

## **CAPITULO 2**

### ***Conceptos generales sobre sistemas y el control***

#### **Introducción**

Como ya lo expresamos, el concepto abstracto de sistema para nosotros es una herramienta que nos permite el estudio de la realidad. Trataremos el tema en forma amplia, sin circunscribirnos al tratamiento específico de una clase particular de sistemas. Para cubrir el estudio de los sistemas, independientemente de su naturaleza, recurriremos a la Teoría General de Sistemas (T.G.S.). Esta teoría, es la historia de una filosofía y un método para analizar y estudiar la realidad y desarrollar modelos de la misma, a partir de los cuales se puede intentar una aproximación paulatina a la percepción de una parte de esa globalidad que es el Universo. El modelo de dicha realidad no está aislado del resto y lo llamaremos sistema. Todos los sistemas concebidos de esta forma por un observador dan lugar a un modelo del Universo, una cosmovisión cuya clave es la convicción de que cualquier parte de dicho universo que queramos considerar, por pequeño que sea, juega un papel y no puede ser estudiada ni captada su realidad última en un contexto aislado. Su paradigma, es decir, su concreción práctica, es “el enfoque de sistema” y su adecuada puesta en obra es el reconocimiento por parte del observador de su propia limitación y de la necesidad de colaborar con otros observadores para llegar a captar la realidad en la forma más adecuada para los fines propuestos. En el desarrollo de los capítulos siguientes, se podrá entender cómo y por que se aplican los conceptos de la TGS para el estudio de la realidad y su relación con los sistemas informáticos. La TGS es considerada una ciencia general de base a la par de la filosofía y de las matemáticas. Para nuestros estudios, es imprescindible el conocimiento de sus conceptos básicos, ya que es la única ciencia que nos permite comprender el comportamiento de la realidad a través de los sistemas, independientemente de su clase. Como ya dijimos, el conocimiento de este comportamiento nos permitiría utilizar el concepto de

sistema como un instrumento de conceptualización que nos ayuda a bosquejar el planteo y solución de los problemas complejos.

Esta parte del libro, intenta introducir una serie de cambios en nuestra “estructura de razonamiento”, a los efectos de incorporar aquellos factores, que en nuestro análisis subjetivo, jamás consideramos en forma explícita. Nos interesa llegar un poco más lejos del planteo tradicional, que ante la presencia de un problema, reaccionamos con la simple aplicación de una metodología (Paradigma) combinada con la utilización de las herramientas tecnológicas que se consideran en ese momento como las más adecuadas para la solución. Proponemos incorporar a los mecanismos anteriores el entendimiento del porque ciertas cosas suceden o porque lo hacen de una determinada manera. Si no consideráramos la conjunción del entendimiento de los fenómenos de la realidad con la aplicación de una metodología adecuada, estaríamos cometiendo un error de evaluación realmente importante.

Nosotros como observadores queremos entender el comportamiento de la realidad compleja representada por los sistemas, percibiendo los efectos y tratando de deducir las causas que los originan. Es decir en el análisis de dicha realidad nos comportamos como los “Sensores de los efectos”.

## ¿Qué es un sistema?

Antes de que iniciemos nuestra larga recorrida por los capítulos de este libro, debemos definir lo que queremos dar a entender por sistema (herramienta que utilizaremos para nuestros estudios). Como de costumbre, vienen a la mente varias definiciones de sistema, y probablemente todas son adecuadas. Una primera y sencilla definición es la siguiente:

Un sistema es una reunión o conjunto de elementos relacionados con un objetivo común

Los elementos de un sistema pueden ser conceptos, en cuyo caso estamos tratando un sistema conceptual. Un lenguaje es un ejemplo de sistema conceptual. Los elementos de un sistema pueden ser objetos, como por ejemplo, una computadora compuesta de varias partes. Los elementos de un

sistema pueden ser sujetos, como los de un equipo de fútbol. Finalmente, un sistema puede estructurarse de conceptos, objetos y sujetos, como en un sistema hombre-máquina, o un sistema Empresa, ambos contienen las tres clases de elementos. Por tanto, un sistema es un agregado de entidades, viviente o no viviente o ambas. Al desarrollar el tema, se presentarán más términos de sistemas. Por lo tanto, es suficiente visualizar que los sistemas se componen de otros sistemas a los que llamamos subsistemas. En la mayoría de los casos, podemos pensar en sistemas más grandes o superordinales, los cuales comprenden otros sistemas y que llamamos el sistema total y el sistema integral. Uno de los problemas al tratar de sistemas se deriva de nuestra incapacidad para saber qué tanto "descomponer" un sistema en sistemas componentes, o qué tanto "componer" u "organizar" un sistema en sistemas más grandes.

También existe la siguiente caracterización de un sistema:

"Un sistema es una unión de partes o componentes, conectados en una forma organizada." "Las partes se afectan por estar en el sistema y se cambian si lo dejan.", es decir la unión de partes hace algo que altera el comportamiento" ("muestra una conducta dinámica" como opuesto a permanecer inerte). Un ejemplo es el caso de un alumno que está dentro de la Facultad, su comportamiento está ligado o restringido por las reglas de la facultad. Al salir de la misma puede tener otro comportamiento puesto que no tiene esas restricciones que lo afectan.

"La unión particular de partes se ha identificado como de interés especial para el observador." Además, "un sistema puede existir realmente como un agregado natural de partes componentes encontradas en la naturaleza, o éste puede ser un agregado inventado por el hombre. Es decir es una forma de ver el problema que resulta de una decisión deliberada del Observador de suponer que un conjunto de elementos están relacionados y constituyen una cosa llamada 'un sistema'". En definitiva el concepto de sistema constituye una abstracción de suma utilidad para resolver o explicar problemas de la realidad dinámica.

## Componentes de un sistema

En los puntos anteriores de este capítulo enunciamos las definiciones corrientes de sistema donde los identificamos como conjunto de elementos que guardan estrecha relación entre sí, que mantienen al sistema directa o directamente unido más o menos estable y cuyo comportamiento general persigue, normalmente, algún objetivo global. Estas definiciones que nos concentran en procesos sistémicos internos, necesariamente deberán ser completadas con una concepción de sistemas “abiertos”, donde quedara establecida como condición de supervivencia, el establecimiento de relaciones con el ambiente.

En este contexto, definiremos los componentes básicos de los sistemas, los cuales serán completados y desarrollados con más detalle en la medida que avancemos en los capítulos de este libro, sobre todo con la incorporación de los conceptos de la Teoría General de Sistemas (TGS).

### **Objetivo**

Todos los sistemas incluyen componentes que interactúan, y la interacción hace que se alcance alguna meta, un estado final o una posición de equilibrio.

### **Elementos**

Los elementos de un sistema son simplemente las partes identificables del mismo. Si un sistema es lo suficientemente grande como para incluir subsistemas y si cada subsistema se compone a su vez de otros llegaremos a partes que no son individualmente subsistemas. Es decir en una jerarquía hay componentes de más bajo nivel.

### **Atributos de los elementos**

Los componentes pueden ser objetos o personas, poseen propiedades o características, las cuales influyen en la operación del sistema, en su velocidad, precisión, confiabilidad, capacidad y muchos otros aspectos.

## Estructura

La estructura del sistema es el conjunto de las relaciones, más o menos estables, entre los objetos y atributos de los objetos de un sistema. El grado en que los elementos funcionan juntos para alcanzar los objetivos totales sirve asimismo para definir la estructura.

## Proceso

El proceso total del sistema es el resultado neto de todas las actividades que convierten las entradas en salidas. De ahí que los diseñadores de sistemas han escogido los datos que se introducirán y la información que se obtendrá de él, para idear el proceso de conversión.

## Organización

Conjunto de reglas que condicionan el funcionamiento de los componentes de un sistema para el logro de su objetivo.

## Frontera

La frontera de un sistema puede existir en forma física o conceptual. De ahí que su definición operacional del sistema se consiga de la siguiente manera:

- Se identifican y enumeran todos los elementos que lo integrarán y se identifica todo lo que se halle dentro del espacio delimitado (se llama sistema y todo lo que quede afuera se denomina ambiente).

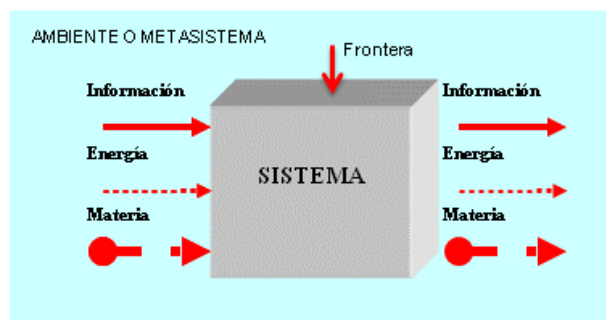


Fig. 2.1- Entradas y salidas de un sistema abierto

- Los flujos que atraviesan la frontera desde el ambiente se denominan entradas y los que desde el interior de la frontera salen hacia el exterior se denominan salidas.

La definición de la frontera del sistema, permite al observador circunscribir todos los elementos y estados que se encuentran bajo su control.

Esto significa que, todo lo que está dentro de las fronteras de un sistema, se encuentra bajo el control del observador, lo que se encuentra afuera (contexto) no se puede controlar y actúan como perturbaciones externas al sistema.

### **Entradas (input)**

Todo sistema requiere recursos de su ambiente para la supervivencia. Se denomina entrada (Input) a la importación de recursos (Materia, Energía e Información) del medio ambiente, que se requiere para el funcionamiento de sus actividades. (Fig. 2.1)

### **Salidas (Output)**

Se denomina de esta manera a las corrientes de salida de un sistema y al igual que las entradas pueden ser materia energía e información. (Fig. 2.1).

### **Variables**

Las entradas del sistema pueden asumir distintos valores y por tanto, son sus variables cuyos cambios afectan los resultados de las salidas. Esto es, las salidas también varían de magnitud y constituyen variables de él.

### **Parámetros del sistema**

Muchas cantidades que entran en relación entre las variables de entrada y las de salida se consideran constantes durante determinado período o en un estilo operacional del sistema. En esencia, para un conjunto fijo de dichos valores se dice que el sistema se encuentra en un "estado" especificado. Estas cantidades que determinan el estado del sistema se denominan parámetros.

### **Interfaces**

La interfaz es una conexión entre dos sistemas, la región de contacto.

## Características de las entradas salidas de un sistema

Los conceptos de input y output nos aproximan instrumentalmente al problema de las fronteras y a la definición de los límites en sistemas abiertos. Se dice que los sistemas que operan bajo esta modalidad son procesadores de entradas y elaboradores de salidas.

Como ya dijimos las entradas y salidas de un sistema. Pueden ser: materia, energía e Información.

**Input:** Todo sistema abierto requiere de recursos de su ambiente. Se denomina input a la importación de los recursos (energía, materia, información) que se requieren para dar inicio al ciclo de actividades del sistema.

**Output:** Se denomina así a las corrientes de salidas de un sistema. Los outputs pueden diferenciarse según su destino en servicios, funciones y retroinputs.

**Output de Servicio:** Son los outputs de un sistema que van a servir de inputs a otros sistemas o subsistemas equivalentes, dentro del mismo sistema.

**Output de función:** Se denomina función al output de un sistema que está dirigido a la mantención del sistema mayor en el que se encuentra inscrito (Fig. 2.2).

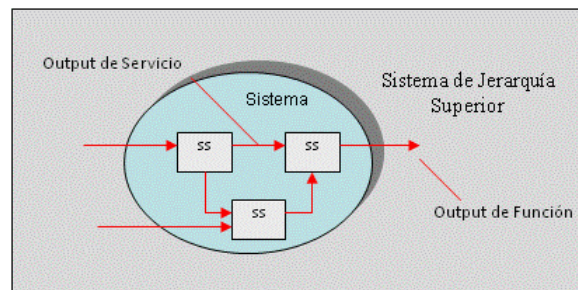


Fig. 2.2- Tipos de salidas de un sistema

**Output de retroinput:** Se refiere a las salidas del sistema que van dirigidas al mismo sistema (Fig. 2.3) (retroalimentación).

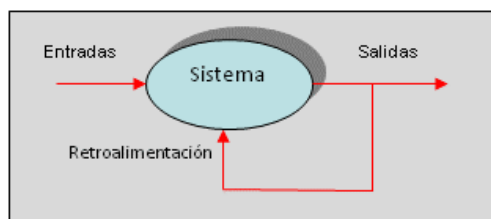


Fig.2.3- Retroinput

Un ejemplo de este caso, lo constituye la Facultad, cuya salida son profesionales, algunos de los cuales ingresan al sistema como docentes.

## Control de un Sistema

Podemos definir al control, como el “*conjunto de acciones*” que nos permite decidir sobre el comportamiento de un proceso o sistema a pesar de las perturbaciones originadas por las variaciones del contexto. También se puede entender como la forma de manipular ciertas variables internas para conseguir que ellas actúen en la forma deseada para lograr el objetivo para lo cual fue creado el sistema. Consideramos como perturbaciones las variables ajenas al sistema, que provienen del contexto, pero que pueden influir en su funcionamiento.

Un sistema dinámico puede definirse conceptualmente como un ente que recibe unas acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a estas acciones externas son las denominadas variables de salida.

Las acciones externas al sistema se dividen en dos grupos, variables de control, que se pueden manipular (controlar), y las perturbaciones sobre las que no es posible ningún tipo de control. La Figura 2.4 ilustra de un modo conceptual los componentes para el funcionamiento de un sistema y su sistema de control..

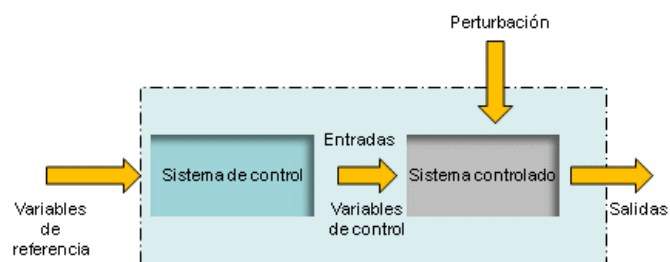


Fig. 2.4 - Sistema de control y sistema controlado

## Sistemas de control

Los sistemas de control según la Teoría Cibernética se aplican en esencia para los organismos vivos, las máquinas y las organizaciones. Estos sistemas fueron relacionados por primera vez en 1948 por Norbert Wiener en su obra Cibernética y Sociedad con aplicación en la teoría de los mecanismos de control. Un sistema de control está definido como un “*conjunto de componentes*” que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se obtengan los resultados buscados. Como dijimos en los puntos anteriores, dentro de los sistemas se encuentra el concepto de sistema de control.



Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema a controlar. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida (Variables controladas) del sistema controlado, de modo que estas alcancen unos valores prefijados (consigna), compatibles con el logro del objetivo.

Con un sistema de control, debemos garantizar el nivel de control del sistema controlado, es decir permitir mantener a las variaciones de sus salidas procesales dentro de los niveles de tolerancia cuando es afectado por las perturbaciones. Dentro de esto aparece el concepto de “*estabilidad de un sistema*”, como una medida de la continuidad en su comportamiento dinámico.

Si se presenta un cambio pequeño en las entradas o condiciones iniciales, un sistema estable presentara modificaciones pequeñas en su respuesta perturbada. Por otro lado, en un sistema inestable cualquier perturbación, por pequeña que sea, llevará estados y/o salidas a crecer sin límite o hasta que el sistema se desestabilice, se desintegre y muera. Es evidente entonces que la estabilidad es un requerimiento básico de los sistemas dinámicos y es lo primero que debe garantizarse en el diseño de un sistema de control.

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y que permiten su funcionamiento son los siguientes (Ver figura 2.5):

**Sistema controlado:** Es la parte del sistema que representa al conjunto de variables a controlar, es decir a mantener dentro de determinados valores, ante la acción de perturbaciones del contexto.

**Sensores:** Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.

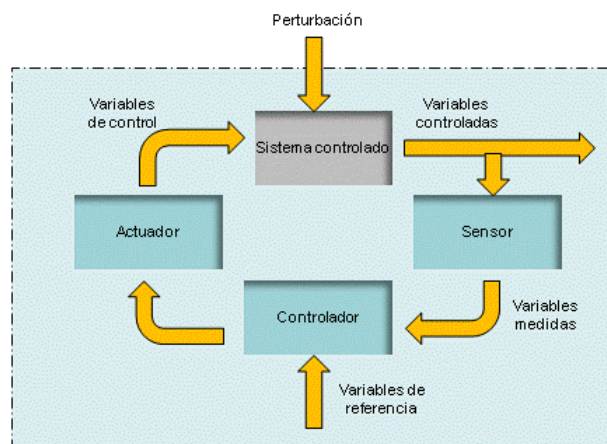


Fig. 2.5 - Esquema general de un Sistema de control

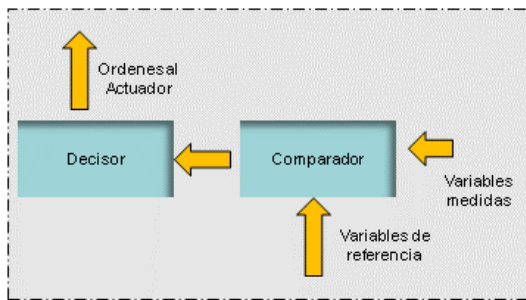


Fig. 2.6 - Controlador

**Controlador:** Utilizando los valores determinados por los sensores y los valores de referencia impuestos, compara y en base al resultado, el decisor define la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control. (Fig. 2.6)

**Actuador:** Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.

## Clasificación de los sistemas de control

Para la clasificación de los sistemas de control, utilizamos:

- Las variables consideradas
- La estrategia de control

### Variables consideradas

En un sistema de control, se consideran cuatro grupos de variables:

- Las perturbaciones
- las variables controladas
- las variables de control
- y las variables medidas.

Las *perturbaciones* ( $P$ ) son generalmente desconocidas. En general las perturbaciones no se pueden medir, pero sus efectos sobre las variables medidas permiten detectar su presencia. La utilización de un sistema de lazo cerrado (ver Figura 2.4) permite corregir los problemas derivados de la presencia de perturbaciones en el sistema.

Las *variables controladas* ( $V_c$ ) son aquellas sobre las que se aplican los valores de referencia y la comparación se transforma en una acción a través del actuador.

Las *variables de control* ( $V_{dc}$ ) son aquellas que reciben las acciones realizadas por el actuador.

Las *variables de medida (Vm)*, son las que se miden para poder evaluar las variables controladas. Pueden llegar a ser coincidentes.

## Estrategia de control

La estrategia de control hace referencia a la naturaleza y la dirección de los lazos existentes entre las variables medidas y/o controladas y las variables de control.

Se distinguen dos tipos de estrategias en función de la naturaleza de la Información utilizada para calcular la acción de control del sistema:

- Lazo abierto
- Lazo cerrado.

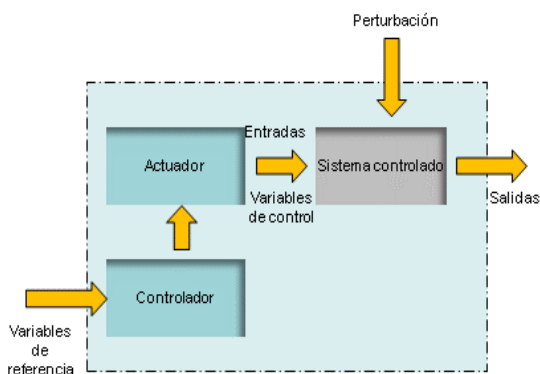


Fig. 2.7 - Sistema de control a lazo abierto

*Lazo abierto:* En este caso se puede utilizar un controlador para producir un comportamiento deseado como salida del proceso a controlar (Fig.2.7). El objetivo de este controlador es regular las variables de entrada al proceso a controlar, de tal forma que se obtengan las salidas deseadas. Algunas de las entradas no dependen del diseñador del

proceso de control, por lo cual reciben el nombre de perturbaciones externas. En este sistema de control, las entradas no son influenciadas por las salidas del sistema controlado, esto es, la salida no se mide ni se realimenta para comparación con la entrada- Esto significa, que para cada entrada de referencia corresponde una condición establecida para la salida. Por lo tanto la exactitud del sistema controlado depende de la calibración. En presencia de una perturbación, este tipo de sistema, no cumple con la función asignada. En consecuencia y en la práctica, se puede utilizar un sistema de control a lazo

abierto si la relación entre la entrada y la salida es conocida y no hay perturbaciones de ningún tipo.

Para los sistemas de control de lazo abierto, las variables de referencia son siempre el tiempo o algún evento.

#### Características

- No se compara la salida del sistema con el valor deseado de la salida del sistema (referencia).
- Para cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fijada.
- La exactitud de la salida del sistema depende de la calibración del controlador.
- En presencia de perturbaciones estos sistemas de control no cumplen su función adecuadamente.

En nuestra vida cotidiana nos encontramos con muchos de estos sistemas de control. Por ejemplo:

El funcionamiento de una lámpara suele estar controlado mediante un interruptor: al accionar el interruptor, el circuito eléctrico se cierra y la lámpara se enciende; cuando se vuelve a accionar el interruptor, el circuito se abre de nuevo y la lámpara se apaga (La variable de referencia es un evento). Se trata de un sistema de control en lazo abierto, ya que permite controlar el funcionamiento de la lámpara a través del interruptor, pero el estado de encendido o apagado de la lámpara (es decir, la salida del sistema) no influye en la acción de control.

Un lavarropas funciona en base a los tiempos (la variable de referencia es el tiempo) de cada una de sus etapas de lavado. El usuario elige un programa. La variable de salida "la ropa limpia", no es controlada para el funcionamiento de la lavadora.

Los Semáforos de una ciudad también funcionan sobre una base de tiempo. La variable de salida "Estado del tráfico", no afecta al funcionamiento del sistema.

*Lazo cerrado:* La acción de control se calcula en función del error medido entre la variable controlada y las variables de referencia. Las perturbaciones, aunque sean desconocidas son consideradas indirectamente mediante sus efectos sobre las variables controladas o de salida. Este tipo de estrategia de control

puede aplicarse sea cual sea la variable controlada. La gran mayoría de los sistemas de control que se desarrollan en la actualidad son en lazo cerrado. (Fig. 2.7). En los sistemas de control de lazo cerrado, aparece el problema de la estabilidad, ya que si el controlador no está bien ajustado puede tener tendencia a “*sobre corregir*” errores, que pueden llegar a producir en la salida del sistema controlado desordenes de amplitud creciente llegando a inestabilizarlo y destruirlo.

Por tanto, los sistemas de control en lazo cerrado son capaces de controlar en cada momento lo que ocurre a la salida del sistema, y modificarlo si es necesario. De esta manera, el sistema es capaz de funcionar por sí solo con la intervención humana o de forma automática y cíclica. Estos últimos, que son sistemas capaces de autocontrolarse sin que intervenga una persona, reciben el nombre de sistemas de control automáticos o automatismos.

Un ejemplo de automatismo a lazo cerrado, fácil de entender, es el que controla la temperatura de una habitación mediante un termostato. El termostato es un dispositivo que compara la temperatura indicada en un selector de referencia con la existente en la habitación; en caso de que ambas no sean iguales, genera una señal que actúa sobre el sistema de calefacción, hasta hacer que la temperatura de la habitación coincida con la de referencia.

Los sistemas de lazo cerrado funcionan con dos tipos de retroalimentación. Esta puede ser negativa (cuando prima el control) o positiva (cuando prima la amplificación de las desviaciones). Mediante los mecanismos de retroalimentación, los sistemas regulan sus comportamientos de acuerdo a sus efectos reales y no a programas de outputs fijos como en el caso de lazos abiertos.

#### Retroalimentación negativa:

Este concepto está asociado a los procesos de autorregulación u homeostáticos. Los sistemas con retroalimentación negativa se caracterizan por mantener determinados objetivos. Para ello deben contrarrestar la variación de la variable controlada. Es decir, si esta aumenta su valor lo hace bajar y viceversa si el valor baja lo hace aumentar.

#### Retroalimentación positiva

Indica una cadena cerrada de relaciones causales en donde la variación de uno de sus componentes se propaga en otros componentes del sistema, reforzando la variación inicial y propiciando un comportamiento sistémico caracterizado por un autorreforzamiento de las variaciones (circularidad). La retroalimentación positiva

está asociada a los fenómenos de crecimiento y diferenciación (Refuerza la tasa de cambio).

### **Sistema de control de lazo cerrado versus de lazo abierto**

En base a lo expresado precedentemente, podemos hacer una síntesis comparativa entre ambos sistemas de control. Esta es:

Una ventaja del sistema de control de lazo cerrado es que el uso de la retroalimentación hace que la respuesta del sistema sea relativamente insensible a perturbaciones externas y a variaciones internas de parámetros del sistema a controlar. De este modo, a pesar de las perturbaciones es posible lograr la exactitud de control requerida en determinado sistema a controlar, cosa que sería imposible en un control de lazo abierto.

Desde el punto de vista de la estabilidad, en el sistema de control de lazo abierto la estabilidad es más fácil de lograr puesto que no constituye un problema importante. En cambio en los sistemas de lazo cerrado, la estabilidad si es un problema importante, por su tendencia a sobre corregir errores que pueden producir oscilaciones de amplitud constante o variable.

Hay que puntualizar que para sistemas cuyas entradas son conocidas previamente y en los que no hay la presencia de perturbaciones, es recomendable utilizar el control de lazo abierto. Los sistemas de control de lazo cerrado tienen ventajas solamente si se presentan perturbaciones no previsibles o variaciones de componentes del sistema. La cantidad de componentes utilizados en un sistema de control de lazo cerrado es mayor a la correspondiente a un sistema de control de lazo abierto. Así, entonces, un sistema de control de lazo cerrado es generalmente de mayor costo y complejidad. Por lo común resulta posible una combinación adecuada de controles de retroalimentación y alimentación directa, lográndose un comportamiento general satisfactorio.

### **Sistema de regulación**

Un sistema de regulación es un sistema de control a lazo cerrado en el que la entrada de referencia o salida deseada son, o bien constantes o bien varían

lentamente con el tiempo, y donde la tarea fundamental consiste en mantener la salida en el valor deseado a pesar de las perturbaciones presentes.

Al mecanismo de control que mantiene las variables de un sistema dentro de rangos tolerables que no permita su desorganización y muerte, lo denominamos “sistema de regulación”.

### Sistemas finalistas y sistemas causales

Para comenzar a ubicarnos en los tipos de sistemas que son de nuestro interés, realizamos una primera clasificación, en base a los objetivos que persigue un sistema y por lo tanto por su nivel de control.

Como ya lo expresamos, el nivel de control del sistema es el que le permite mantener a las variaciones de sus salidas procesales dentro de los niveles de tolerancia. El nivel de estabilidad ya sea alto, bajo, o medio exige que los mecanismos de control se modifiquen y adecuen tanto en lo que hace a su concepción como en lo referente a su periodicidad.

Para simplificar el entendimiento de la actividad de control, podemos considerar a los sistemas como cajas negras, con entradas y salidas desde y hacia su entorno. Algunas de las entradas pueden ser determinadas y otras aleatorias que producen las perturbaciones al sistema. Ante esta situación, al no disponer de un sistema de control, se producen salidas que pueden ser determinadas o estadísticamente determinadas. En función de este fenómeno podemos realizar una identificación de dos tipos de sistemas:

- Los sistemas Causales
- Los sistemas finalistas.

El cuadro de la Figura 2.8, nos muestra la relación entre las unidades de control y las unidades de ejecución, a los efectos de identificar distintos tipos de sistemas.

		Unidades de ejecución	
Unidades de Control		1	N
	0	Sistema Causal	Red Causal
	1	Sistema Finalista	Equipo
	N	Juego	Organización

Figura 2.8- Relación entre ejecución y control

## **Sistemas finalistas**

Los sistemas finalistas son sistemas que persiguen un determinado objetivo (Finalidad), independientemente de la naturaleza de sus entradas.

Los sistemas finalistas contienen unidades de control para alcanzar su objetivo (ver cuadro de la Fig.2.8).

Los sistemas finalistas son los que normalmente diseñamos los seres humanos, por lo tanto constituyen el centro de nuestro interés.

## **Sistemas Causales**

Los sistemas causales, son sistemas que tienen un comportamiento particular, en la cual las salidas están relacionadas con el tipo de entradas. Por lo tanto podemos definir que un sistema es causal si “existe una relación de causalidad” entre las salidas y las entradas del sistema, más explícitamente, entre la salida y los valores futuros de la entrada.

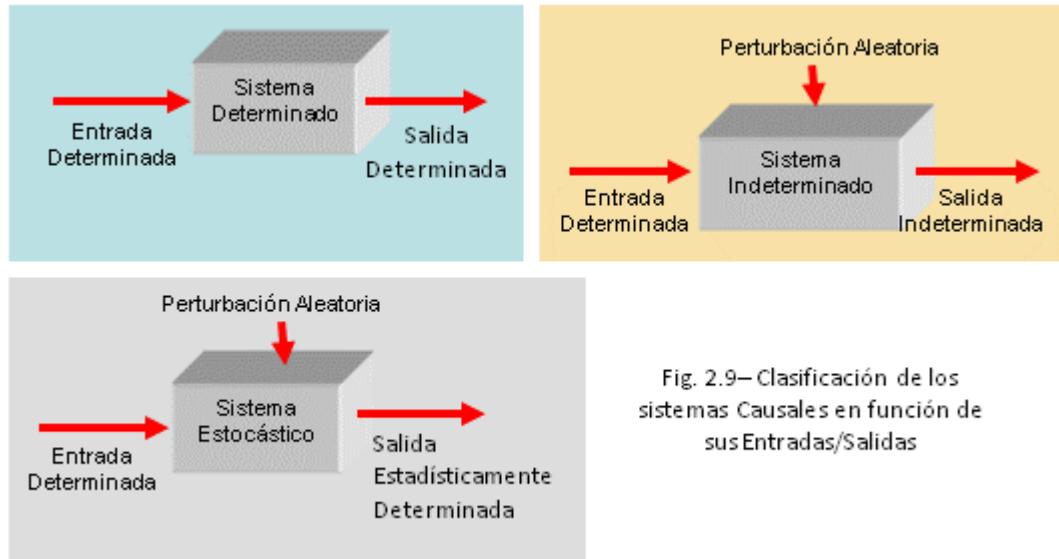
Un sistema causal no contiene unidades de control (ver cuadro de la Fig.2.8), su comportamiento es del tipo a “Lazo abierto”, es decir no tienen retroalimentación.

*Ejemplo:* El llenado de una cisterna. Mientras que la llave siga abierta, el agua fluirá. La altura del agua en la cisterna no puede hacer que la llave se cierre y por tanto no nos sirve para un proceso que necesite de un control del nivel de llenado. En este caso la entrada es la corriente de agua y la salida el nivel de la cisterna. Si ahora introducimos además como entrada, una variable tiempo, es decir que luego de  $x$  tiempo de entrada de agua la llave se cierra automáticamente, la salida será un nivel determinado de la cisterna. Este caso, como vimos en los puntos anteriores, responde a un sistema de control de lazo abierto.

Algunas de las entradas pueden ser determinadas y otras aleatorias que producen las perturbaciones al sistema. Ante esta situación, al no actuar un sistema de control, se producen salidas que pueden ser determinadas o estadísticamente determinadas. En función de este fenómeno podemos realizar una identificación de tres tipos de sistemas (ver Figura 2.9):



- Sistemas determinados.
- Sistema Estocástico.
- Sistema indeterminado.



## Defensa de los sistemas para mantener su identidad

En los puntos anteriores se pone en evidencia que un sistema puede sufrir perturbaciones de su contexto y que dispone de mecanismos de defensa para la supervivencia.

Todos los sistemas tienen un objetivo común, la de permanecer. Esto se podría considerar como una inercia a mantener el estado en que se encuentra, es decir que cualquier cambio que se quiera introducir, es una perturbación y el sistema reacciona para “permanecer” en su estado original. Justamente es el sistema de regulación el encargado de establecer y mantener este comportamiento.

A este punto de nuestro conocimiento es oportuno realizarse una pregunta simple y a su vez importante: ¿en qué momento y a causa de que evento un sistema deja de ser él mismo?

Básicamente un sistema cambia su identidad cuando las perturbaciones superan su capacidad de autorregulación produciendo una desorganización del mismo (Concepto de Entropía). Esto lo transforma en otro distinto, produce un cambio de objetivo, es decir la razón de su propia existencia.

## Conclusiones

En este capítulo dimos los primeros pasos para entender el concepto abstracto de sistema y describimos cuáles son sus componentes. Por otro realizamos un detalle suficientemente exhaustivo de lo que es el control y los distintos tipos de mecanismos de control que se encuentran en los sistemas. Esto es de una importancia relevante para nuestro tratamiento, puesto que los mecanismos de control definen el comportamiento dinámico de los sistemas, sean estos existentes o creados por nosotros. Sistema y control, son los elementos básicos necesarios para comenzar a introducirnos en el mundo de la teoría general de los sistemas. (TGS) donde además analizaremos su comportamiento.