía son acumulativos, empezando en un nivel del 0% al nacer y del 100% al morir. La muerte de un Sistema se cataloga como el **Nivel Máximo de Entropía** y el nacimiento como su nivel mínimo.

Hay que tener en cuenta que la Entropía siempre trata, por más que queramos evitarlo, de desorganizar, desinformar y crear caos en los Sistemas. Es por ello que siempre se debe tener en cuenta cuando analizamos a un Sistema.

## Entropía Negativa

La **Entropía Negativa** es la energía que al entrar a un sistema fomenta el mejoramiento de la organización de sus partes constituyentes, atacando la desinformación y el caos. La función principal de la Entropía Negativa es la de mantener niveles bajos de Entropía en los sistemas, con ello le "alarga" la existencia. Aunque sea imposible eliminar por completo los efectos de la Entropía, la idea de mantener niveles bajos de Entropía asegura que el sistema opere a un 99%.

Así como la Entropía es la energía encargada de destruir los sistemas, la Entropía Negativa es la energía que hace posible el nacimiento de los sistemas. Al morir un sistema, esto es, sus subsistemas constituyentes ya no interactúan en busca de un objetivo, en un tiempo no infinito, se crea lo que se denomina **AntiSistema**.

Este AntiSistema está conformado por SubAntiSistemas hasta cierto nivel jerárquico, de allí hacia abajo, los SubAntiSistemas están formados por subsistemas capaces de interactuar con otros subsistemas pertenecientes al SuperSistema quedando en libertad para formar nuevos Sistemas

Por otro lado, sabemos que a algún nivel de Entropía y sus efectos estará siempre en los Sistemas. Un sistema que la contrarreste con la Entropía Negativa, le será de gran ayuda para lograr sus objetivos. Las energías que tienen funciones organizadoras, de orden y de informar son Entropía Negativa, que

## 22 Teoría General de Sistemas un enfoque hacia la Ingeniería de Sistemas

impiden la muerte “prematura” de cualquier Sistema. La función de Informar inherente en la Entropía Negativa nos hace pensar que la Información es una “fuente manantial” de este tipo de Energía, pero hay que tener en cuenta que “informar demasiado” puede generar Entropía.

Con base en lo expuesto anteriormente, si se analiza las características de la Información, se concluye que es una energía que busca en su esencia el orden y la organización. Por ello se deduce la igualdad matemática entre la Entropía Negativa y la Información.

### Niveles de Entrada de la Entropía

Tanto la Entropía como la Entropía Negativa son introducidas a los Sistemas por intermedio de las energías constituyentes de las Corrientes de Entrada, y a su vez el sistema las envía a su SuperSistema por intermedio de las Corrientes de Salida.

En las Corrientes de Entrada existe un porcentaje de Entropía y otro de Entropía Negativa, los dos suman el 100%. El porcentaje mínimo que entra a un Sistema de Entropía nunca es cero, ya que toda energía por ley natural lleva un elemento desorganizador, por ello este nivel mínimo está muy cercano a cero pero nunca es cero.

Por otro lado, el máximo porcentaje de Entropía que entra a un Sistema naturalmente es el 100%. Para describir el intervalo de niveles se usará por comodidad una escala porcentual entera positiva, de allí que decimos que el intervalo que representa la Cantidad de Entropía que entra a un sistema es [1%-100%]. Partiendo del intervalo anterior concluimos que el intervalo que representa la cantidad de Entropía Negativa que entra a un sistema es [0%-99%]

## ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS

### Identificación de los Objetivos del Sistema

Anteriormente se definió lo que eran los Objetivos del Sistema, ahora, se analiza una metodología para su correcta identificación. No es fácil determinar cual es el objetivo de un Sistema, ya que no existe una metodología estándar para identificarlos. Pero, se sugiere la siguiente:

Se selecciona, en primer lugar, una gama de posibles objetivos que cumpliría el sistema al cual analizamos, teniendo presente las energías de las corrientes de salida. Esta gama de objetivos los llamaremos **Objetivos Candidatos**.



En segundo lugar, se toman uno por uno los Objetivos Candidatos y se analiza si el sistema sacrifica los otros para cumplir este objetivo, en caso positivo, dicho candidato es un objetivo del sistema.<sup>1</sup> Por ejemplo, se tiene un Sistema de Información Contable, del cual se definieron los siguientes Objetivos Candidatos:

- Conexión a Internet
- Prestar soporte de acceso al disco
- Mantener la contabilidad al día.
- Enviar reportes a los Proveedores.

Es claro que el sistema sacrificaría todos los demás Objetivos Candidatos por "Mantener la Contabilidad al día"

El Objetivo de un Sistema representa la sumatoria de los objetivos de los subsistemas que lo conforman. De hecho, la metodología explicada aquí es válida para todo sistema incluyendo desde el MegaSistema, pasando por el SuperSistema y los subsistemas.

## Administración del Sistema

La **Administración del Sistema** se encarga a nivel *Macro* de verificar el cumplimiento de los objetivos del Sistema; Y a nivel *Micro* de verificar y hacer seguimiento del cumplimiento de los objetivos de cada uno de los subsistemas del Sistema, con el fin de aplicar los correctivos necesarios cuando y donde sea necesario. Estas funciones están reservadas a subsistemas especiales que denominaremos **subsistemas de Administración**.

Los subsistemas de Administración son los encargados de definir los objetivos de los demás subsistemas, así como suministrar recursos, organizar y controlar los comportamientos del sistema. Un ejemplo de SubSistema de Administración típico es el SubSistema Cerebro en el Sistema Ser Humano. Otras funciones de los subsistemas de Administración son: la generación de planes, utilización de los recursos, control del logro de objetivos parciales y totales, y la legalización del sistema.

## Auto Aprendizaje de Sistemas

Un Sistema presenta **Auto Aprendizaje** cuando los subsistemas de Administración son capaces de generar cambios en la forma como se realizan las tareas con el fin de adaptarse mejor su entorno, basado en la experiencia ocurrida.

---

<sup>1</sup> Latorre, 1996

Un Software de Inteligencia Artificial genera cambios de "conducta" cuanto más sea su uso. Por ejemplo, un Software Inteligente de Seguridad muchas veces es probado con delincuentes reales con el fin de que Auto Aprenda a partir de enfrentamientos reales con oponentes humanos.

### Auto Organización

Un Sistema presenta **Auto Organización** cuando los subsistemas de Administración son capaces de modificar la estructura de la organización en forma progresiva, con el fin de obtener sus objetivos. Por ejemplo, decimos que el Sistema Fábrica de Zapatos se Auto Organiza cuando implementa en su funcionamiento controles de calidad.

### Legalización del Sistema

La **Legalización de un Sistema** es la "Visa" que le permite importar y exportar energía al SuperSistema. Todo Sistema posee un **Nivel de Legalización** el cual influye en la cantidad y tipo de energía puede importar y exportar al SuperSistema.

La Legalización del Sistema es su vida en el SuperSistema. Los niveles bajos de Legalización indican que el sistema no posee la capacidad o no se le permite importar las energías adecuadas para lograr sus objetivos, lo cual representa su degeneración progresiva.

Un caso típico de la legalización, es un Software "x" que no es amigable para el usuario. El ingeniero de Software se resiste a modificarlo, argumentando razones que él cree convenientes. En consecuencia las personas que deberían usarlo no lo hacen, de allí, los datos que no se introducen no son procesados y a la larga la falta de uso termina con la "vida" el Software "x".

Para aumentar el Nivel de Legalización, un Sistema debe utilizar su administración para modificar su estructura, es decir, su administración debe fomentar, dirigir y verificar la Auto organización, además, debe crear y aplicar su normalización de procesos para llegar a un Auto Control, adicionalmente debe generar la suficiente libertad en el SuperSistema como para poseer autonomía.

El Nivel de Legalización de un Sistema se considera como el grado de relación e interacción con su SuperSistema, lo cual nos lleva a determinar que el Nivel de Legalización no es más que el grado de Sinergia del Sistema en relación con su SuperSistema

## CONTROL DE SISTEMAS

Todo Sistema debe vigilar el cumplimiento de sus objetivos, para estos es importante desarrollar la capacidad de adaptación en su SuperSistema. Para adaptarse, un sistema debe auditar su "conducta" en relación con las exigencias propias de los Sistemas que interactúan con él.<sup>1</sup>

Lo que aquí llamamos conducta del sistema no es más que producir lo que el SuperSistema necesita que él produzca. Se debe tener en cuenta que todo sistema pertenece a un sistema mayor, que a su vez, necesita que todos sus sistemas conviertan adecuadamente la energía suministrada.

Como ejemplo, se tiene una institución educativa en la cual se pretende fomentar el valor de la ética y de la moral; todos los docentes que pertenecen a ella deben educar con el ejemplo, comportándose con adecuada ética y moral al impartir sus clases.

En el proceso de Control, los sistemas deben reinformarse comparando su objetivo con lo producido, y realizar los ajustes necesarios con el fin de reducir al máximo la diferencia a términos razonables.

## Índices del Control de Sistemas

En el control de un sistema es necesario tener parámetros que indiquen en un determinado momento si el sistema está cumpliendo con su misión, por ello describen tres (3) indicativos, que denominamos la **EEE: Efectividad, Eficacia y Eficiencia**.

La **Efectividad** de un Sistema mide el logro de sus Objetivos específicos. Es decir, la Efectividad mide la diferencia entre el producto del sistema con sus objetivos específicos, entre mayor sea esta diferencia menos efectivo es el sistema. Si analizamos el Sistema Almacén de Zapatos presenta un objetivo específico de vender por mes un volumen del 40% del inventario y solo vende el 5%, encontramos que este Sistema no es Efectivo. Pero, si por el contrario el volumen de venta es del 37%, necesariamente concluimos que el sistema es Efectivo.

La **Eficacia** de un Sistema mide el logro de sus Objetivos Generales. Es decir, la Eficacia mide la diferencia entre el producto del sistema con sus objetivos Generales, entre mayor sea esta diferencia menos eficaz es el sistema. Si analizamos nuevamente el Sistema Almacén de Zapatos presenta un objetivo general de aumentar las ventas en un 50% y solo logra el 1%, encontramos que este Sistema no es Eficaz. Si el aumento está muy cerca o es superior a 50% definitivamente es Eficaz.

La **Eficiencia** de un Sistema mide el logro de sus Objetivos teniendo en cuenta que recursos y que Costos se emplearon para lograrlo. La idea es lograr los objetivos en base a los costos mínimos o en su defecto en "Costos Razonables". Cuando analizamos un sistema que logra sus objetivos utilizando gran

<sup>1</sup> Confrontar lo expuesto con Johansen, 1996

cantidad de sus recursos quedando mal trecho y vulnerable, lo cual influye que no siga operando adecuadamente, concluimos de inmediato que no es un sistema eficiente.

## La Retroalimentación y el Control de Sistemas

Con la Retroalimentación Negativa, los Sistemas tienden a permanecer en equilibrio. Esta característica es propicia para efectuar un control adecuado de los Sistemas. Con la Retroalimentación Positiva el control es imposible, ya que los parámetros cambian continuamente, además, siempre tiende a eliminar los efectos de toda planificación.

Así, un estudiante que en su primera nota obtiene una calificación de 4.0 sobre 5.0, como ésta es mayor que la nota mínima requerida (3.0), entonces se colocaría como meta el obtener una nota, para el próximo examen, de 2.0 como mínimo. Sin embargo, el estudiante no estudia mucho y en su segundo examen obtiene una calificación de 1.0. Luego, ahora su meta es obtener una calificación de 4.0 para ganar la materia. Se observa en este caso, que el objetivo siempre cambia a medida que realiza un nuevo examen, esto lo lleva a una desinformación, además de un total descontrol.

Con la Retroalimentación Negativa el mismo estudiante se fijaría un objetivo de obtener como mínimo una calificación de 4.0 en cada examen, y si obtiene más o menos, su estudio siempre tendría un mismo nivel de aprendizaje. Encontramos en este caso una menor variación del nivel de interés y estudio del estudiante.

## Subsistemas de Control

Los **Subsistemas de Control**<sup>1</sup>, son las partes del sistema que se encargan de controlar al sistema. Las partes que Constituyen un SubSistema de Control son:

- Objetivo a Controlar
- Subsistemas de Sensibilidad
- Subsistemas Motores
- Recursos de Energía
- Canal de Retroalimentación

### **Objetivo a Controlar**

El **Objetivo a Controlar**, como su nombre lo indica, es uno de los objetivos del sistema que necesita control. Aplica lo ya estudiado referente a la identificación de los objetivos.

---

<sup>1</sup> Ibid

### **Subsistemas de Sensibilidad**

Los **Subsistemas de Sensibilidad** son los subsistemas del sistema encargados, en primer lugar, de medir los cambios suscitados en el producto del sistema, y en segundo término, realizar la comparación con los patrones.

### **Subsistemas Motores**

Los **Subsistemas Motores** son los subsistemas encargados de planificar, gestionar y procesar las acciones correctivas.

### **Recursos de Energía**

Los **Recursos de Energía** son todas aquellas energías que necesitan ser importadas por los subsistemas Motores para realizar las correcciones pertinentes.

### **Canal de Retroalimentación**

El **Canal de Retroalimentación** es el proceso de comunicación entre los subsistemas de Sensibilidad y los subsistemas Motores, que transporta las informaciones correctivas.

**Ejemplo:** Consideremos el Sistema conformado por Hombre – Radio y analicemos un posible SubSistema de Control.

#### **Solución**

- **Objetivo a Controlar.** Calidad del sonido que produce el radio. Lo cual puede ser producto de una mala sintonización de una emisora, estática (no hay una emisora en el "dial"), daño en el radio.
- **Subsistemas de Sensibilidad.** Es el Sistema auditivo del ser humano.
- **Subsistemas Motores.** En todos los casos los medios motores son el Sistema Muscular del ser humano, y en el caso de las reparaciones por daños, las herramientas propias radiotécnicas.
- **Recursos de Energía.** Son las fuentes naturales de locomoción del ser humano, energía eléctrica, pilas, etc.
- **Canal Retroalimentación.** El canal de comunicación es el aire, utilizando concretamente su característica de propagación del sonido.

**Ejemplo:** Ahora, se considera el Sistema Termostato y estudiamos un posible SubSistema de Control.

#### **Solución.**

- **Objetivo a Controlar.** La temperatura de una habitación.
- **SubSistemas de Sensibilidad.** Termómetros de alta sensibilidad.

## 28 Teoría General de Sistemas un enfoque hacia la Ingeniería de Sistemas

- **SubSistemas Motores.** El Sistema de Switcheo, el Sistema de Enfriamiento, el sistema de apagado automático.
- **Recursos de Energía.** Energía eléctrica.
- **Canal de Retroalimentación.** Las moléculas de la habitación. El aire de la habitación.