

CAPÍTULO II

CONCEPTOS SOBRE SISTEMAS

OBJETIVOS DEL CAPÍTULO: Identificar y describir el enfoque de sistemas. Definir el concepto de sistema y desarrollar los conceptos clave de la Teoría General de Sistema. Explicar algunas características salientes de la naturaleza de los sistemas. Clasificar distintos tipos de sistemas.

CONTENIDO ANTICIPADOR: La coexistencia del hombre con los sistemas es propia de su naturaleza innata, razón por la cual el conocimiento del enfoque de sistemas y los conceptos clave de la teoría general de sistema, permite contar con una herramienta sumamente versátil para afrontar su estudio. Si el hombre es en sí mismo un sistema rodeado por una infinidad de otros sistemas, no resulta irrelevante el conocimiento de un modelo que permita su cabal comprensión y conocimiento.

EL ENFOQUE DE SISTEMAS

La vida del hombre contemporáneo transcurre rodeada de una cantidad de elementos a los que trata de organizar, de manera que su existencia tenga una cierta sensación de orden. La complejidad del hombre mismo y de lo que lo rodea (sociedad, organizaciones), se manifiesta a través de la gran cantidad de elementos que los sistemas contienen, de sus características, de la interrelación entre los elementos y sus atributos, y del orden relativo que ellos, momentáneamente, pueden asumir.

El enfoque de sistemas es un esfuerzo por generar una visión amplia,

comprehensiva y total del doble fenómeno de la complejidad y la interrelación que los caracterizan, a través de una perspectiva que los considere bajo una configuración total organizada, en función de los fines específicos que persiguen. En el marco de este pensamiento, cuando se presenta un problema y debe solucionárselo, más que estudiar obsesivamente sus partes específicas en forma aislada o los componentes en los que el problema se hace manifiesto, debe enfocarse la solución a partir de la consideración del problema como un todo, desde un punto de vista integral, global, con una configuración más amplia: desde la perspectiva de los sistemas.

El enfoque de sistemas tiene su origen en lo que se conoce como Teoría General de Sistema (TGS), o también Teoría General de los Sistemas. Esta teoría reconoce como una de sus principales fuentes los trabajos que a partir de 1930 el biólogo alemán Ludwig von Bertalanffy comenzó a desarrollar, publicándolos en Alemania en 1940 y difundiéndose masivamente en el mundo científico a partir de ediciones en inglés de 1951. La TGS no persigue solucionar problemas ni intenta obtener soluciones prácticas, sino que se ocupa del desarrollo de un marco teórico-sistemático para la descripción de las relaciones generales de la realidad empírica, produciendo formulaciones y teorías conceptuales que permitan crear las condiciones de aplicación en ese mundo empírico.

Ludwig von Bertalanffy comprobó que en forma independiente habían surgido problemas y concepciones similares en campos científicos muy distintos, y que existían grandes similitudes en la construcción teórica de varias disciplinas muy diferentes entre sí, donde muchos de los principios y conclusiones desarrollados por una disciplina eran válidos para otras disciplinas, en especial cuando se refieren a objetos que pueden ser considerados sistemas, ya sean éstos químicos, sociales o biológicos, entre otros (von Bertalanffy, 1976).

Así, pueden encontrarse modelos, principios y leyes aplicables a sistemas generalizados o a sus subclases, sin importar su particular género, la naturaleza de sus elementos componentes y las relaciones o "fuerzas" que imperen entre ellos. Esta circunstancia hizo pensar que más que una teoría de sistemas de clase más o menos especial, se requería una que formulase principios universales aplicables a los sistemas en general. Bertalanffy no estaba de acuerdo con la visión fragmentada que se tenía del mundo y que se trasladaba a cada uno de los especializados campos del conocimiento, surgidos como consecuencia del establecimiento de fronteras arbitrarias que dejaban muchas zonas indefinidas, a pesar de que la naturaleza no está dividida en ninguna de esas partes.

Este pensamiento se extendió sobre todos los sistemas, estableciendo entonces la TGS que las propiedades de los sistemas no pueden definirse de manera significativa considerando en forma separada sus elementos. El entendimien-

to y comprensión de los sistemas se produce cuando sobre ellos se aplica una visión integral, considerando todas las interdependencias e interrelaciones de sus partes.

Por este razonamiento el enfoque de sistemas se diferencia del enfoque analítico, el que para analizar un problema utiliza en primer término una partición del conjunto en sus partes más pequeñas para comprender mejor el funcionamiento del todo. El enfoque de sistemas (sistémico) parte de una visión global, integral, y que como veremos en el capítulo correspondiente al estudio de sistemas, complementa al enfoque analítico en las metodologías de estudio.

Tanto en la teoría tradicional de organización como en muchas otras disciplinas, las partes (subsistemas) se han estudiado en forma separada, reuniendo luego esas partes en un todo unificado. El enfoque de sistemas considera que esa metodología no es posible y que el punto de partida debe ser con el sistema total.

DEFINICIÓN DE SISTEMA

Sistema es un término muy difundido y habitual tanto en el lenguaje cotidiano como en el académico, con una amplia y variada utilización. En el ámbito organizacional es común encontrar referencias, entre otros, a diversos sistemas: "sistema de producción", cuando se habla de la función de fabricación; "sistema político", para nombrar al proceso que establece fines, objetivos y metas organizacionales; "sistema de información", para designar un esquema de circulación de información entre los integrantes de la organización.

Como consecuencia de su profusa difusión, muchas personas tienen una idea aproximada de su significado. Pero para ingresar al estudio y diseño de los sistemas administrativos y de los sistemas de información, es necesario definir con precisión su concepto. Dentro de la gran cantidad y variedad de bibliografía que se relaciona con sistemas, se observa que cada autor asume una determinada orientación, poniendo mayor énfasis en determinados temas. Este libro y este autor no serán la excepción, por lo que en este capítulo se hará hincapié en aquellos contenidos que, principalmente, estén vinculados con los conceptos que se desarrollarán *a posteriori*, en especial los relacionados a organización, sistemas administrativos, sistemas de información y estudio de sistemas.

A través del tiempo se han dado numerosas definiciones de sistema; algunas de ellas son:

- ★ *Conjunto de componentes destinados a lograr un objetivo particular de acuerdo a un plan* (Johnson, Kast y Rosenzwig, 1971).
- ★ *Reunión o conjunto de elementos relacionados* (van Gigch, 1995).
- ★ *Conjunto de elementos interrelacionados de modo tal que producen un resultado superior a la simple agregación de los elementos y distinto de ella* (Saroka y Collazo, 1999).
- ★ *Conjunto organizado, formando un todo, en el que cada una de sus partes está conjuntada a través de una ordenación lógica, que encadena sus actos a un fin común* (del Pozo Navarro, 1992).
- ★ *Conjunto de objetos reunidos, con relaciones entre dichos objetos y entre sus atributos, conectados o relacionados entre sí y con su ambiente de tal modo que forman una suma total o totalidad* (Schoderbek, Schoderbek y Kefalas, 1984).

De la lectura de estas definiciones se pueden advertir algunos de los conceptos que son esenciales para la comprensión del significado del término. A los efectos del desarrollo posterior de esos conceptos clave, en esta parte del libro se definirá a los sistemas de la siguiente manera: *Un sistema es un conjunto organizado de elementos interrelacionados que interactúan entre sí, entre sus atributos y con su ambiente conformando una totalidad, persiguiendo un fin determinado, y teniendo una actuación conjunta superior a la suma de las actuaciones individuales de sus elementos.*

Los sistemas se caracterizan por estar compuestos de partes que interactúan entre sí, que se relacionan de alguna manera, y que pueden ser descriptos en términos de sus atributos o de sus partes componentes. Esas partes no se encuentran dispersas sin un orden ya que, por el contrario, se disponen organizadamente. El concepto de sistema connota la idea de totalidad, de que es algo más que un mero agrupamiento de elementos: el funcionamiento del sistema siempre es mayor que la suma individual del funcionamiento de sus partes.

Cada sistema, de acuerdo con el interés o la posición de quien pretenda estudiarlo, podrá ser entendido como sistema, subsistema o suprasistema: un sector de producción puede ser visto como un sistema compuesto por varios subsistemas (estampado; pintura; terminación) e integrante de un suprasistema (la empresa) que a su vez lo contiene. El sistema total o el “todo” es el que está representado por todos sus elementos y relaciones necesarias para la realización de un objetivo; éste define la finalidad para la cual fueron ordenadas las “partes” y relaciones del “todo”.

Entre las partes y sus atributos y el ambiente que los rodea se establece

una unidad, un todo interrelacionado e interdependiente: el ambiente condiciona a los sistemas, a la vez que éstos influyen sobre su ambiente. Todos los sistemas existen en un ambiente; no hay sistema sin ambiente. En realidad, es difícil definir dónde comienza y dónde termina un sistema. Los límites entre el sistema y su ambiente se definen arbitrariamente. Todo sistema tiene una finalidad, por lo que puede ser definido a partir de la función que realiza como parte de uno o varios sistemas mayores. Para lograr sus objetivos en ambientes que se presentan cambiantes, el sistema debe adaptarse activando mecanismos que le permitan encontrar equilibrios dinámicos entre sus partes. Si esto no se logra, el sistema puede entrar en un proceso de entropía, por el cual entra en crisis, desgastándolo y llegando, incluso, a su desintegración.

Del desarrollo anterior hay un aspecto que debe resaltarse, y es el que dice que si las partes que componen una entidad no interactúan, no conforman un sistema; serán un agregado o una colección de elementos, pero no un sistema. Este aspecto es importante porque las acciones de los elementos componentes consideradas en forma separada no definen las propiedades de un sistema: éstas se derivan de la interacción que se produce entre esas partes.

Los elementos de los sistemas pueden ser de diferentes tipos. Pueden ser *objetos*, como en el caso de una computadora. Pueden ser *conceptuales*, como en un lenguaje de programación. Y pueden ser *sujetos*, como las personas integrantes de una determinada empresa. Los sistemas pueden integrarse con uno solo de estos tipos, con dos o bien con los tres, como en el caso de los sistemas hombre-máquina, tal como veremos más adelante en los sistemas de información.

Los sistemas presentan propiedades, que son atributos y cualidades que derivan del dominio de cada sistema; el dominio es el campo sobre el cual se extienden (van Gigch, 1995). Por ejemplo, los sistemas pueden clasificarse en *vivientes* o *no vivientes*. Un sistema vivo es aquel que tiene funciones biológicas relacionadas al nacimiento, la reproducción y la muerte.

Otra clasificación es entre aquellos *abstractos* o *concretos*. Un sistema abstracto es aquel en que la totalidad de sus elementos son conceptos; los sistemas abstractos son creaciones de la mente humana, y consisten en una disposición conceptual y ordenada de ideas: los sistemas religiosos, sociales y culturales son ejemplos de ellos. Los sistemas abstractos son no vivientes.

Un sistema concreto es aquel en el que por lo menos dos de sus elementos son objetos o sujetos, pudiendo ser que estuvieran presente sólo objetos, sólo sujetos, o bien, objetos y sujetos. Los sistemas concretos son más que construcciones conceptuales ya que exponen actividades o comportamientos. Un sistema

ma educativo, un sistema de información, un sistema de contabilidad son ejemplos de estos sistemas. Los sistemas concretos pueden ser vivientes o no vivientes.

Las posibilidades de dominio de los sistemas son numerosas y, por ende, también lo son sus propiedades. En orden a los temas que se tratan en este libro, sólo algunos de aquellos que más se relacionan con las organizaciones serán expuestos y desarrollados. En este sentido, sobre el final del capítulo se volverá sobre el tema para tratar un dominio cuyo conocimiento afecta sensiblemente al entendimiento de las organizaciones: los sistemas abiertos o cerrados.

Como el enfoque de sistemas posee una terminología muy específica y definiciones de conceptos que requieren ser debidamente interpretados a los fines de poder entender las ideas que quieren expresarse y, además, hacerlas operativizables, antes de avanzar hacia la presentación de otras clasificaciones y de otras propiedades y condiciones, se presentarán algunos de los conceptos clave sobre sistemas.

CONCEPTOS CLAVE DE LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMA

Una de las motivaciones para el desarrollo de la TGS fue tratar de integrar y entender el conocimiento de una gran variedad de disciplinas especializadas; para lograr esa meta, se han desarrollado modelos utilizables y transferibles entre varios continentes científicos, siempre y cuando esa extrapolación fuese posible e integrable a las respectivas disciplinas. Sin embargo, para los doctrinarios de la TGS, esas transferencias no serían posibles si no se mejoraran, al mismo tiempo, los niveles de comunicación interdisciplinaria.

De nada serviría formular principios válidos para sistemas en general, sea cual fuere la naturaleza de sus elementos componentes y las relaciones o fuerzas reinantes entre ellos, si al mismo tiempo no se realizara un esfuerzo por eliminar, o bien, disminuir la distorsión semántica que lleva a hacer más compleja y dificultosa la comunicación entre las diferentes disciplinas.

Para mejorar esas comunicaciones, la TGS introdujo una semántica científica de utilización universal. Ese lenguaje contiene significados específicos. El detalle de los conceptos que se desarrollarán en esta sección, no implica profundizar la TGS, pero sí lograr una aproximación a ella.

En este sentido, debe tenerse en cuenta que ese acercamiento se hará desde la óptica de las organizaciones, razón por la cual los ejemplos y referencias se relacionarán con éstas, aunque sus enunciados originales no estén dirigidos, la mayoría de ellos, a ninguna disciplina en particular. Por otro lado, si bien

todos los conceptos desarrollados por la TGS tienen su importancia, varios de ellos tienen particular importancia para el estudio de las organizaciones. Sobre ellos se dirigirá la atención de manera especial, constituyendo los aquí presentados tan sólo una parte de todos ellos.

Elementos

Los elementos son los componentes de los sistemas. A su vez, cada elemento puede ser un sistema completo en sí mismo, vale decir, un subsistema. Los elementos pueden ser vivientes o no vivientes, y desde una visión estática se los podría definir como las partes que conforman un sistema, siendo que esas partes podrían ser objetos, conceptos o sujetos. El hombre trata cotidianamente con sistemas que presentan una agregación o mezcla entre estos diversos tipos de elementos: una organización es un claro ejemplo.

Los elementos se relacionan entre sí, interactuando dinámicamente; desde un punto de vista funcional, los elementos pueden definirse como las funciones básicas que realizan cada uno de ellos. Así, los que entran al sistema serán las *entradas* o *entrada*, los que salen serán las *salidas* o *resultados*, y los que operan sobre las entradas realizando algún proceso de transformación, *procesos* o *proceso*.

Entradas

La interacción del sistema con su ambiente se manifiesta por elementos de *entrada* y de *salida*. Una entrada (*input*) es cualquier ingreso del ambiente al sistema: personas; energía; materias primas; información. Una materia prima que ingresa a un proceso de producción, los estudiantes que inician sus estudios en una universidad, un informe de ventas mensuales que recibe un gerente de comercialización, si bien son ejemplos de entradas diferentes a sistemas diferentes, todas tienen la característica de ser la fuerza de arranque o de partida del sistema, proveyendo el material o la energía necesaria para que el sistema comience a operar.

Cuando se estudia un sistema resulta importante poder establecer si las entradas están bajo su dominio o son parte del ambiente, ya que en el primer caso serían parte del sistema en tanto que, de lo contrario, pertenecerían al ambiente.

En ciertos sistemas se genera una corriente de control sobre las entradas (*feed-forward*), de modo que detecte los errores con anterioridad al ingreso,

actuando como filtro antes del proceso. Si todas las entradas fueran irrestrictas, se correría el riesgo de realizar el proceso a elementos que no corresponden, incurriendo en costos innecesarios asociados al procesamiento, sin contar las consecuencias indeseadas de una salida basada en elementos incorrectos. El control que se hace de los códigos de clientes y de artículos antes del procesamiento de una factura, sería un ejemplo de este tipo de filtro de errores en las entradas.

Salidas

La consecuencia del proceso de transformación sobre las entradas son las *salidas* o *resultados*. Una salida (*output*) es cualquier elemento que sale del sistema hacia el ambiente. En un sistema de información, los datos ingresan al sistema como entrada y egresan, luego de un proceso de conversión, como salida bajo la forma de información.

Las salidas, a las que también puede conceptuárselas como el propósito o razón de ser para lo cual existe el sistema, pueden adoptar diversas formas: productos; beneficio; información; servicios. Las salidas deben estar en consonancia con los objetivos del sistema.

Proceso

El *proceso* es la actividad que el sistema aplica sobre los elementos de entrada para transformarlos en elementos de salida; es el que produce cambios; es el mecanismo de conversión de las entradas en salidas. Durante el proceso (*throughput*) es deseable y esperable que a las entradas se les adicione valor y utilidad.

El proceso puede ser realizado por componentes químicos, por máquinas, por personas, o por procedimientos administrativos.

En los estudios de sistemas resulta deseable poder conocer los detalles de los procesos de transformación. Pero no siempre eso es posible. Cuando no se conocen los procesos y actividades que se realizan dentro de un sistema, es necesario estudiar con gran detalle sus entradas y sus salidas. Analizando y comparando las entradas y salidas, puede lograrse un buen conocimiento de los procesos internos del sistema; estudiar un sistema analizando únicamente sus entradas y salidas constituye un método llamado de *caja negra*.

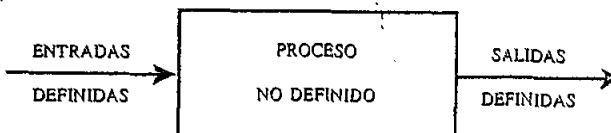


Figura 2.1: Sistema de caja negra

Se estudia algún sistema sobre la base de caja negra cuando no se puede determinar lo que hay dentro, cuando se tiene poca información sobre el procesador, o cuando su determinación resulta costosa o muy difícil.

Retroalimentación

La *retroalimentación* es la función del sistema que compara la o las salidas con un objetivo o estándar previamente establecido, obteniendo información sobre su funcionamiento, y con el fin de mantener al sistema operando de acuerdo con los parámetros establecidos. El proceso consiste en la reintroducción de una parte de la salida de un sistema como entrada de ese mismo sistema, de manera que esta retroacción permita realizar, de ser necesario, los ajustes que las actividades requieran. Así, el control del sistema se produce a través de este proceso que mide su funcionamiento y lo orienta hacia sus objetivos.

En su forma más simple, las salidas de un sistema son comparadas con las salidas esperadas, y cualquier diferencia que se encuentre origina una retroalimentación (*feedback*) en la entrada al proceso para que se ajusten sus operaciones, de manera que se mantenga o perfeccione el desempeño del proceso, buscando que sus salidas siempre se adecuen a los estándares u objetivos establecidos. Los desvíos de las salidas con relación a lo esperado, deben medirse a través de medios programados con anticipación; dichos sensores envían la información a dispositivos que activan los ajustes.

Un esquema de modelo de sistema con los elementos hasta aquí expuestos puede verse en la figura 2.2.

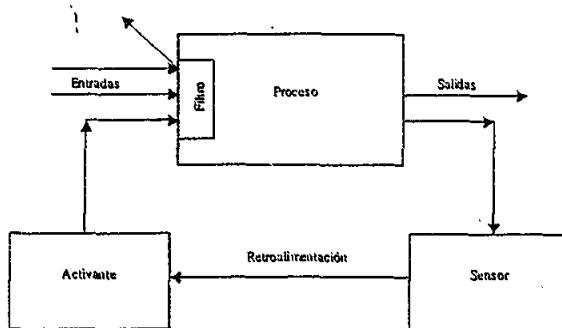


Figura 2.2: Modelo de sistema

La cibernetica es una disciplina creada por Norbert Wiener entre los años 1942 y 1947. Es la ciencia que estudia los procesos de comunicación y de control en los sistemas: se ocupa en forma especial de los procesos de regulación y control. Es entonces de esta ciencia (y de su teoría de los servomecanismos), que se adoptan los elementos básicos de un sistema de control.

En todo proceso de control existen elementos esenciales que son los siguientes:

- ★ Un *objetivo establecido* (meta, propósito, norma).
- ★ Un *sensor* que efectúa la medición del rendimiento.
- ★ Un *comparador* que determina las diferencias con relación al objetivo.
- ★ Un *activante* que corrige y ajusta.

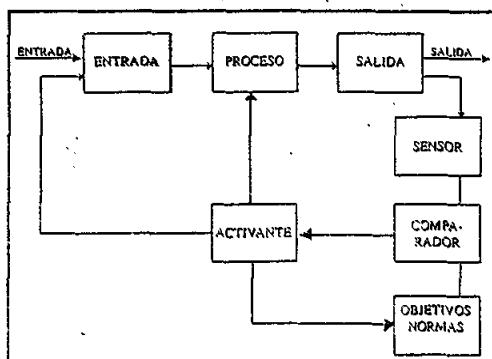


Figura 2.3: Modelo básico de control de sistemas

En todo sistema debe conocerse el rendimiento esperado, el resultado que se espera lograr. Los *objetivos, metas, propósitos o normas* brindan la característica o condición que debe medirse, a partir de su manifestación en alguna salida; la elección del objetivo o propósito no es un aspecto menor, "lo que se debe controlar" es crucial para el buen desempeño del control. Por otro lado, el proceso de control no determina si los objetivos son los apropiados o correctos, sólo provee los medios para determinar si los procesos del sistema producen las salidas que logren esos objetivos.

Las salidas deben medirse de manera tal que el procedimiento utilizado para ese fin no afecte al funcionamiento del sistema. Los *sensores* son los mecanismos que proporcionan información del objetivo a controlar: miden valores incluidos o establecidos en los objetivos predeterminados.

Un dispositivo *comparador* luego realiza la comparación del funcionamiento real con respecto al objetivo preestablecido; si en la verificación se detectan diferencias, éstas indican que el sistema está operando con alguna dificultad. En todo proceso de comparación en el cual surgen variaciones, es importante señalar hasta qué punto éstas son tolerables. Esto se logra estableciendo *límites de control*, tanto superiores como inferiores, en relación con la respuesta esperada.

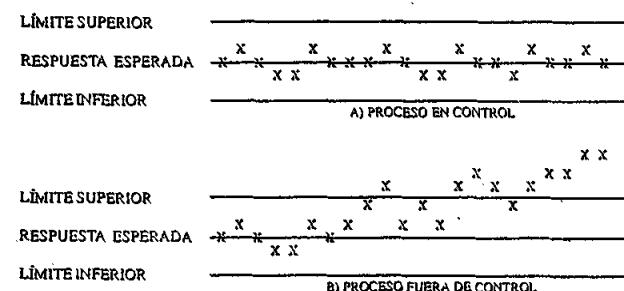


Figura 2.4: Límites de control

El *activante* es un elemento que, una vez evaluados los cursos de acción, debe tomar la decisión de aplicar las medidas correctivas, generando una señal de entrada al proceso que permita realizar los ajustes necesarios para disminuir o eliminar las variaciones detectadas.

Si bien el proceso de control por medio de la retroalimentación no juzga los

objetivos o las normas establecidas, el sistema puede decidir cambiar sus estándares como respuesta a la retroinformación producida por el proceso de control. Por ejemplo, puede llegar a determinarse que no existe factibilidad para lograr los objetivos.

Además, las medidas correctivas pueden ir dirigidas a las entradas, al proceso y al mismo sistema de control. Con relación a las entradas, pueden modificarse sus características, su calidad y/o cantidad. Sobre los procesos pueden modificarse las actividades así como sus partes componentes. Y en el sistema de control puede cambiarse la precisión del sensor y del comparador.

Existen dos tipos de retroalimentación:

- * **Retroalimentación negativa:** es del tipo correctivo y ayuda a mantener al sistema que retroalimenta dentro de un margen crítico de operación, vale decir, dentro de los límites de control, reduciendo las variaciones de rendimiento en relación con los objetivos o estándares. Corresponde al esquema tratado hasta ahora, en el cual se busca la estabilidad del sistema.
- * **Retroalimentación positiva:** contrariamente a la negativa, la retroalimentación positiva refuerza la operación de un sistema, tendiendo a que continúe con los mismos rendimientos y sin modificar sus actividades. La retroalimentación positiva confirma y refuerza la dirección en la cual el sistema se está moviendo, haciendo que repita sus acciones.

Ambiente o Contexto

Un sistema no se encuentra solo en el vacío, sino que siempre está en función de un *contexto* o *ambiente*, que es el conjunto de objetos exteriores que rodean, contienen e influyen al sistema. Entre el ambiente y el sistema existe una intensa interrelación e interdependencia. Esa mutua relación se expresa cuando el sistema recibe influencias del ambiente a través de las entradas y cuando el sistema, a su vez, vuelve al ambiente la influencia que surge de sus procesos internos. Según Hall (1974) un sistema se ve afectado cada vez que el ambiente modifica sus atributos, los que a su vez se alteran según el comportamiento del sistema. Pero asimismo, la propia influencia del sistema sobre el ambiente retorna al sistema a través de la retroalimentación.

Para que lo "externo" sea considerado como ambiente para un sistema, deben presentarse en forma conjunta dos circunstancias: a) que el sistema no pueda controlarlo; b) que afecte significativamente su desempeño o propieda-

des. Tener en cuenta estas dos condiciones permite definir todo aquello que debe ser considerado como ambiente de cada sistema, ya que no todo lo externo a ellos lo es. Sólo podrá considerarse como ambiente aquello externo que se relacione en forma importante con el sistema, sólo aquello que es relevante para él.

Una lectura más detallada del ambiente permite reconocer dos clases diferentes de elementos. Los hay *transaccionales*, que son aquellos que el sistema si bien no puede controlar, sí puede ejercer influencia: proveedores y consumidores son un ejemplo del ambiente de transacciones de una empresa. Y los hay *contextuales*, que son los que el sistema no puede controlar ni modificar: la competencia de otras empresas y los factores climáticos.

Las fuentes de energía, materiales e información de los sistemas se encuentran en el ambiente. Pero como éste tiene un comportamiento generalmente cambiante, el sistema debe generar procesos de adaptación a los cambios, que como se analizará cuando se traten los sistemas abiertos, son importantes para su supervivencia. Por lo tanto, el ambiente se configura como un proveedor de los recursos que permiten la continuidad del sistema, así como puede transformarse en una amenaza para su supervivencia.

Límites

Los *límites* separan y demarcán un sistema respecto de su ambiente; un sistema existe dentro de sus límites y todo lo que está fuera de esos límites y es relevante para el sistema, constituye su ambiente. Una manera de operativizar el concepto de límite es definiéndolo como la línea que encierra elementos que comparten mayor intercambio de energía que con aquellos que se encuentran atravesando dicha línea.

Utilizar la intensidad de energía intercambiada para definir qué elementos pertenecen o no a un sistema, aunque *a priori* ofrece un patrón "objetivo" de diseño del límite, no deja de ser, en ocasiones, bastante "subjetiva" la definición de las intensidades que se verifican entre los elementos. Por esto, hay situaciones donde resulta bastante sencillo definir lo que es parte componente de un sistema y qué no lo es; en otras, la persona que investiga el sistema debe definir sus límites arbitrariamente.

En realidad, la delimitación de un sistema no deja de ser nunca arbitraria y subjetiva. Esto permite que la persona que estudia un sistema, cuente con una herramienta metodológica que lo habilita a explicar y conocer sólo aquellos ele-

mentos y relaciones que se encuentran dentro de los límites fijados, por lo que se eficientiza la actividad.

A pesar de que en los sistemas concretos los límites surgen más claramente ya que son una demarcación natural determinada por la estructura básica del sistema y por sus objetivos y fines, en muchas oportunidades algunos elementos pueden ubicarse, alternativamente, tanto fuera como dentro del sistema. Si se tomase como ejemplo un sistema de comercialización, puede decirse que sus elementos integrantes serían: los vendedores; los empleados administrativos de la oficina de ventas; los procedimientos; el almacén de productos terminados; los equipos e instalaciones. ¿La distribución de productos terminados está incluida en el sistema? Se incluirá o no de acuerdo a la definición que se haga del sistema de comercialización.

En un sistema abstracto los límites son determinados según el nivel de percepción, intención, objetivos y conocimientos del observador en relación con el funcionamiento interno del sistema.

Como la fijación de límites es arbitraria, siempre aparece una disyuntiva: si se asigna un límite muy amplio, los numerosos elementos que pueden quedar en el sistema, pueden dificultar cualquier tarea de estudio que se intente realizar. Cuando el límite es restringido, pueden dejar de considerarse elementos e interrelaciones significativas entre ellos, lo que lleva a asumir un riesgo de suboptimización; ésta se manifiesta cuando por una mala fijación de límites quedan fuera del sistema definido, elementos o procesos con una alta interacción, que pueden conducir a que las conclusiones o consideraciones que se realicen, queden totalmente o parcialmente invalidados.

Un concepto que no debe descuidarse acerca de los límites, es que éstos tienen la particularidad de dejar pasar más o menos intercambio con el ambiente. La permeabilidad de los límites definirá el grado de apertura del sistema respecto del ambiente, tal como se distinguirá cuando se estudien los sistemas abiertos o cerrados.

También hay que considerar algo que se trató en la introducción de este libro: los límites que se asignen a un sistema pueden estar reflejando las perspectivas intelectuales de quienes los definen. Cuando dos personas que provienen de diferentes disciplinas discuten sobre un mismo problema organizacional, seguramente detectarán entre sí algunos elementos diferentes, así como desarrollarán herramientas de estudio derivadas de cada disciplina.

Por último, pero no por esto menos importante, no debe dejar de considerarse que cada problema que se presenta en un sistema, obliga a una definición de límites distinta para cada uno.

Subsistemas

Un sistema puede ser definido como un conjunto de elementos interrelacionados. Cuando un componente de un sistema es en sí mismo un sistema, se lo llama *subsistema*. Cada sistema está compuesto por subsistemas los cuales son, a su vez, partes de otros subsistemas. Cada subsistema dentro de un sistema se conecta (*interacción*) con otros subsistemas para lograr un fin determinado, que generalmente es producir una salida hacia otra parte del mismo sistema, o hacia otro sistema. La interrelación entre los subsistemas se expresa a través del suministro de salidas que constituyen entradas de otros subsistemas, y por medio de la aceptación de entradas, que son salidas de otros subsistemas.

Lo que determina que un conjunto de elementos sea considerado un sistema y no un subsistema, es el punto de vista de quien lo está definiendo, de quien lo está delimitando. Aquello que constituye el centro de atención de un observador en un momento determinado y en una situación concreta, constituye un sistema. En otra situación y en otro momento, ese mismo sistema puede ser considerado, por esa misma persona, como un subsistema. Estas relaciones conducen a un concepto básico en el pensamiento de sistemas: la *jerarquía* entre los sistemas. Un sistema está integrado por subsistemas de menor orden y es también, parte de un suprasistema que lo contiene. El número de niveles de esa jerarquía define la complejidad del sistema.

Los procesos dentro de cada subsistema modifican, separan o combinan sus entradas para originar una salida. Dentro del sistema debe existir algún medio de transferencia de la información que representan estas salidas, de manera que cada subsistema pueda realizar su trabajo interactuando con los demás. Estas interacciones e interconexiones entre los subsistemas se llaman *interfaces*.

Las interfaces son los elementos de interconexión (intermediarios) situados en los límites de un sistema (o subsistema) por los cuales la información es transferida o coordinada entre ellos. Tomando el ejemplo anterior del sistema de comercialización, los subsistemas serían los empleados del sector, los procedimientos, el almacén de existencias de productos terminados, los equipos y las instalaciones. Una nota de pedido sería una interfase entre el sistema cliente y el sistema de comercialización. Una nota de retiro de mercaderías para actividades de promoción, sería una interfase entre el subsistema almacén de productos terminados y el subsistema promociones.

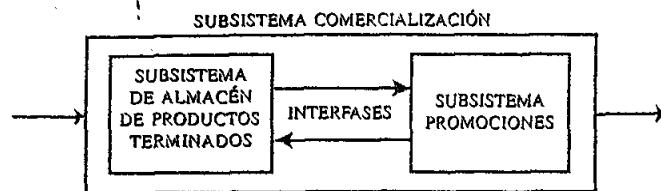


Figura 2.5: El sistema de comercialización y dos de sus subsistemas

Un objeto que permite observar un sistema con sus subsistemas y sus interfa-
ses es un modelo simplificado de una computadora tomada como sistema.

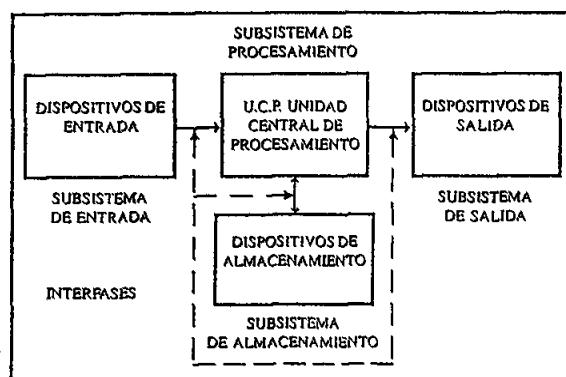


Figura 2.5: Ejemplo de subsistemas e interfares

En cambio, si se toma en cuenta a la unidad central de procesamiento como sistema, pueden determinarse tres subsistemas:

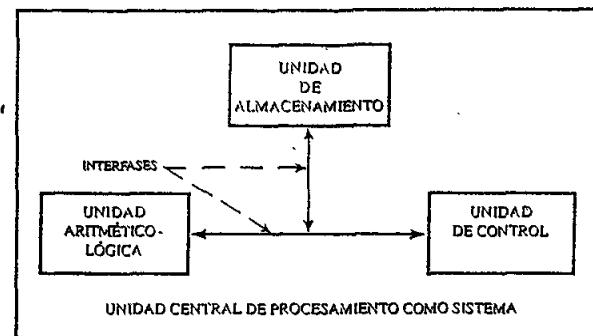


Figura 2.6: Ejemplo de subsistemas e interfaces

Dentro del concepto de subsistemas se destacan, en particular, dos aspectos: fragmentación y simplificación.

* **Fragmentación:** es una condición de los sistemas poder fragmentarse o factorizarse en subsistemas. La estructura de un sistema es el resultado de la factorización o descomposición de sus objetivos globales en una escala jerárquica de subsistemas más simples, con tareas más sencillas, de modo que cada subsistema con sus logros, contribuye al logro de los fines del sistema inmediato superior y, en última instancia, a los objetivos globales correspondientes. La estructura de un sistema refleja la combinación jerárquica que han asumido los diferentes subsistemas.

SOS: En la fragmentación de sistemas, por consiguiente, se aprecian dos proce-

**** Proceso de descomposición:** cuando un sistema complejo es difícil de entender o analizar en su conjunto, el sistema se descompone o factoriza en subsistemas, con tareas individuales más simples. En consecuencia, cada sistema puede descomponerse en subsistemas y, a su vez, cada uno de ellos en otros subsistemas, conformando así una estructura jerárquica donde cada subsistema es un elemento de un suprasistema (el sistema superior a él).

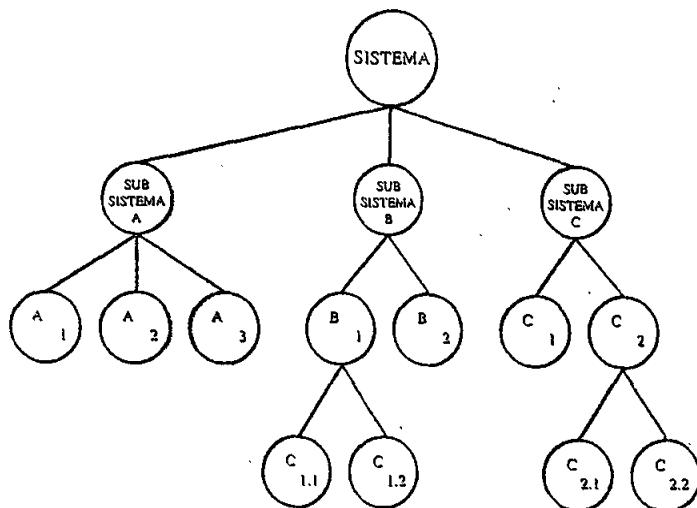


Figura 2.7: Un sistema y su descomposición en subsistemas

****Proceso de composición:** al realizarse la descomposición en forma jerárquica se supone que la obtención de logros de los subsistemas inferiores en la estructura, van a facilitar el logro de los subsistemas superiores (suprasistemas) que a su vez los contienen, de modo que la suma de las soluciones parciales logre el objetivo global del sistema mayor.

***Simplificación:** la fragmentación jerárquica del sistema produce un gran número de interacciones entre sus partes. Una gran cantidad de interfaces representa una barrera a la buena coordinación entre las partes. Para lograr una coordinación eficiente se simplifica el sistema creando subsistemas relativamente aislados. La simplificación es el proceso por el cual se ordenan los subsistemas de modo que se reduzca el número de interconexiones. Hay dos formas de realizar la simplificación, una es por agrupamiento, y la otra es por desacoplamiento.

****Agrupamiento:** se establecen grupos de subsistemas que interactúan entre sí.

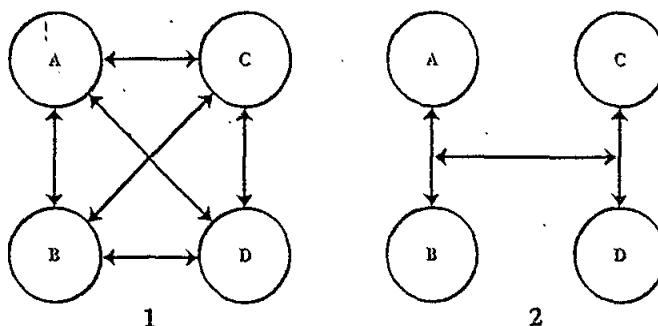


Figura 2.8: Proceso de simplificación en sistemas

El ejemplo más simple de agrupamiento es el que se produce en la interacción de cuatro subsistemas. El sistema 1 de la figura 2.8 muestra cómo se producen las seis interacciones entre los cuatro subsistemas, en tanto que en el sistema 2 se observa cómo se pueden simplificar estableciendo dos grupos (A con B y C con D) interconectados a través de una interfase simple.

****Desacoplamiento:** para obtener la utilidad de la simplificación en el proceso de fragmentación, es necesario que los subsistemas estén en gran parte aislados, desacoplados, con cierta independencia parcial. La utilización de procedimientos de desacoplamiento reduce la necesidad de coordinación entre los subsistemas.

- Algunos de los procesos que favorecen los desacoplamientos son:
 - 1) *Reducción del número de interacciones explícitas entre los sistemas:* se realiza mediante la limitación del número de entradas-salidas entre los subsistemas.
 - 2) *Estandarización de las interacciones:* si un subsistema proporciona a otro alguna entrada, el subsistema receptor presume que esa entrada cumplirá con las especificaciones requeridas que han sido establecidas con anterioridad. El establecimiento de códigos de comunicación en un sistema de información es un ejemplo de estandarización de interacción.
 - 3) *Almacenamiento:* los almacenamientos intermedios entre las salidas y entradas de subsistemas que interactúan, permiten que éstos funcionen, en cierta forma y por un tiempo limitado, de manera independiente. Dentro de un sistema de producción, las existencias de materias primas o de

productos semielaborados entre diferentes procesos (subsistemas), permite a éstos trabajar durante un tiempo, sin depender unos de otros.

4) **Recursos flexibles:** a cada subsistema se lo provee de una mayor cantidad de recursos que los estrictamente necesarios, de modo que tengan la posibilidad de absorber contratiempos o circunstancias no previstas. Por ejemplo, cuando se instala un equipo de procesamiento electrónico de datos, siempre se estima una potencia mayor de procesamiento que la que se calculó como necesaria.

Propósitos u Objetivos

No puede concebirse un sistema sin algún propósito u objetivo. Los elementos de un sistema interactúan para lograr alguna meta, algún estado final o una nueva posición de equilibrio. Esta búsqueda permanente de objetivos, que se denomina *teleología*, constituye una característica presente en todos los sistemas. Los objetivos son determinantes de la configuración del sistema y de las acciones que realiza.

La conceptualización de cualquier sistema debe comenzar con su propósito y objetivo. Si no se conoce el objetivo de un sistema, difícilmente pueda estudiárselo y, menos aún, intentar realizar cambios en él. Para esto, los objetivos deben poder operativizarse a través de su cuantificación; ésta resulta indispensable si se pretende medir el desempeño del sistema bajo estudio. No se va a poder establecer si el sistema está cumpliendo con su objetivo, si no se cuenta con alguna medida que refleje su desempeño real.

Interrelación e interdependencia

La noción de sistema está indisolublemente ligada a la vinculación entre sus componentes. La *interrelación* se verifica a través de los enlaces que vinculan entre sí a los elementos, aun cuando éstos sean considerados como subsistemas. A su vez, las relaciones connotan la *interdependencia* que entre los elementos interrelacionados se produce, tal como se pudo observar al analizar el concepto de subsistema.

Las relaciones que pueden encontrarse durante el estudio de un sistema en particular, son idiosincrásicas de ese sistema. La circunstancia de que se consideren únicas no quita que se reconozcan las consideradas como más probables de encontrar (Schoderbek, Schoderbek y Kefalas, 1984):

* **Relaciones simbióticas:** enlazan elementos que requieren de esa vinculación para seguir funcionando, es decir, no podrían hacerlo si son separados. Estas relaciones pueden ser de dos tipos. Las unidireccionales indican que uno de los elementos necesita sí o sí del otro para existir: un sector de mantenimiento edilicio necesita de la empresa para existir, en tanto que ésta puede decidir eliminarlo de su estructura, y no por eso la empresa dejará de existir. En las bidireccionales ambos elementos se necesitan: sin producción no hay ventas y sin ventas no hay producción.

* **Relaciones sinérgicas:** cuando la interrelación que se produce entre los elementos genera un resultado conjunto mayor que la suma de los resultados individuales de esos mismos elementos.

* **Relaciones superfluas:** en la medida que una relación es repetida, aumenta la confiabilidad del sistema. Las relaciones superfluas generan un mecanismo de control que se diseña para asegurar que el sistema funcionará, y que lo hará, incluso, en condiciones diferentes a las originalmente pensadas.

Recursos

Los recursos son los medios que poseen los sistemas y que los utilizan para realizar las actividades necesarias para cumplir con sus propósitos. Los recursos se encuentran en el interior de los sistemas, lo que no quita que del ambiente también puedan entrar recursos adicionales. Esta circunstancia es la que, en ocasiones, hace mínima la diferencia entre entrada y recurso; sin embargo, como definición se establecerá que las entradas son los elementos sobre los cuales se aplican los recursos.

Los recursos de una organización no sólo son la gente, el capital, la infraestructura, sino también la información, el conocimiento y sus mejores capacidades, entre otros.

Totalidad

Un sistema no puede ser explicado sólo por la suma de sus partes: el sistema en sí solo puede ser explicado como una *totalidad*. El concepto *holístico* o *gestáltico* de sistemas rechaza la concepción que considera al sistema como la suma de sus partes (*elementarismo*), ya que el foco de atención de los sistemas se localiza en las interrelaciones e interdependencias más que en las propiedades constantes de los elementos.

Atributos

Son las propiedades y características que pueden reconocerse de los elementos y de sus vinculaciones. Los hay *cuantitativos* y *cuantitativos*, así como *definidores* y *concomitantes*. La primera clasificación tiene importancia en tareas de medición: los primeros serán más difíciles de medir que los segundos.

Con relación a la segunda clasificación, un atributo definidor es el que permite designar adecuadamente al elemento o relación, como ser: la materia prima "polieter flexible" debe tener 22 kilos de densidad por metro cúbico y presentar una capacidad portante de 200 gramos por decímetro cuadrado.

Las características concomitantes son las que no establecen ninguna diferencia con respecto al elemento o relación que se está considerando; su ausencia o presencia no es definidora en el elemento: que la materia prima "polieter flexible" sea blanca o azul carece de importancia en la definición del proceso productivo en que se la emplea. Si cambiara el uso dado a esa materia prima, por ejemplo, sirviendo para distinguir unos productos de otros, el atributo del color, que en su momento se lo asumió como concomitante, pasaría ahora a ser considerado definidor. También puede presentarse la situación inversa: atributos que en un momento fueron establecidos como definidores, pueden convertirse en concomitantes en otro momento u otra circunstancia.

Entropía

La *entropía* es un proceso que se verifica en el interior de algunos sistemas, por el cual éstos entran en crisis y tienden a su degeneración y deformación tanto estructural como funcional. La entropía es una fuerza que lleva al sistema hacia un máximo desorden, hacia una falta de transformación de sus recursos, empujándolo a su desaparición.

La entropía se relaciona con la variedad e incertidumbre del sistema, razón por la cual si se aumenta la información, disminuye la entropía. La información reduce la incertidumbre porque permite ampliar el campo posible de alternativas que el sistema puede adoptar.

Homeostasis

La *homeostasis* o *equilibrio dinámico* es una propiedad de los sistemas que se expresa a través de su nivel de respuesta y adaptabilidad a las fuerzas del

entorno, en busca de su funcionamiento eficaz. Los estímulos externos tienden a desestabilizar el funcionamiento interno de los sistemas, de manera que para asegurar su supervivencia dinámica, aquellos deben lograr una adaptación permanente de sus componentes y estructuras. El proceso tendiente a la búsqueda de ese equilibrio es posible por la información retroalimentada que el sistema recibe. La base del equilibrio se encuentra, en consecuencia, en la comunicación.

El proceso homeostático es un dispositivo de control que permite mantener al sistema dentro de su funcionamiento esperado. El equilibrio dinámico se obtiene a través del autocontrol, es decir, de la autorregulación. Cuando un sistema no logra adaptarse dinámicamente a su contexto, puede entrar en entropía.

Sinergia

Una de las propiedades más importantes de los sistemas es la que está representada por la circunstancia de que el funcionamiento del todo (el sistema), siempre es mayor que la suma individual del funcionamiento de sus partes. Por esto, en la *sinergia* se verifica que la actuación conjunta de los componentes del sistema, es superior a la suma de las actuaciones individuales de sus partes componentes.

Equifinalidad

En los sistemas mecánicos hay una relación directa de causa y efecto entre las condiciones iniciales y el estado final al que pueden arribar. En cambio, el concepto de *equifinalidad* expresa que los objetivos finales pueden ser conseguidos a partir de diferentes condiciones iniciales, a través de diferentes maneras, y utilizando medios o acciones distintos a los originalmente pensados. Así como también pueden alcanzarse los mismos objetivos a partir de entradas diversas y de procesos de conversión alternativos.

La flexibilidad y estabilidad de los sistemas se definen en función del direccionamiento al cumplimiento de un objetivo utilizando, llegado el caso, medios complementarios o sustitutivos, lo que les otorga un margen amplio de equilibrio.

Complejidad

La *complejidad* es la condición que presenta un sistema cuando se manifiesta al menos una de estas cuatro situaciones: a) que esté conformado por

muchos elementos que interactúan de modo no simple; b) que sus causas, efectos o estructura no sean conocidos; c) que necesite mucha energía, tiempo o información para ser manejado; d) que produce efectos que son al mismo tiempo deseados o indeseados, o muy difíciles de controlar (Herrschner, 2003).

La complejidad, como una propiedad de los sistemas, es un resultado combinado directamente proporcional a la interacción que se produce entre cuatro elementos determinantes: a) el número de elementos que lo componen; b) los atributos de esos elementos; c) la cantidad de vínculos e interacciones entre los elementos; d) el nivel de organización implícita.

Organización y Estructura

La *organización* de un sistema expresa el conjunto de las reales o potenciales interrelaciones que pueden darse entre sus elementos. Se dice que un sistema tiene organización cuando todas sus partes, cada una con objetivos propios y específicos, se interrelacionan al tiempo que se adaptan al contexto, con lo cual logran mantener dichas vinculaciones conformando un todo.

El concepto de organización es afín a la noción de *estructura*, ya que a ésta se la define como la forma de las relaciones y vinculaciones que mantienen los elementos de un sistema. En función de la cantidad y tipo de las interrelaciones entre las partes, la estructura de un sistema puede ser simple o compleja. En los sistemas complejos se observan jerarquías, que son niveles ordenados, elementos o partes de subsistemas interconectados.

En consecuencia, cuando se habla de estructura de un sistema, además de los elementos (las partes u objetos), deben considerarse las relaciones entre ellos, aquello que los mantiene unidos entre sí. La estructura no se concibe como una serie de relaciones fijas y permanentes entre los elementos, a la manera de un soporte fijo y estable; por el contrario, debe entendérsela como una compleja red de interrelación y vinculación entre esas partes.

NATURALEZA DE LOS SISTEMAS

En las secciones anteriores se introdujo el concepto de que un sistema es más que un agregado simple de elementos u objetos. En la esencia del concepto de sistema se encuentra la interacción de sus partes, motivo por el cual sus propiedades y características derivan, precisamente, de esas interacciones, y no de sus partes tomadas en forma aislada así como tampoco de las acciones que

éstas puedan realizar de manera separada. Si bien resulta importante conocer los conceptos clave antes desarrollados, debe quedar bien claro que para estudiar un sistema hay que hacerlo desde un punto de vista funcional, desde el comportamiento que demuestra, y que se expresa a través de los cambios que se verifican en sus propiedades o atributos.

La definición de un sistema como *un conjunto organizado de elementos interrelacionados que interactúan entre sí, entre sus atributos y con su ambiente conformando una totalidad, persiguiendo un fin determinado, y teniendo una actuación conjunta superior a la suma de las actuaciones individuales de sus elementos*, está expresando la importancia de la vinculación que se genera entre las partes y el todo.

Con relación a este tema, Ackoff (1994, 2000) plantea que un sistema es un todo compuesto por dos o más elementos que satisface las siguientes cinco condiciones:

- 1) *El conjunto posee uno o más atributos o funciones que lo definen:* la propiedad y característica (atributo) de una computadora es procesar datos para transformarlos en información; la función que define a una escuela es educar personas. Los sistemas al poseer una o más funciones pueden pertenecer, a su vez, a uno o más suprasistemas (que los contienen), desempeñando los roles definidos por esas funciones.
- 2) *En cada conjunto existe un subconjunto de partes que, en uno o más ambientes, son suficientes para realizar y definir sus funciones básicas; pero consideradas por sí solas, esas partes son necesarias pero resultan insuficientes para llevar a cabo las funciones básicas:* los elementos a los que se refiere este punto son aquellas partes *esenciales* del sistema; sin la presencia de una de ellas, el sistema no podría realizar la función que lo define. El dispositivo de entrada, el procesador central, la unidad de almacenamiento, son indispensables, ya que sin ellos una computadora no podría procesar datos. Pero también, la mayoría de los sistemas contienen partes *no esenciales* que pueden afectar su funcionamiento, pero no la función que los define: parlantes, scanner, juegos, no son indispensables pero afectan la utilización que se hace de una computadora.
- 3) *La conducta de cada parte del conjunto tiene un efecto sobre la conducta del todo:* el ejemplo más familiarizado surge del cuerpo humano: cada una de sus partes (corazón, pulmones, estómago, entre otros) puede afectar el comportamiento y las propiedades de todo el organismo. Cada elemento tiene algún efecto sobre el comportamiento del todo. Por eso a la parte del cuerpo que aún no se le ha encontrado tal efecto se lo llama "apéndice", que significa "añadido a" y no "parte de". Los manua-

les de uso y las pantallas protectoras de una computadora no son parte de ella, ya que no intervienen en la realización de sus funciones esenciales.

4) *La manera en que cada parte esencial afecta el comportamiento o las propiedades de un sistema depende, por lo menos, del comportamiento o las propiedades de otra parte esencial del sistema:* cada una de las partes esenciales de un sistema actúa sobre el comportamiento o las propiedades del todo, en función de lo que están haciendo una (al menos) o varias de las otras partes esenciales. Ninguna de las partes esenciales de un sistema tiene un efecto independiente sobre el sistema: el corazón actúa sobre un cuerpo humano dependiendo de cómo estén funcionando los pulmones, los que a su vez dependen de las funciones del corazón, del cerebro y de otras partes. Todas las partes esenciales están conectadas directa o indirectamente e interactúan: pueden encontrarse vínculos entre dos cualquiera de ellas. Es ese accionar interdependiente, su interacción, y no su acción independiente, lo que determina las propiedades y el comportamiento del sistema. En consecuencia, para conocer un sistema es necesario conocer cómo se vinculan (interactúan) sus partes esenciales y cuál es la función que cumple cada parte. Por esta razón, un conjunto de computadoras sin conexión en red no constituye un sistema debido a que entre ellas no hay interacción, aun cuando todas sean parte de una misma organización. En tanto, el teclado y la unidad central de procesamiento de una computadora son esenciales en virtud de su interacción.

5) *El efecto de cualquier subconjunto de partes esenciales sobre el sistema como un todo depende, por lo menos, del comportamiento o las propiedades de otro subconjunto:* de la misma forma que las partes individuales de un sistema, ningún subconjunto de las partes de un sistema ejerce un efecto independiente sobre él. Los subgrupos de elementos de un sistema están interconectados de tal forma que no pueden formarse subgrupos independientes de ellos. Cada subconjunto de partes esenciales de un sistema tiene las mismas propiedades que las partes consideradas en forma individual: cada una puede influir en el comportamiento y las propiedades del todo, pero su efecto depende del comportamiento de otras partes esenciales o sus subconjuntos. Las funciones de producción, compras y comercialización en una empresa interactúan para producir el comportamiento del todo. Si las partes que componen una entidad no interactúan no serán un sistema sino que, simplemente, serán un agregado de elementos.

A través de estas características de los sistemas, puede corroborarse que sus propiedades se derivan de las interacciones de sus partes y no de sus acciones tomadas separadamente. Así, cuando un sistema es desmembrado pierde sus propiedades esenciales, pierden su función los atributos que lo definen, al igual que los de sus partes. Por eso, un sistema es un todo que no puede ser dividido en partes independientes, de lo que se derivan dos de sus propiedades más importantes:

1. *Cada parte de un sistema tiene propiedades que se pierden cuando se separan del sistema.*
2. *Cada sistema tiene algunas propiedades, esenciales, que no tiene ninguna de sus partes.*

Cuando un sistema se desarma, pierde las propiedades esenciales que lo definen. Cuando se desarma una computadora, aun cuando sus piezas se guarden en una misma caja, deja de procesar datos, deja de ser una computadora: sólo lo es, el producto de las interacciones de esas partes.

Además, cuando un sistema se separa en partes, también sus elementos esenciales pierden los atributos o funciones que los definen: cuando de una computadora se extrae su unidad central de procesamiento, ésta pierde su propiedad esencial, independientemente de lo importante que resulte en el funcionamiento de la computadora. Cuando un órgano es removido del cuerpo de una persona, no continúa operando como lo hacía cuando formaba parte de él. Por el contrario, son las personas las que pueden correr, pensar, tocar el piano, leer y hacer muchas otras cosas más que ninguna de sus partes puede realizar por sí sola. Ninguna parte del ser humano es un ser humano, sólo lo es el todo.

Por último, ninguna parte de un sistema puede cumplir por sí sola con las funciones que definen al sistema, ninguna parte puede cumplir con la función de la totalidad. Ningún componente de una computadora por sí solo, puede procesar datos.

De acuerdo con estas características, un sistema es un todo que debe ser comprendido como tal, y que cuando se lo divide en partes independientes, sufre la pérdida de sus propiedades o funciones esenciales, por lo que las metodologías clásicas de estudio de sistemas fundadas en el análisis, que principalmente se basan en la partición del conjunto, se consideran incompletas al momento de realizar un estudio de sistemas, porque carecen de la concepción integradora del conjunto que están estudiando. Este es el fundamento por el cual es necesario explicitar antes del análisis, la comprensión de todo el sistema como un conjunto completo y único, confeccionando una síntesis que operará como continente y

marco referencial de todo el trabajo de análisis y diseño posterior, tal como se verá en el capítulo dedicado específicamente al estudio de sistemas.

DIFERENTES TIPOS DE SISTEMAS

Dentro de los numerosos y diferentes tipos de sistemas que existen, se tomarán aquellos que más estrechamente se relacionan con los temas organizacionales que posteriormente se tratarán.

Sistemas abiertos y sistemas cerrados

Los *sistemas abiertos* son aquellos que tienen ambiente y que con él intercambian, regularmente, información, materiales y energía. Tienen la característica de adaptarse a los cambios que se producen en su ambiente: se ajustan a sus modificaciones con el fin de preservar su existencia. Ejemplos de sistemas abiertos son los sistemas vivientes, como el hombre y los sistemas organizacionales. Estos sistemas poseen la capacidad de "auto-organizarse" adaptando su estructura y organización a los cambios externos, a partir del ciclo continuo de entrada-transformación-salida-retroalimentación, porque la experiencia recogida en un ciclo influye en los próximos. Son sistemas que a partir del mecanismo de respuesta y adaptación al medio ambiente que se conoce como *homeostasis*, funcionan en un estado de *equilibrio dinámico*.

En el caso que el sistema perdiera esa capacidad de ajuste dinámico y permanente a los efectos del cambio del medio ambiente, cesaría la tendencia a la supervivencia dinámica y esto conduciría a un proceso de *entropía*, que lo desorganizaría y deterioraría, pudiendo acabar con su vida.

Por el contrario, los *sistemas cerrados* no tienen ambiente: son herméticos a cualquier influencia ambiental, autocontenidos, no interactúan con el medio ambiente por lo cual no lo influyen ni son influidos por él. Una reacción química desarrollada en un crisol cerrado y sellado es un ejemplo de sistema cerrado. Se mueven hacia un estado estático de equilibrio, que depende únicamente de las condiciones iniciales del sistema; si éstas cambian, cambiará el estado estable final. La tendencia natural en un sistema cerrado es hacia la entropía, ya que no existen las entradas desde el ambiente que fomenten la adaptación.

En las organizaciones y en su sistema administrativo y de información existen sistemas relativamente aislados del medio ambiente, pero no puede de-

cirse que sean absolutamente cerrados. En estos casos, más apropiado que el concepto de sistemas abiertos y cerrados resulta el de *sistemas más o menos permeables*, que refleja mejor el grado de relación o de intercambio de energía o información entre el sistema y el medio ambiente.

Sistemas predictibles y sistemas probabilísticos

Cuando un sistema trabaja de una manera predecible, cuando la interacción de sus elementos se conoce con certeza y cuando su evolución puede determinarse con precisión a partir del conocimiento de su estado actual y de sus operaciones, se dice que el sistema es *predictible*. En éstos, cualquier estado futuro que ellos adopten, se puede precisar con antelación y sin riesgo a equivocaciones. El ejemplo más concreto está representado por los programas de computación armados de acuerdo con instrucciones precisas y detalladas.

En cambio, en un sistema *probabilístico* no se conoce con certeza su comportamiento, lo que implica que haya que estudiarlo en función de su actuación probable asumiendo, por esto, un cierto nivel de error vinculado con la estimación de su desenvolvimiento. Un sistema de determinación de ventas futuras es un sistema probabilístico.

Sistemas hombre-máquina

El concepto de un sistema hombre-máquina implica que en el cumplimiento de un objetivo algunas tareas son ejecutadas por máquinas y otras son realizadas por hombres. Más adelante se explicará que los sistemas de información son, generalmente, sistemas hombre-máquina, en los que los componentes de las máquinas (unidad de procesamiento, *software*) se pueden asimilar a sistemas relativamente cerrados y predictibles, en tanto que los componentes humanos se asimilan a sistemas abiertos y probabilísticos. Por ejemplo, en los procesos de toma de decisiones tanto un componente como otro pueden tener distinto grado de participación, de acuerdo a qué tipo de decisión es la que se está tomando (programada o no programada).

Sistemas con propósitos y sistemas sin propósitos

Clasificar a los sistemas por *propósitos* implica considerar si en dos o más ambientes el sistema tiene libertad de elección tanto de *medios* como de *fines*. Pero además de considerar si el sistema tiene o no propósitos propios,

también debe definirse si sus partes, consideradas en forma independiente, tienen sus propósitos propios. De esta manera pueden distinguirse cuatro diferentes tipos y modelos de sistemas, tal como se observan en el cuadro 2.1 (Ackoff, 2000):

Sistemas y modelos	Las partes	El todo
Determinista	Sin propósito	Sin propósito
Animado	Sin propósito	Con propósito
Social	Con propósito	Con propósito
Ecológico	Con propósito	Sin propósito

Cuadro 2.1: Tipos de sistemas y modelos

Sistemas deterministas

Al carecer tanto el todo como sus partes de propósitos, son sistemas cuyo comportamiento está determinado; los elementos mecánicos son los ejemplos más claros: aviones; computadoras; heladeras. Su función es prestar un servicio a sus creadores, usuarios o controladores. Pueden ser abiertos o cerrados.

Una computadora que forma parte del sistema de información de una organización, es un sistema abierto determinista que colabora con el desempeño de la función del sistema que la contiene.

Sistemas animados

Son los que como totalidad poseen propósitos propios, pero no así sus partes consideradas individualmente. El hombre y los animales son ejemplos de *sistemas animados* que presentan propósitos tales como la supervivencia, y que a su vez están formados por partes (órganos) que si bien realizan funciones importantes para que el sistema alcance sus objetivos, carecen de propósitos propios. Todos los sistemas animados son sistemas vivientes, pero no todos los sistemas vivientes son sistemas animados: las plantas pueden ajustar su desarrollo a los cambios del medio ambiente, pero no pueden tomar decisiones ya que sus reacciones están determinadas.

Sistemas sociales

Empresas, hospitales, universidades, son sistemas sociales que tienen propósitos propios, y están formados por partes (que pueden ser tanto otros sistemas sociales como también sistemas animados) que también tienen propósitos propios; estos sistemas también contienen sistemas deterministas, como en el caso de las organizaciones donde se encuentran tanto máquinas como hombres. Normalmente, los sistemas sociales (*o sociosistemas*) forman parte, a su vez, de sistemas sociales mayores que contienen también a otros sistemas sociales.

Sistemas ecológicos

Los sistemas ecológicos no poseen propósitos propios, como por ejemplo la naturaleza, pero como contienen sistemas deterministas, animados y sociales, algunas de sus partes sí poseen propósitos propios, con los que el sistema ecológico colabora en su consecución.

Los sistemas ecológicos pueden verse afectados por el comportamiento de los sistemas animados y sociales, si bien los efectos de esa intervención no pueden elegirse, puesto que afectarán al sistema ecológico de una manera determinada.