

CAPITULO 9

Sistema Cerrado y Abierto

Introducción

En las distintas formas de clasificación de los sistemas, encontramos una que está relacionada con su funcionamiento. En este caso se habla de sistemas abiertos y cerrados. Los conceptos de sistemas abierto y cerrado introducen una diferenciación muy importante entre ellos. El lector sin duda recordará que el concepto de "contexto" que se introdujo en el capítulo 7 (Sistema y Contexto), permitía seleccionar todos los sistemas que el observador decide estén fuera de su alcance o control (fuera de su frontera). Un sistema cerrado es un sistema que no tiene contexto - es decir, no hay sistemas externos que lo perturben - o a través del cual ningún sistema externo será considerado. Un sistema abierto es aquel que posee contexto; es decir, posee otros sistemas con los cuales se relaciona, intercambia y comunica. Como se notará posteriormente en este capítulo, la distinción entre sistemas abierto y cerrado, es fundamental para la comprensión de los principios básicos de la teoría general de sistemas. Cualquier consideración de sistemas abiertos o de sistemas cerrados, en los que pasa inadvertido o no se considera la influencia del contexto, trae consigo errores de evaluación que deben comprenderse totalmente.

Si bien es cierto que todos los estudiosos de sistemas están de acuerdo con esta división e, incluso, con estos nombres, no todos concuerdan en la definición de ellos. Por ejemplo, Forrester, define como sistema cerrado a aquél cuya corriente de salida, es decir, su producto, modifica su corriente de entrada, es decir, sus insumos. Un sistema abierto es aquél cuya corriente de salida no modifica a la corriente de entrada. Un ejemplo del primer paso lo tenemos en el sistema de calefacción en que la corriente de salida, calor, modifica la información que recibe el regulador del sistema, el termostato. Un ejemplo del segundo sistema (sistema abierto) sería un estanque de agua, en

el que la salida de agua no tiene relación directa con la entrada de agua al estanque. Se puede observar que Forrester, cuando habla de sistema cerrado, tienen en mente un sistema con circuito cerrado.

Sin embargo, la mayoría de los autores y estudiosos de la Teoría General de Sistemas aceptan características enunciadas por von Bertalanffy (que fue el creador de la Teoría del Sistema Abierto) que señalan que un sistema cerrado es aquel que no intercambia energía con su medio (ya sea de importación o exportación) y el sistema abierto es el que transa con su medio.

Finalmente V. L. Parsegian, define un sistema abierto como aquel en que:

- Existe un intercambio de energía y de información entre el subsistema (sistema) y su medio o entorno.
- El intercambio es de tal naturaleza que logra mantener alguna forma de equilibrio continuo (o estado permanente) y
- Las relaciones con el entorno son tales que admiten cambios y adaptaciones.

Todos los sistemas vivientes son sistemas abiertos. Los sistemas no vivientes son sistemas cerrados.

Para los efectos de este y los siguientes capítulos de este libro, cuando nos referimos a sistema general, estamos pensando en sistemas dinámicos abiertos, tal como fueron definidos anteriormente. Cuando deseemos referirnos a un sistema cerrado, lo diremos expresamente.

Sistemas cerrados

Los “Sistemas cerrados”, son aquellos que no presentan intercambio con el medio ambiente que los rodea (contexto), son herméticos a cualquier influencia ambiental. No reciben ningún recurso externo y nada producen que sea enviado hacia fuera. En rigor, no existen sistemas cerrados. Se da el nombre de sistema cerrado a aquellos sistemas cuyo comportamiento es determinístico y programado y que opera con muy pequeño intercambio de energía y materia con el ambiente.

Se aplica el término de sistemas cerrados a los sistemas completamente estructurados, donde los elementos y relaciones se combinan de una manera peculiar y rígida produciendo una salida invariable, como las máquinas.

Esto significa que en un sistema cerrado, el estado final hacia el que el sistema evoluciona inexorablemente y el tiempo que tarda en alcanzarlo están unívocamente determinados por las condiciones iniciales. La estructura y la dinámica del sistema se encargan del resto; por ejemplo, la posición de los planetas en un instante dado determina de forma unívoca la posición de los mismos en todo instante posterior y, no solo eso, también permite conocer la posición en los instantes anteriores: para algunos de estos sistemas la flecha del tiempo es reversible.

Por lo tanto podemos decir que un sistema es cerrado cuando no intercambia energía ni información con su medio, aunque pueda experimentar toda clase de cambios, es decir, el sistema se encuentra totalmente aislado, como podría ser el caso del universo total (en la medida que no exista o no tenga sentido algo "exterior" al universo).

Sobre esta base Parsegian concluye señalando que "no existe tal cosa denominada un verdadero sistema cerrado o aislado". Sin embargo, continúa este autor, el término es a veces aplicado a sistemas muy limitados que ejecutan sus funciones de una manera fija, sin variaciones, como sería el sistema mecánico que gobierna a una máquina y que simplemente actúa para mantener la velocidad rotacional de una rueda dentro de ciertos valores dados.

Sistemas abiertos

Para nosotros y para los efectos de este libro, entenderemos por un sistema abierto, simplemente, aquel que interactúa con su contexto, ya sea importando o exportando energía por sus propios medios. Esta definición está contenida ya en las características de un sistema abierto indicadas por Parsegian, sin embargo existe una diferencia fundamental, en el sentido de que el sistema abierto debe estar condicionado de tal modo que sea él quien ejecute estas transacciones. Así, si pensamos en un motor de automóvil, para Parsegian éste sería un sistema abierto, pues existe un intercambio de energía y de información (el combustible como energía de entrada y el movimiento como

energía de salida). Sin embargo, dentro de nuestra concepción de sistema abierto éste no sería tal, ya que el sistema (el motor) es incapaz por sus propios medios de aportar la gasolina. Diferente es el caso de un sistema compuesto por el auto y su chofer (digamos un taxi). En este caso el sistema, con su esfuerzo, cambia la corriente de salida por corriente de entrada; con el producto del servicio que entrega el sistema taxi se provee de las energías necesarias para su permanencia y supervivencia (la incorporación de combustible por parte del chofer).

Otro ejemplo típico de sistema abierto es el hombre, ya que para mantener sus funciones y su crecimiento, su adaptabilidad debe ser energizada por corrientes del medio (oxígeno, alimento, bebida, etc.), que son externas al sistema mismo. Un ejemplo típico de este sistema abierto es el que se emplea para controlar la temperatura de una pieza, en el sentido que, para mantener sus funciones, tanto el termostato, el motor y los generadores deben ser energizados por corrientes eléctricas u otras fuentes de energía que son externas al sistema mismo

Así, un sistema abierto lo definiremos como aquel sistema que interactúa con su medio, importando energía por sus propios medios, transformando de alguna forma esa energía y finalmente exportando la energía convertida. Un sistema será cerrado cuando no es capaz de llevar a cabo esta actividad por su cuenta.

De acuerdo con estas definiciones, en general, todos los sistemas vivos (plantas, insectos, células, animales, hombres, grupos sociales, Organizaciones, etc.) son sistemas abiertos, mientras que los sistemas físicos (máquinas, minerales, y en general, objetos que no contienen materias vivas) son considerados sistemas cerrados.

Si bien los sistemas vivos son sistemas abiertos y las máquinas son sistemas cerrados, los sistemas creados por el hombre pueden tener componentes de uno y otro tipo. Pero lo importante para definir si son cerrados o abiertos, es su capacidad de importar del contexto y por sus propios medios, la energía necesaria para su supervivencia.

En general, las principales características de un sistema (abierto) son su:

- Corriente de entrada
- Su proceso de conversión
- Su corriente de salida, y
- como elemento de control la comunicación de retroalimentación.

Las corrientes de entrada

Hemos indicado ya que, para que los sistemas abiertos puedan funcionar, deben importar por sus propios medios, los recursos necesarios para su supervivencia. Así, por ejemplo, el ser humano, para sobrevivir y funcionar, está importando constantemente un número de elementos de su medio: el aire

le entrega el oxígeno necesario para el funcionamiento de su organismo; los alimentos (líquidos y sólidos) que son indispensables para mantenerse; etc. etc. Las plantas "importan" la energía

solar que llega a sus hojas y así sobreviven; un sistema industrial compra recursos materiales (materias primas), recursos financieros, recursos humanos, equipos, energía eléctrica, gas, etcétera.

En síntesis podemos decir, que los sistemas abiertos intercambian con el medio tres tipos de elementos:

- Energía.
- Materia (en un cierto sentido la materia también es energía).
- Información.

Para los dos primeros insumos, podemos emplear el concepto de "energía". Por lo tanto, los sistemas, a través de su corriente de entrada, reciben la energía necesaria para su funcionamiento y mantenimiento.

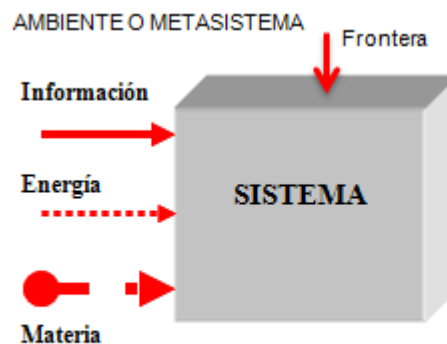


Fig. 9.1- Corrientes de Entrada de un sistema abierto

En general, la energía que importa el sistema del medio tiende a comportarse de acuerdo con la ley de la conservación, que dice que la cantidad de energía (ya sea ésta representada por materias primas, recursos financieros o recursos humanos) que permanece en un sistema es igual a la suma de la energía importada, menos la suma de la energía exportada.

Sin embargo, para el caso particular del último insumo, este no responde a esta ley de la conservación. Nos referimos a la información.

Efectivamente, el sistema importa información desde su medio a través de sus centros receptores y canales de comunicaciones. Esta forma particular de la corriente de entrada tiene un comportamiento diferente a los recursos anteriormente señalados y por eso merece ser considerada aparte. En realidad no podemos decir que la cantidad de información que se mantiene dentro de un sistema es igual a la suma de las informaciones que entran menos la suma de las informaciones que salen o son "exportadas" por el sistema, como señala la ley de la conservación. En este caso, la información se comporta de acuerdo a lo que se denomina "la ley de los incrementos", que dice que la cantidad de información que permanece en el sistema no es igual a la diferencia entre lo que entra y lo que sale, sino que es igual a la información que existe más la que entra, es decir, hay una agregación neta en la entrada, y la salida no elimina información del sistema.

Puede suceder todo lo contrario, es decir, la salida de información puede aumentar el total de información del sistema. (Con esta aseveración se explica aquello de que "la mejor manera de aprender es enseñando". La entrega de información trae consigo mayor información para el sistema).

En realidad, si se aplicara a la información la ley de la conservación, tal como ha sido expuesta más arriba, significaría que si yo leo un libro y enseguida se lo cuento textualmente a un amigo, él recibe energía igual al monto que yo pierdo, es decir, el libro debería olvidarlo completamente lo que, evidentemente, no es así. ¿Podríamos decir que el sistema no "pierde" ninguna información que entra a él?. Puede que la olvidemos, pero siempre permanece en nuestra memoria y se hará presente (saliendo de un estado latente) cuando algún mecanismo la provoque.

De acuerdo con lo que hemos señalado hasta aquí y aplicándolo a una empresa económica (industrial, agraria o de servicios) podemos esquematizar

gráficamente las principales corrientes de entrada a un sistema de acuerdo con la Fig. 9.1.

Efectivamente, en un sistema económico (que es un sistema social por estar constituido sus partes- por seres humanos) podemos observar nítidamente las operaciones de importación de energía a través de las diferentes unidades administrativas que se ocupan de ello. Así, la oficina de adquisición se encarga de la importación desde el medio de las materias primas y otros recursos materiales (papel, máquinas, alimentos para el comedor, etc.) que requiere el sistema. Las unidades financieras se encargan de obtener el dinero a través de préstamos o emisiones de valores, y las cajas, de la recepción del producto de las ventas y las actividades de cobranza. La oficina de selección y contratación es la responsable de la importación de nuevos recursos humanos y los controles, normas y políticas tratan de garantizar la presencia diaria de los recursos humanos que participan habitualmente (o por contrato) en las actividades del sistema.

Nuevamente la importación de informaciones presenta una situación diferente. Si bien es cierto que el sistema puede contar con unidades especializadas en obtener, procesar, analizar y entregar las informaciones del medio (por ejemplo una unidad de estudios de mercado), gran parte de la información que entre al sistema lo hace de manera menos formal, como producto de las decisiones que toman los individuos participantes de comunicar alguna información que a ellos les parece pertinente para el sistema. Tal es el caso, por ejemplo, del informe de un vendedor que vuelve de terreno, de un comprador o de un simple empleado que escucha alguna opinión favorable o adversa para el sistema y que la comunica a sus superiores, dentro del sistema.

En relación con la "importación" de informaciones, se puede observar la necesidad de buscar aquella información "resumida" que me permita reducir la variedad del medio, según el principio de Ashby,

El principio de variedad de R. Ashby, dice que un sistema para poder controlar a otro debe ser capaz de equilibrar (o igualar) la variedad recibida con su capacidad de absorber variedad;

De la relación sistema y medio, en cuanto a la importación de información, podemos observar los siguientes fenómenos:

- Que la variedad del medio, es decir el número de estados que puede alcanzar el sistema, es, prácticamente, infinito, mientras que la posibilidad de captación de variedad del sistema es limitado (y, en general, bastante reducido).
- De acuerdo con la ley o principio de la variedad requerida, mencionada más arriba, la variedad generada en el medio (y que afecta al sistema) debe ser igual a la capacidad del sistema para absorber esa variedad.
- Esto es imposible, a menos que el sistema posea formas o medios de emplear mecanismos de reducción de la variedad del medio. Mediante esa reducción de variedad, el sistema disminuye el número de informaciones del medio y es capaz de tender a igualar la variedad que recibe a través de sus corrientes de entrada, con la capacidad de observación de variedad del sistema. En esta forma podemos decir que el sistema social es capaz de controlar en alguna magnitud el medio que lo rodea.

Un ejemplo concreto es la "impresión" que tiene el medio consumidor del producto de una empresa, por ejemplo, de la fabricación y venta de muebles. Sin duda alguna, su medio consumidor, o mercado, posee diversas opiniones sobre el producto y/o la línea que debería seguir en su producción futura. Desde luego, la empresa no puede conocer la opinión de cada uno de sus reales o potenciales clientes respecto a la línea o estilo de muebles que debería fabricar, pues la variedad del medio es prácticamente infinita. Sin embargo, sus ejecutivos comprenden que es conveniente (y quizás vital para el futuro desenvolvimiento del sistema) conocer esa variedad. Esto es posible recurriendo a un "reductor de variedad". Este mecanismo puede lograrse a través de un estudio de mercados basado en encuestas. Para estos efectos, se puede considerar el medio (compradores reales y potenciales), como un conglomerado y recurrir a una muestra estadística. La muestra es un reductor

de variedad, ya que reduce la información de millares de datos, a decenas, y estos últimos pueden ser perfectamente procesados por la empresa. De esta forma se controla el medio, pues, de acuerdo con el teorema de Ashby, la capacidad de procesar variedad del aparato contralor (la empresa) es igual a la variedad que genera el medio.

En general, podemos indicar que la dependencia del sistema de sus importaciones de energía desde el medio constituye una seria restricción para éste, y no es difícil encontrar sistemas que luchan tenazmente para tener un mayor acceso y/o control sobre las fuentes de energía. Si observamos por ejemplo, un bosque de pinos, podremos comprender la dramática lucha que sostienen por alcanzar los rayos solares, lucha que los lleva a sacrificar su grosor para obtener mayor altura y así evitar ser tapados por los árboles vecinos. El quedar bajo de ellos significa lisa y llanamente su muerte. Luchas parecidas podemos ver en los sistemas industriales por alcanzar y dominar las fuentes de sus principales materias primas, por ejemplo las minas de hierro, en los casos de una empresa siderúrgica.

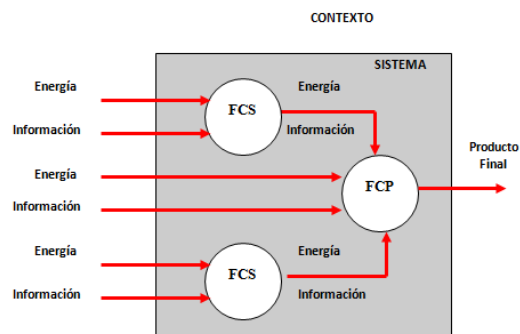
Muchas veces la lucha de los sistemas por las fuentes de "Energía" termina con la introducción dentro de las fronteras del sistema, de esas fuentes (integración vertical) y, en otros casos, con la introducción dentro de sus fronteras de los otros sistemas con los cuales compite por aquellos recursos de energía (integración horizontal).

Los procesos de conversión

La pregunta que forzosamente debemos hacernos una vez concluido el punto anterior es: ¿hacia dónde va esa energía? Recordemos que cuando definíamos a los sistemas, hablábamos de la presencia en ellos de un propósito o un objetivo. En efecto, todo sistema realiza alguna función. El hombre debe reproducirse y debe también conducirse de alguna forma de modo de satisfacer sus necesidades; las plantas tienen como misión transformar la energía solar a través de la fotosíntesis. Los sistemas sociales (creados por el hombre) tienen por objeto proveer al hombre de bienes y servicios que lo ayuden en su vida a satisfacer sus necesidades.

Así, la energía que importan los sistemas sirve para mover y hacer actuar sus mecanismos particulares con el fin de alcanzar los objetivos para los cuales fueron diseñados (ya sea por el hombre o la naturaleza). En otras palabras, los sistemas convierten o transforman la energía (en sus diferentes formas) que importan en otro tipo de energía, que representa la "producción" característica del sistema particular. Por ejemplo, en el caso de las plantas, ellas "importan" energía solar y mediante un proceso de conversión (fotosíntesis) transforman la energía solar en oxígeno. La empresa siderúrgica transforma la energía que recibe, ya sea de materias primas, recursos financieros y humanos e información, en planchas y barras de acero, a través de todo un proceso de conversión que va desde el alto horno hasta las laminadoras en frío o en caliente.

En general, en el caso de una empresa productora de bienes y/o servicios, podemos señalar que los procesos de conversión de energía se llevan a cabo en aquellas unidades encargadas directamente de la elaboración del producto que caracteriza a ese sistema social. (El taller de dibujo, en el caso de una empresa de arquitectura; los talleres de carpintería en una fábrica de muebles;



FCS: Procesos con función de conversión secundarios.

FCP: Procesos con función de conversión principal

Fig. 9.2 – Procesos de conversión en un sistema

los trabajos de perforación y extracción de mineral en el caso de una mina; etc.).

Hemos señalado anteriormente que todo sistema puede ser dividido en subsistemas y que éstos a su vez poseen las mismas características de un sistema (el principio de recursividad).

Por lo tanto, cada uno de los subsistemas posee un proceso de conversión mediante ese subsistema. Así por ejemplo, el ser humano se encuentra formado por varios subsistemas cada uno con una función de conversión característica: el sistema circulatorio, produce y hace circular la sangre dentro del cuerpo para así alimentar diversos organismos; el aparato digestivo transforma la energía, que en forma de alimento entra en el cuerpo, en otras formas de energías aptas para el

consumo de otros subsistemas; el aparato nervioso produce el movimiento, que permite accionar al cuerpo y, entre otras cosas, buscar su alimento.

Desde este punto de vista, y al considerar el sistema total, existen diferentes procesos o funciones de conversión siendo algunas principales, en relación al producto final y otras accesorias o de "servicio" para que puedan operar esos subsistemas principales (aunque no por eso menos importantes y, en algunos casos, vitales). Así, en el caso de la siderúrgica, si bien es cierto, como señalábamos más arriba, que su función de transformación central es el complejo que comienza en el alto horno, pasa por la acería y termina en las laminadoras, no es menos cierto que las funciones de conversión de los otros subsistemas (las funciones del sistema informático, la de entrenamiento del personal; las funciones de transportes del producto semielaborado de una unidad de conversión a otra, los procesos administrativos, etc.), son importantes para el logro del objetivo final. La diferencia quizá resida en que mientras las unidades de conversión del producto característico transforman la energía recibida en el producto final, los otros subsistemas la transforman en otro tipo de energía que es, a su vez, una corriente de entrada para la función de transformación principal, es decir, son los procesos denominados intermediarios, de apoyo o secundarios.

La Fig. 9.2 esquematiza nuestra discusión sobre los procesos de conversión principales y secundarios.

Corrientes de salida

La corriente de salida equivale a la "exportación" que el sistema hace al medio. Este es el caso del oxígeno en las plantas; de las planchas de acero, en la empresa siderúrgica; del transporte en un taxi; de profesionales de una universidad, etc..

Generalmente no existe una sino varias corrientes de salida. Por ejemplo, hemos señalado que la corriente de salida, o el producto que exporta una planta al medio, es el oxígeno que ella fabrica a partir de la energía solar. Sin embargo, ésta es una de sus corrientes de salida (aunque quizás la principal) ya que también exporta alimentos, frutos y belleza a través de sus flores.

En general podemos dividir estas corrientes de salida como positivas y negativas para el medio y entorno, entendiéndose aquí por medio todos aquellos otros sistemas (o supersistemas) que utilizan de una forma u otra la energía que exporta ese sistema (Contexto).

En el caso de la planta podríamos señalar que sus corrientes de salida son todas positivas. Sin embargo pueden existir corrientes de salida negativas (aunque indudablemente los conceptos de positivo y negativo son relativos, ya que se encuentran en función de la escala de valores del observador o analista). En general, podríamos decir que la corriente de salida es positiva cuando es "útil" a la supervivencia del sistema de jerarquía superior (Contexto) y negativa en el caso contrario.

En el caso de la siderúrgica, además de las planchas de acero, puede exportar corrientes de salida negativas. El humo y escoria que contaminan el aire y dañan seriamente la ecología de la región. Lo mismo puede ser aplicado al taxi.

En general, y dados, por supuesto, una escala de valores particulares de una comunidad, la relación que existe entre la corriente de salida positiva y la negativa determinará en última instancia la supervivencia misma del sistema. Cuando en un sistema particular, de acuerdo con los valores de un individuo o de una comunidad, la corriente de salida positiva es muy superior a la corriente de salida negativa, es probable que ese sistema cuente con la "legalización" de su existencia por parte del individuo y de la sociedad, en general, (lo que no impide las presiones para reducir, minimizar o eliminar las corrientes de salida negativas). Tal es el caso, por ejemplo, de la planta siderúrgica que hemos hecho mención en forma repetitiva. Los efectos ecológicos y de contaminación de la atmósfera pueden ser considerados como un costo que debe pagar la comunidad para poder disponer de las planchas de acero y lo que ellas significan (automóviles, Heladeras, herramientas, etc.).'

Esta "legalización" del sistema, o mejor dicho de su corriente de salida, es vital, entonces, para la misma existencia del sistema. Dada la gran dependencia que tiene del medio (especialmente los sistemas sociales) la actividad positiva

o negativa de ese medio hacia el sistema será el factor más importante para determinar la continuación de su existencia o su desaparición.

En este punto es oportuno recordar el concepto de "sistema viable" que ya definimos en el Capítulo 4 (Los aportes de la teoría general de sistemas), donde lo definíamos como aquel que sobrevive, es decir, que es legalizado por el medio y se adapta a él y a sus exigencias, de modo que con su exportación de corrientes positivas de salida al medio, esté en condiciones de adquirir en ese mismo medio sus corrientes de entrada (o la energía necesaria para el continuo desarrollo de su función de transformación).

Existen algunos sistemas sociales que llevan a cabo las transacciones con su medio (es decir, exportaciones de sus corrientes de salida y adquisición de sus corrientes de entrada) en forma completamente autónoma. Tomemos como ejemplo nuestro taxi.

La corriente de salida principal (el servicio de transportes), lo transforma en dinero y con ese dinero adquiere todas las corrientes de entrada que requiere el sistema para seguir subsistiendo (gasolina, aceite, revisiones y repuestos para el auto y pan, techo y abrigo para chofer).

En cambio, existen otros sistemas cuyo producto de la "comercialización" de su corriente de salida no alcanza o, simplemente, es incapaz de producir alguna parte considerable de sus corrientes de entrada. Por ejemplo, nuestro jardín. Su corriente de salida es la belleza y el bienestar que nos proporciona.

Pero esas corrientes de salida no son "comerciales" para el jardín, con ellas no puede adquirir ciertas corrientes de entrada que podría requerir como riego, en algunas épocas del año, desmalezamiento y otros cuidados aunque, por supuesto, como es un sistema abierto, está en condiciones de adquirir sus corrientes de entrada principales: los rayos solares y, aunque quizá con alguna dificultad en épocas del año, el agua necesaria para subsistir. De otra forma sería un sistema cerrado (de acuerdo con nuestras definiciones). En este caso podemos pensar que el medio (los que usufructúan del jardín) "pagan" la belleza y el bienestar que les proporciona, bajo la forma de entregarle aquellas corrientes de entrada que o son escasas o difíciles de conseguir por el mismo sistema o que, simplemente, el sistema es incapaz de alcanzar (por ejemplo, el agua si el jardín está en una zona desértica).

Lo mismo sucede con ciertos sistemas sociales útiles para la comunidad. Por ejemplo, un hospital público. Evidentemente, lo que los pacientes pagan por los cuidados recibidos es insuficiente para proveer a ese hospital con todos los recursos necesarios (equipos,

medicamentos, cirujanos, doctores, enfermeras, etc.). Es entonces el medio, la comunidad, el que, a través de los impuestos que entrega al gobierno, permite a éste subvencionar el hospital, porque su corriente de salida, salud, es importante para esa comunidad (utilidad social y costo social).

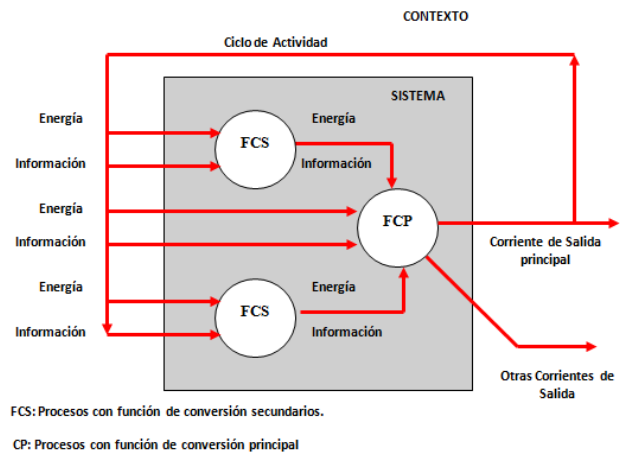


Fig. 9.3 – Corriente de salida y ciclo de actividad

Algunos autores han denominado "ciclo de actividad" a esta relación entre corriente de salida y corriente de entrada. (Es decir, al proceso mediante el cual la corriente de salida regenera o permite producir la corriente de entrada del sistema.)

La Fig. 9.3 representa a la corriente de salida y al ciclo de actividad, y al integrarse con la figura 9.2 representa todo el proceso de acción de un sistema abierto.

La comunicación de retroalimentación

Recordemos nuevamente, que todo sistema finalista tiene algún propósito y la conducta que desarrolla, una vez que dispone de la energía suficiente prevista por sus corrientes de entrada, tiende a alcanzar ese propósito u objetivo. La pregunta que tenemos en mente es ¿cómo sabe el sistema cuándo ha alcanzado su objetivo? o ¿cuándo existe diferencia entre la conducta que desarrolla para lograr el objetivo y el objetivo mismo?

¿Cómo sé yo que estoy escribiendo aquello que me he propuesto (un objetivo)? Simplemente por la lectura de lo escrito a medida que lo escribo. Esta lectura la comparo con mis ideas y por esta comparación comprendo si efectivamente estoy diciendo lo que quiero decir o estoy diciendo otra cosa. En

este caso, la corriente de salida son los párrafos que voy escribiendo. A través de la vista observo estos resultados los que, en forma casi automática son comunicados a mi cerebro, de donde sale la orden de seguir adelante o borrar y corregir ciertas líneas. A esa información que llega a través de mi vista y que muestra el resultado que se está obteniendo con la acción que estoy desarrollando y que llega al cerebro para ser allí interpretada es lo que se denomina, como ya hemos visto, "comunicación de retroalimentación" o, utilizando la palabra en inglés "feed-back".

Así, la comunicación de retroalimentación es la información que indica cómo lo está haciendo el sistema en la búsqueda de su objetivo, y que es introducido nuevamente al sistema con el fin de que se lleven a cabo las correcciones necesarias para lograr su objetivo (retroalimentación). Desde este punto de vista, es un mecanismo de control que posee el sistema para asegurar el logro de su meta.

Un ejemplo más característico y que muestra en forma práctica el proceso de la información de retroalimentación lo plantea Parsegianil a través de un ejercicio. Las características fundamentales de la comunicación de retroalimentación se observan muy bien a través del simple proceso de caminar a través de un pasillo estrecho. Sin embargo, normalmente este acto es tan automático que las funciones y conductas esenciales asociadas en esta caminata pasan desapercibidas. Pero si nos vendamos los ojos durante esta caminata simulando el caminar de una persona ciega, entonces los detalles del proceso aparecen en forma muy clara. Al hacerlo así, lo primero que pensamos es que existe un motivo, o un propósito para esa acción. Una vez decidida la caminata, un proceso mental hace entrar en juego a los músculos o actividades motores y a los recursos energéticos del cuerpo para la ejecución de la tarea propuesta. Debido a que deseamos caminar a través del corredor sin chocar contra las paredes, nuestra posición durante la caminata en relación con las paredes será nuestra corriente de salida. Como nuestros ojos se encuentran vendados debemos introducir otro sensor (o subsistema de información) cuya función es recibir la información del resultado de nuestro esfuerzo en relación a nuestros propósitos (o comunicación de retroalimentación). Esto se puede

lograr a través del uso de un bastón que movemos de un lado hacia el otro en el espacio ante nosotros (como lo hacen los ciegos). Entonces comenzamos a caminar cuidadosamente a través del corredor. Cuando el bastón choca, digamos con la pared izquierda, inmediatamente surge una señal en la forma de ruido que es captada por nuestros oídos y por el tacto del bastón en la mano. El cerebro interpreta la señal como una comunicación de retroalimentación e inicia una acción correctiva a través de un movimiento hacia la derecha, dirección en la cual seguimos hasta que el bastón toque nuevamente, ahora en la pared derecha y emita las señales necesarias para iniciar una nueva acción correctiva esta vez con movimiento hacia la izquierda. Finalmente completamos el recorrido pero sólo después de una serie de movimientos cíclicos de una pared hacia la otra.

Este ejemplo ilustra, a nuestro juicio excelentemente, la forma en que se origina la comunicación de retroalimentación y la manera en que los centros decisionales del sistema (en este caso el cerebro) la utilizan para corregir el rumbo de la acción y lograr el objetivo propuesto.

Lo aquí expuesto constituye un buen ejemplo del funcionamiento de un sistema de regulación, el cual ya hemos detallado en el Capítulo 2 (conceptos generales sobre sistemas y el control). Se puede observar que la comunicación de retroalimentación pasa directamente del sensor o detector (el bastón) a modificar las instrucciones del cerebro (una de las corrientes de entrada).

Si queremos representar en forma más completa el proceso de retroalimentación debemos agregar una función de conversión que recibe la información de retroalimentación como corriente de entrada que la transforme o convierta en nueva información, la que es transmitida al proceso de conversión principal que está actuando para alcanzar el objetivo del sistema. Evidentemente esa función de conversión es la que, en nuestro ejemplo, se realiza en el cerebro al recibir éste la comunicación de retroalimentación y emitir las instrucciones correctoras a los músculos, o sistema motor del sistema, para modificar el rumbo de la caminata.

Finalmente y siguiendo el mismo criterio que hemos desarrollado en los puntos anteriores, al analizar las diferentes características de los sistemas, presentamos la Fig.9.4 en la que se detalla con mayor precisión el proceso de la comunicación de retroalimentación y se integran las Fig. 9.2 y 9.3.

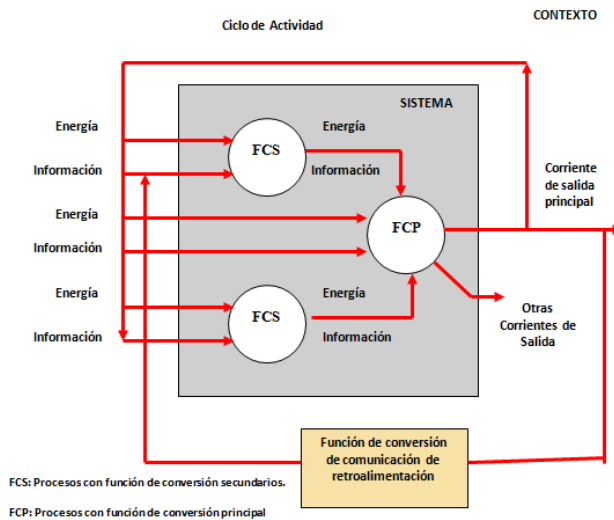


Fig. 9.4 – Corriente de salida y la comunicación de retroalimentación

Nótese que la comunicación de retroalimentación no sólo puede provenir de la corriente de salida principal del sistema, sino de cualquier otra corriente de salida que se estime necesario controlar. Así por ejemplo, en el caso de la empresa siderúrgica, es posible que además de la información de retroalimentación

relacionada con la producción y comercialización de las planchas de acero (corriente de salida principal) se desee también mantener el grado de contaminación atmosférica y producción de residuos (corrientes de salida secundaria o negativa) dentro de límites o niveles dados.

En otros casos la función de conversión de la comunicación de retroalimentación significará informaciones que de alguna forma modifican las corrientes de entrada que importa el sistema. Concretamente, en el caso de nuestro ejemplo, esta función de conversión puede encontrarse en la Gerencia General de Operaciones de dicha empresa.

Nuestro análisis de la comunicación de retroalimentación no concluye aquí. Al contrario, aquí sólo la presentamos. En el Capítulo 11 donde analizaremos “El Control”, volveremos sobre ella en mayor profundidad.

Identificación de un sistema por el enfoque corriente de entradas y salidas

El enfoque "corriente de entrada-corriente de salida" (input-output), aplicado a la teoría de sistemas, identifica a un sistema como una entidad reconocible a la cual llegan diferentes corrientes de entrada (con numerosos tipos de recursos) y de la cual salen una o varias corrientes de salida bajo la forma de algún producto (bienes o servicios). Desde este punto de vista, el sistema propiamente dicho se considera como una "caja negra", considerándose sólo las interacciones entre las entradas y las salidas.

Consideremos, por ejemplo, el sistema educacional de un país. El cuerpo ejecutivo a través del presupuesto nacional le entrega una corriente de entrada de dinero; de este sistema salen estudiantes con diferentes grados y títulos, secundarios, universitarios y postgraduados. En este proceso la corriente de entrada es transformada en edificios, profesores, personal administrativo, libros, etc. Esta corriente de entrada así transformada procesa a personas denominadas estudiantes que salen del sistema con diferentes grados de educación y entrenamiento. Cuando observamos al sistema educacional desde este punto de vista, es interesante destacar que algunos de los componentes del sistema (por ejemplo, los profesores) son a la vez un producto del sistema y también llegan a formar parte del equipo del mismo. Es decir, el sistema crea parte de su propio potencial.

El enfoque de "corriente de entrada-corriente de salida" es una excelente forma de ver a un sistema social industrial. Como "corriente de entrada" de la empresa puede considerarse la inversión inicial de fondos y de esas inversiones (plantas de producción y equipos) se produce una corriente de salida compuesta por varias clases de productos que son distribuidos entre los consumidores, como también dividendos que retornan a los inversionistas (sean éstos privados o públicos).

Podemos pensar en el sistema y en los subsistemas como una "caja negra" como indicábamos más arriba.

En este caso, sólo nos limitamos a preguntar cuáles son las corrientes de entrada y qué corrientes de salida produce. No nos preocupemos por lo que

sucede dentro del sistema, es decir, por la forma en que operan los mecanismos y procesos internos del sistema y mediante los cuales se producen esas corrientes de salida, a menos que en un momento dado nos interese alguna de ellas. En ese caso procedemos a abrir la caja.

Este enfoque produce la ventaja de identificar claramente los sistemas y los subsistemas y estudiar las relaciones que existen entre ellos, permitiendo así maximizar la eficiencia de estas relaciones sin tener que introducirnos en los procesos complejos que se encuentran encerrados en esas cajas negras. Evidentemente, cuando algún subsistema presenta problemas, es decir, cuando las relaciones entre las corrientes de entrada y las de salida presentan anomalías, entonces, y sólo entonces nos vemos obligados a destapar la caja negra y estudiar ese subsistema en forma más precisa.

Otra ventaja de este enfoque, especialmente en los sistemas empresas industriales, es que permite identificar en forma bastante simple la existencia de los "cuellos de botellas", es decir, subsistemas que limitan la acción del sistema para alcanzar sus objetivos. También permite descubrir aquellos subsistemas que son críticos.

La caja negra o modelo de representación formal de un sistema

La caja negra constituye un elemento de representación formal, un gráfico que se utiliza en la teoría de Sistemas para representar un sistema o proceso. Como ya lo expresamos, se estudia algo en base a una caja negra cuando no se puede saber lo que hay dentro, o saberlo resulta muy costoso o imposible.

La caja negra tendrá un límite de interés que coincidiría con sus paredes. Delimita en consecuencia el foco de atención que se pretende investigar o sea el sistema a estudiarse.

Ashby, al referirse al concepto de caja negra, la intenta describir como una caja cerrada, de contenido desconocido, que cuenta con puntos de entrada y salida. Sus estructuras internas y sus funciones solo pueden estudiarse por medio de la inferencia y a través de los egresos que resultan de los ingresos.

Cuando un fenómeno no se puede aislar hay que inducir, presumiendo que ante determinados estímulos, las variables, parámetros y operadores

funcionarán en cierto sentido. Científicamente, es el primer paso para lograr la comprensión de un fenómeno, (Los conceptos de variables, parámetros y operadores de un sistema los ampliaremos en el Capítulo 10- La estructura y Organización del sistema)

Por lo tanto la caja negra es una parte relativa de un sistema, de la cual nada o poco se conoce a excepción de las características de sus ingresos y sus egresos.

Pero en algunos otros casos, es necesario profundizar, cambiando la caja negra por la lupa de la investigación.

La investigación permitirá adentrarse en la caja negra, comprendiendo los procesos y detectando como actúan los operadores, a que variables activan, cuándo y por qué, y cuáles son los parámetros del mismo.

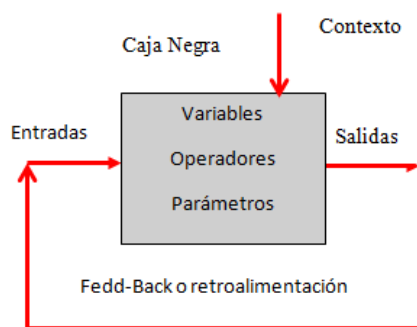


Fig..9.5 – Modelo de Caja Negra

En la Fig. 9.5 se incluye el modelo de caja negra aplicado a un proceso cualquiera.

Como se observa en la figura, la caja negra se utiliza para estudiar un sistema. Dentro de la misma existen elementos o variables, alguna de las cuales se desempeñaran como operadores y otras como parámetros.

La caja negra (que representa al sistema) está inmersa en el contexto y recibe influencias del mismo. A su vez los procesos internos generan influencias del sistema hacia el contexto lo que luego determinará que éste genere nuevas influencias hacia el sistema (Retroalimentación).

Para establecer una tipología de las cajas negras es necesario considerar los tres elementos característicos de las mismas:

- Los ingresos.
- Los programas (transformación interna).
- Los egresos.

En una caja negra, los ingresos pueden ser múltiples o selectivos, mientras que los egresos pueden ser esperados, aleatorios o directamente sin egresos, dependiendo justamente del tipo de transformación interna.

Se definen como programas internos de una Caja Negra, los tipos de transformación, elaboración y procesos internos. Los programas los podemos clasificar de la siguiente manera:

- *Programas propios fijos:* son los que tienen capacidad deseada para transferir, elaborar y/o procesar los ingresos y generar salidas esperadas. Los ingresos aceptados son los múltiples y los selectivos.
- *Programas propios variables:* Son variables según el ingreso y tienen capacidad de transformación, producción y/o elaboración y generan salidas aleatorias. Los ingresos aceptados son los múltiples y los selectivos.
- *No tienen Programas propios:* no tienen capacidad de transformación, producción y/o elaboración ya que no generan egresos. Los ingresos aceptados son los múltiples y los selectivos.

El problema entonces para el estudio de las cajas negras es el conocer su programa, para poder cambiarlo cuando fuere necesario.

Según Ashby, existe un método bastante adecuado que es “la inferencia” de los programas. Opera a partir del conocimiento de lo que entra y lo que sale, es decir: los ingresos y los egresos y a partir del estudio de ellos, se pueden inferir las estructuras, los elementos y las funciones, en consecuencia se conoce el programa.

Integrando estos conceptos con los de entrada, salida y Retroalimentación, podemos explicar lo siguiente:

- Un sistema determinado, la Organización por ejemplo, puede ser estudiada a través de la Teoría de los Sistema.
- Representamos al sistema Organización como una caja negra, sabiendo que en su interior existen procesos, variables, parámetros y operadores.

- El sistema Organización está inmerso en un medio ambiente o contexto que lo influye en forma marcada y al que la Organización también influye aunque en menor medida.
- La entrada a la caja negra representa las influencias del contexto de la Organización.
- La corriente de entrada que representa el input, origina que el o los operadores activen a las variables de la caja negra (la Organización) lo que pone en marcha un proceso determinado.
- Este proceso determina una generación de efectos que salen de la caja negra (la Organización) y que se conocen como salidas (output).
- El output es la salida del sistema que influye al contexto lo cual determinará una nueva influencia que se conoce como realimentación o feed-back.

Conclusiones

Un sistema abierto está conformado por un conjunto de procesos que se relacionan para lograr un objetivo. Dichos procesos tienen dos categorías, según sus funciones de conversión de las entradas en salidas. Los procesos con funciones de conversión que colaboran con la obtención del producto principal del sistema y los procesos con funciones de conversión secundarias que colaboran para el correcto funcionamiento de los sistemas principales. Por otro lado, y a los efectos de su supervivencia, los sistemas abiertos tienen dos retroalimentaciones diferentes. Una relacionada con el “Ciclo de actividad”, que permite con los productos de salida obtener los productos de entrada del sistema y el ciclo de “comunicación de la retroalimentación”, que nos permite con su información controlar las variables de salida y por lo tanto el objetivo.

Por otro lado y en base al funcionamiento de los sistemas abiertos, nos permitió identificar e inferir el comportamiento de los sistemas por el mecanismo de la caja negra.