

3<sup>ra</sup> EDICION, 1996  
Revisada y Corregida

# Desarrollo de Sistemas de Información

## Una Visión Práctica

Un nuevo enfoque sobre el desarrollo administrativo y computacional de Sistemas de Información



La técnica de desarrollo por prototipos y los lenguajes de Cuarta Generación

Juan Bravo C.

## Juan Bravo Carrasco

Es consultor de empresas y en esa labor ha trabajado con destacadas organizaciones: Termosistema, Aquacultivos, Integramédica, Nicoletti Comunicaciones, NCR de Chile (actualmente AT&T), Tecnoropa, Cía Minera del Pacífico, Agencia de Aduanas Jorge Stein, Sodimac, XYPOST y Editorial Televisa Chile, entre otras. Se tituló de Ingeniero de Sistemas en la Universidad Técnica Federico Santa María; ha sido profesor en la Universidad de Chile y en la misma Universidad Santa María; es creador de una herramienta CASE y autor de conocidos libros, tales como "Desarrollo de sistemas de información, una visión práctica" y "Reingeniería de negocios".

"El objetivo de este libro es servir de guía práctica en el desarrollo y en la mantención de sistemas de información orientados a empresas".

"Está especialmente dirigido a todos quienes laboran en el área de informática, y que podrían hacer uso de las materias prácticas, que buscan mejorar el rendimiento, mediante la aplicación de pautas simples y lógicas, donde el criterio predomina sobre la reglamentación. También se orienta este libro a estudiantes de carreras del área de computación e informática, quienes podrán ver facilitado su aprendizaje al enfrentarse con metodologías y ejemplos concretos, sobre la base de una visión de conjunto del desarrollo de sistemas de información. Este libro también será útil a analistas de organización y métodos o de procedimientos administrativos, quienes no necesariamente utilizan computador; para ellos podría ser interesante la lectura de los capítulos primero, segundo y quinto, sobre Teoría de Sistemas, Desarrollo Administrativo de Sistemas de Información y Lenguajes de Cuarta Generación, respectivamente. Por lo anterior, el libro podría ser de gran ayuda para académicos de las áreas mencionadas".



Editorial Evolución S.A.



# I. TEORIA DE SISTEMAS Y CIBERNETICA

La extraordinaria importancia conceptual que la Teoría de Sistemas y la Cibernética tienen sobre el desarrollo de sistemas, como así también la necesidad de presentar una visión de conjunto en el estudio de los Sistemas de Información, justifican la incorporación de esta materia, aunque en forma necesariamente breve, con el fin de mantener la orientación práctica del libro. No obstante, la simplificación de una materia conceptualmente compleja tiene el riesgo de confundir a los lectores sobre su verdadero alcance. Para evitarlo, el autor ruega tomar con cuidado las materias tratadas, porque representan sólo una ventana abierta a nuevos y apasionantes temas. En cualquier caso, el lector encontrará en la bibliografía material para profundizar las materias de su interés.

Justo es reconocer que la particular motivación del autor por este tema proviene de los profesores señores Raúl Hernández y Daimo Sánchez en sus cursos de Teoría de Sistemas y de Teoría de la Información, respectivamente, ambos dictados en la Universidad Técnica Federico Santa María, durante los años 1976 y 1977. Así también, influyen las ayudantías en las que tuvo el honor de desempeñarse, tanto en la misma Universidad Santa María, precisamente en "Teoría de sistemas", como en la Universidad Católica de Valparaíso.

No existe una definición generalmente aceptada para un "sistema". Habitualmente se lo entiende en dos aspectos: orientado al exterior en cuanto se encuentra situado en un medio donde debe interactuar con otros sistemas de su nivel y con sistemas mayores de los que forma parte, y orientado a su interior, al definirlo como el conjunto de dos o más elementos que interactúan entre sí. Todo lo que nos rodea podría ser considerado como un sistema, donde sus límites dependen del observador y los propósitos que éste tenga. Por ejemplo, para un observador, un sistema podría corresponder a una pelota que rueda, para otro observador el sistema podría ser mucho más complejo si incluyera al niño que hace rodar la pelota.

En lo que sigue se estudian los siguientes temas:

- Introducción a la teoría general de sistemas.
- Clasificaciones de sistemas.
- Cibernética.
- Ideas extraídas de la Teoría de Sistemas y Cibernética aplicadas a la administración de empresas.

## 1.1. INTRODUCCION A LA TEORIA GENERAL DE SISTEMAS

La Teoría General de Sistemas trata de ver el conjunto antes que las partes —síntesis—, sus interrelaciones antes que el análisis de cada elemento y trata de reconocer los objetivos del sistema. Se estudian los sistemas en su interacción con el medio, sobre la base de un comportamiento aleatorio cuando el sistema no es predecible.

Por ejemplo, en un sistema compuesto por un niño y su auto de juguete, no es posible determinar la dirección del juguete cuando el niño lo lance, sólo podría estimarse en términos probabilísticos; en cambio, si el sistema es una puerta que se abre al girar la manilla entonces se trata de un sistema predecible, pues el movimiento de girar la manilla debe dar origen a que la puerta se abra —no obstante que otros elementos podrían impedirlo, como una silla tras la puerta o el atascamiento de la misma, pero entonces estaríamos en presencia de otro sistema porque interactúan otros elementos.

La Teoría General de Sistemas abarca un campo de acción muy amplio, incluyendo sistemas naturales, técnicos, sociales y de toda otra índole; para su estudio hace uso de variadas herramientas conceptuales, como las siguientes:

- Isomorfismo y Homomorfismo.
- Caja negra.
- Homeóstasis.
- Autorregulación.
- Realimentación.
- Recursividad.
- Sinergia.
- Entropía.

Las cuales se describen a continuación:

### 1.1.1. ISOMORFISMO Y HOMOMORFISMO

*Isomórfico significa: con una forma similar* y se refiere a la construcción de modelos de sistemas, sobre todo de carácter matemático, de tal forma que la representación algebraica permita predecir el comportamiento del sistema. Es el caso de fórmulas físicas simples, como la velocidad o aceleración de un cuerpo, donde el resultado del modelo coincide con la realidad. Un corazón artificial también es isomórfico respecto al órgano real: este modelo podría servir como elemento de estudio para extraer conclusiones aplicables al corazón original o, como ha venido sucediendo, los órganos artificiales podrían reemplazar, en el cuerpo humano, a los órganos propios.

El concepto de *homomorfismo* se aplica, en contraposición al de isomorfismo, cuando el modelo del sistema ya no es similar, sino una representación donde se ha efectuado una reducción de muchas a una. Es una simplificación del objeto real donde se obtiene un modelo cuyos resultados ya no coinciden con la realidad, excepto en términos probabilísticos, siendo éste uno de los principales objetivos del modelo homomórfico: obtener resultados probables. La aplicación de este tipo de modelos se orienta a sistemas muy complejos y probabilísticos, como la construcción de un modelo de la economía de un país o la simulación del funcionamiento de una empresa en su interacción con el medio, ejemplos que podrían ser también considerados como cajas negras.

### 1.1.2. CAJA NEGRA

Corresponde a una forma de estudiar sistemas con elementos e interacciones muy difíciles de conocer y con un comportamiento solamente predecible en términos probabilísticos.

La forma de abordar estos sistemas será *observando sus entradas y salidas para determinar qué estímulos en las variables de entrada producen cambios en las variables de salida. Se sugiere que de esta manera sería posible construir un modelo matemático del sistema con el fin de*

*predecir, en términos probabilísticos, su comportamiento.* Un ejemplo de la aplicación de caja negra lo constituye la economía de un país, donde es difícil identificar todos los elementos y, más aún, las interacciones entre ellos; entonces, en base a la observación del comportamiento histórico del sistema, se construiría un modelo matemático, con el cual sería posible determinar, por ejemplo, cómo afecta a la inflación —una salida— el aumento de la tasa de endeudamiento externo —una entrada—.

Más formalmente, sistemas de extrema complejidad, probabilistas y autorregulados —como el cuerpo humano, la economía de un país, una empresa, o el tráfico de vehículos en una gran ciudad— son, por definición, indescriptibles y se denominan viables. Así, una caja negra será homomórfica con un sistema viable, porque para construir el modelo se requiere de una transformación de muchas a una, sin que el sistema pierda su indescriptibilidad.

Los sistemas de control para sistemas viables —podrían ser un resultado del estudio con cajas negras— deberían tener una variedad (muchas posibilidades de entrada y salida) compatible con la del ambiente, porque podría suceder, al realizar una transformación de muchas a una, que se desarrollen sistemas de control para el modelo construido, pero no aptos para operar con el sistema real. Por ejemplo, si el modelo de la economía de un país se simplifica demasiado, podría ocurrir que al intentar aplicar a la economía verdadera un conjunto de medidas que permitan reducir el desempleo, éstas no den el resultado esperado, a pesar de su buen funcionamiento en el modelo.

La forma de reducir la variedad para realizar una transformación de muchas a una es dándose reglas lógicas. Por ejemplo, en el sistema de tránsito urbano, definir que el tráfico vehicular será siempre en un solo sentido es un homomorfismo del sistema real. Esto no es tan arbitrario si se analizan sistemas naturales, con condiciones autoorganizativas que les permiten, en forma inconsciente, darse reglas lógicas; por ejemplo, no existen normas para el tráfico peatonal en el Paseo Ahumada, sin embargo, se podrá observar a las personas moverse en un cierto orden, en filas indias y reservando “franjas” para el movimiento en sentido contrario.

### 1.1.3. HOMEÓSTASIS

Un sistema homeostático es aquel que no cambia en el tiempo, pero en el cual cambian sus componentes y el ambiente donde se encuentra. En otras palabras, *es un sistema estático con componentes y entornos dinámicos, que mantiene su estado constante en un entorno cambiante a través de ajustes internos.* Existen muchos ejemplos de este tipo de sistema: una oficina que mantiene la temperatura constante a pesar de los cambios externos gracias a un termostato que aumenta el paso del frío cuando aumenta el calor o viceversa, lo mismo ocurre con sistemas mucho más sofisticados, como el cuerpo humano, donde se pone en marcha una serie de mecanismos internos para mantener constante la temperatura interna cada vez que la temperatura externa aumenta o disminuye. También es un sistema homeostático la economía libre de un país, donde las fuerzas del mercado tenderán a mantener un equilibrio en los precios, porque ante el aumento en el precio de un producto se hace atractivo producir más, lo cual incrementará la oferta y debería llevar el precio a un nuevo punto de equilibrio. Queda así de manifiesto una gran actividad de autorregulación al interior del sistema.

### 1.1.4. AUTORREGULACIÓN

Se refiere a las tareas de ajuste que realizan algunos elementos del sistema para

mantener constante su estado interno. Normalmente corresponde, en la naturaleza, a un punto de equilibrio abstracto al cual se tiende pero nunca se llega —en nuestro cuerpo están siempre actuando, a veces en mínima proporción, los mecanismos para mantener constante la temperatura— y, en sistemas construidos por el hombre, *hay dispositivos que están en permanente funcionamiento para lograr el equilibrio deseado* —como la antigua lámpara de acetileno, donde se fabricaba acetileno haciendo gotear agua sobre carburo de calcio sólido. Ahí, existía el siguiente sistema autorregulado: el agua gotea por un tubo hacia el interior del recipiente con carburo de calcio, donde la velocidad de entrada del agua queda automáticamente regulada por la presión del gas de acetileno, si entra demasiada agua, aumenta la cantidad de gas generado y la presión sube, lo que evita la entrada de más agua— y *otros que mantienen el estado de un sistema entre ciertos límites* —en centros computacionales con equipos muy sensibles se instalan sistemas de regulación de temperatura que entran en acción cuando la temperatura sale del rango más conveniente para los equipos—. Obsérvese que, en todos los casos, *el propio sistema realiza las correcciones necesarias para mantenerse en el estado deseado, de acuerdo con la variación de elementos externos.*

### 1.1.5. REALIMENTACIÓN

Puede ser de dos tipos, negativa o positiva. *Es negativa, como en los ejemplos anteriores, cuando los mecanismos de ajuste interno actúan en forma inversamente proporcional al estímulo externo* y las correcciones tienden a mantener el sistema en el estado deseado. Por ejemplo, si aumenta la temperatura externa comienza a funcionar un mecanismo que genera frío para bajarla, o viceversa. *Es positiva, cuando los mecanismos de ajuste interno actúan en forma directamente proporcional al estímulo externo*; es el caso del sistema de frenos de un vehículo, en el cual, al pisar el freno —estímulo externo— el sistema aumenta significativamente la fuerza que aplica el agente externo para detener el vehículo.

Como se observa en la figura 1.1., en el caso de realimentación negativa, cuando se produce un estímulo A (aumento de temperatura) el detector lo mide contra su patrón dinámico de equilibrio —por ejemplo, la temperatura en 21 grados Celsius—. La diferencia es el error, y dará la magnitud de la contramedida a aplicar (producir frío para bajar la temperatura ambiente), lo cual afectará al medio y será detectado como un nuevo estímulo A, generándose la consiguiente contramedida, hasta ir logrando el equilibrio.

En el caso de la realimentación positiva (ver figura 1.1.), el estímulo A es detectado y amplificado produciendo una salida B que afectará el medio y al estímulo A, lo cual estimulará las variables del sistema a aumentar todavía más el efecto final.

Un aspecto interesante de estudiar es cómo se presenta la realimentación en el desarrollo de sistemas de Información. Aquí la posibilidad más común de realimentación es respecto a la etapa precedente. Esto significa que una corrección sobre una etapa podrá generar un cambio sobre la etapa anterior, lo que a su vez podría generar nuevas correcciones en la etapa actual. En la práctica, esto significa no temer devolverse hacia etapas anteriores para hacer las correcciones que sean necesarias en pro de obtener un buen sistema, aunque lo habitual es que la realimentación sea mínima cuando cada etapa ha sido bien desarrollada.

Por ejemplo, en la etapa de programación de un sistema, se observa que es más eficiente el trabajo con archivos secuenciales, en lugar de indexados; se estudia la modificación y se resuelve materializarla rediseñando el sistema bajo esta otra forma de organización de archivos, cambiando las especificaciones de programas y, por ende, la programación. Obsérvese cómo el cambio en la etapa de programación

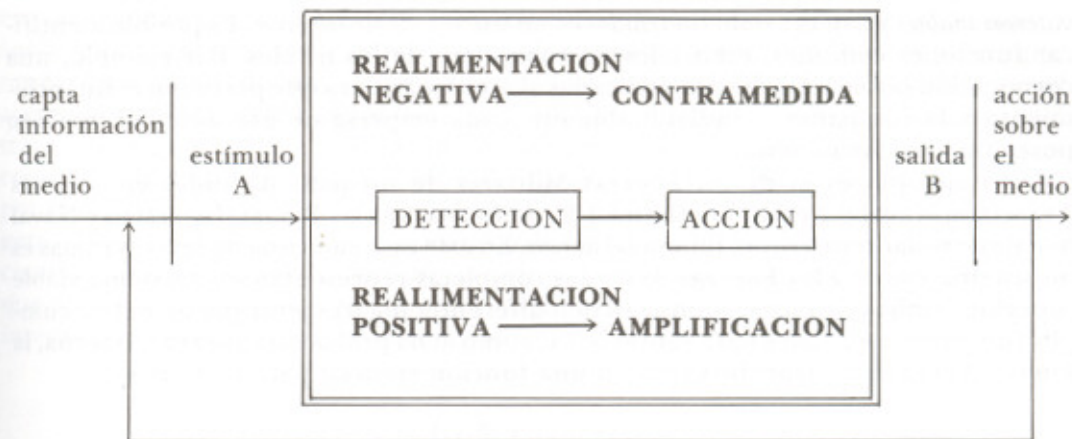


Figura 1.1. Gráfico de realimentación negativa y positiva.

obligó a correcciones sobre la etapa de diseño físico, las cuales generaron, a su vez, nuevas correcciones sobre la etapa de programación.

La realimentación puede darse respecto a cualquier etapa anterior, no obstante, existen posibilidades más habituales, como las siguientes:

**Diseño lógico a diagnóstico.** En la etapa de diseño lógico, se pone en evidencia que la descripción de la situación administrativa realizada en la etapa de diagnóstico no es correcta, lo cual podría haber llevado a una definición equivocada del problema; por lo tanto, sería necesario introducir correcciones en el diagnóstico, lo cual podría a su vez generar modificaciones y, eventualmente, hasta la cancelación del proyecto.

**Diseño físico a factibilidad.** En la etapa de diseño físico, se descubre que, para terminar el proyecto, se requiere de tecnologías muy complejas, los plazos serán muy largos o los costos muy altos. Esto significa que el estudio de factibilidad no fue debidamente acabado o ha variado el ambiente, lo que podría exigir tomar otra alternativa o rehacer la etapa de factibilidad. Resulta evidente que podrían haber cambios notables en las siguientes etapas o llegar también hasta la cancelación del proyecto en desarrollo.

**Implementación a diseño físico.** En la etapa de implementación, al probar el sistema o al observar su funcionamiento en paralelo, se aprecian deficiencias o exceso de complejidad, producto de fallas en el diseño global del sistema o en la especificación de programas. Esto significa corregir el diseño físico del sistema, con los consiguientes cambios sobre la programación e implementación.

En estos casos y en otros que el analista vislumbre, se refleja claramente la realimentación de las etapas de la metodología, aunque en la práctica esto no es lo usual, sino más bien las pequeñas correcciones que se van realizando sobre etapas anteriores y que pueden ser minimizadas si el analista a cargo del proyecto está en permanente contacto con el medio donde será implementado el sistema y si puede dividir los proyectos grandes en subproyectos que se construyan e implementen de a uno a la vez.

#### 1.1.6. RECURSIVIDAD

Se refiere a sistemas viables —capaces de adaptarse y sobrevivir—, los cuales contienen otros

sistemas viables y a su vez están contenidos en un sistema viable superior. Es posible identificar funciones comunes, esenciales en cualquiera de los niveles. Por ejemplo, una corporación posee subsidiarias dedicadas al área financiera que permiten el financiamiento a la compañía e, individualmente, cada empresa de esa sociedad también posee un área financiera.

Otro ejemplo es el de las Fuerzas Militares de un país, divididas en Fuerzas Terrestre, Naval y Aérea, ver figura 1.2., pero a su vez las Ramas Terrestre y Naval han desarrollado su propio potencial aéreo. En este caso cada una de las tres ramas es un sistema viable y las Fuerzas Armadas completas representan otro sistema viable superior. Ambos sistemas, aunque tienen diferentes lugares jerárquicos, deben cumplir funciones esenciales para sobrevivir y, como lo ha probado la guerra moderna, la Fuerza Aérea se ha transformado en una función esencial para la defensa.

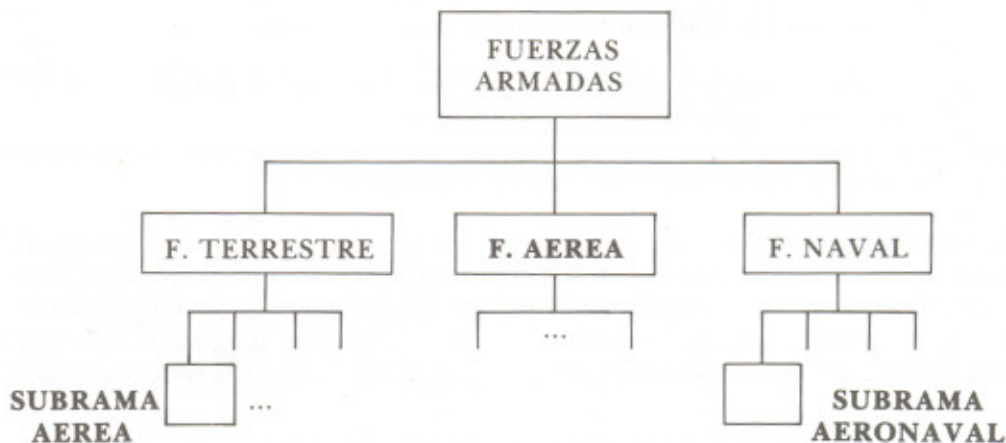


Figura 1.2. Ejemplo de recursividad en las Fuerzas Armadas.

### 1.1.7. SINERGÍA

Este concepto dice que *el todo es diferente (normalmente mayor) a la suma de las partes*. En un ambiente social significa que la suma de las conductas individuales no es igual a la conducta colectiva. En administración se habla del "principio de  $2+2=5$ ", el cual plantea que si se maximizan los objetivos de cada área de la empresa (ventas, producción, financiamiento, etc....) y se suman estos máximos, no se obtendrá una maximización de los objetivos de la empresa; la única forma de conseguirlo sería a través de la coordinación e interacción de las partes en pro del objetivo común. *Esta es la clave sinérgica: la interacción*. Así, no sería sinérgico un conglomerado —O. Johansen utiliza este término en contraposición al de sistema, para identificar grupos de elementos que no interactúan entre sí, aun cuando los elementos de este conglomerado podrían ser sistemas—. Por ejemplo, la reunión casual de un grupo de personas esperando locomoción en una esquina, no representa mayores interrelaciones entre ellas, a menos que un elemento externo haga cambiar la condición del conglomerado para transformarlo en un sistema. En el ejemplo, un accidente ocurrido en la esquina podría producir que las personas se unieran, conversaran y se coordinaran para ayudar, transformándose así todos ellos, en un sistema con propósito.

En el caso de un simple conglomerado, es posible predecir su comportamiento observando algunas de sus partes —las personas que esperan locomoción en la



esquina, mantienen un patrón de comportamiento similar—. Sin embargo, *cuando se habla de un sistema sinérgico, la observación de alguna de sus partes no permitirá proyectar el comportamiento del sistema* —cuando las personas se coordinan para ayudar en el accidente, podría verse a alguna de ellas llamar por teléfono, a otra, tratar de evitar el tráfico de vehículos por el lugar del accidente y así, todas con tareas mutuamente complementarias, lo cual haría imposible proyectar el comportamiento del sistema por la simple observación de algunas de las tareas individuales—. El concepto sinérgico lleva a una nueva forma de estudio de sistemas, diferente al método deductivo científico, el cual pretende conocer el conjunto estudiando sus partes —análisis—. Lo que ahora se plantea es el estudio del conjunto en su relación con el medio y luego intentar describir sus partes —síntesis—.

### 1.1.8. ENTROPÍA

Se ha mencionado que *los sistemas viables son capaces de adaptarse y sobrevivir. Podría agregarse que importan del medio lo necesario para sobrevivir y exportan una cantidad de energía un poco menor que la importada porque, en el proceso de transformación desde entrada a salida, parte de la energía se ocupó en la organización del sistema, en mantener unidas sus partes*. Esto lo mediría la entropía, que en física es una medida de desorganización correspondiente a la incesante pérdida de energía al interior del sistema.

De acuerdo con este concepto, los sistemas cerrados —que no interactúan con el medio— poseen una pérdida constante de energía que los lleva a su destrucción o, más específicamente, de vuelta al estado natural de los componentes del sistema. Un ladrillo y una pirámide poseen un destino similar: el primero se transformará en arcilla y la segunda en piedras, sólo es cuestión de tiempo, esto en el corto plazo —talvez unos cuantos miles de años— porque en el largo plazo debería darse la transformación de los elementos —un átomo cambiará sus propiedades cuando le falte energía para mantener el “orden”—.

*En contraposición al concepto de entropía está el de NEGUENTROPÍA o entropía negativa, el cual postula que algunos sistemas viables son cada día más organizados y capaces de sobrevivir, producto del uso de energía importada del medio para asegurar la unión de los elementos*. Considérese el caso de una empresa que comenzó sus operaciones hace pocos años y le ha ido bien. Lógicamente, los ejecutivos tenderán a invertir para mantener lo conseguido y para producir más eficientemente —adquirir maquinarias modernas, un computador, contratar especialistas en diferentes áreas, implementar mecanismos de control, etc. ... —, lo cual es una política habitual de ir consolidando posiciones, vía organizarse cada vez mejor, para crear bases sólidas desde donde seguir proyectando el crecimiento.