

CAPITULO 4

Elementos de un sistema

Pasemos ahora a estudiar los elementos o características de un sistema. Para los efectos de este y los siguientes capítulos de esta obra, cuando nos referimos a sistema general, estamos pensando en sistemas dinámicos abiertos, tal como fueron definidos al final del capítulo anterior. Cuando deseemos referirnos a un sistema cerrado, agregaremos su apellido.

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.¹

4.1. Las corrientes de entrada

Hemos indicado ya que, para que los sistemas abiertos puedan funcionar, deben importar ciertos recursos del medio. 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; el abrigo para protegerse, 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, etcétera.

Con el fin de utilizar un término que comprenda todos estos 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 mantención.²

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, existe la corriente de entrada de una energía particular que 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 he denominado "la ley de los incrementos"³ 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

¹ Señalamos aquí las características que consideramos principales y generales a todo sistema abierto. Existen otras que, por ser más especiales o por ser consecuencia directa de las ya enumeradas, las introduciremos más tarde. Karz y Kahn, en "Social Psychology of Organizations", (N. York, J. Wiley and Sons Inc., 1966) Cap. 11, introducen otras características.

² Utilizaremos aquí el término "corriente de entrada" en vez de "insumo" y lo mismo, "corriente de salida" en vez de producto. Esto por dos motivos: 1) porque insumo da más la idea de objetos físicos y no representa los bienes y/o servicios que genera un sistema, ni da la idea de otros productos como son, por ejemplo, la contaminación del aire, las tensiones y conflictos, productos que el sistema también entrega al medio y 2) porque los conceptos de insumo-producto tienden, para algunos lectores, a ser asimilados al modelo de Insumo-Producto desarrollado por Leontieff para explicar y medir la interrelación que existe entre los diferentes sectores de una economía.

³ Para análisis, explicación y demostración de la "Ley de los Incrementos" en la información ver *dicto Insora*, 1972.

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 aserción se explica aquello de que "la mejor manera de aprender es enseñando". La entrega de información trae consigo mayor información para el sistema).

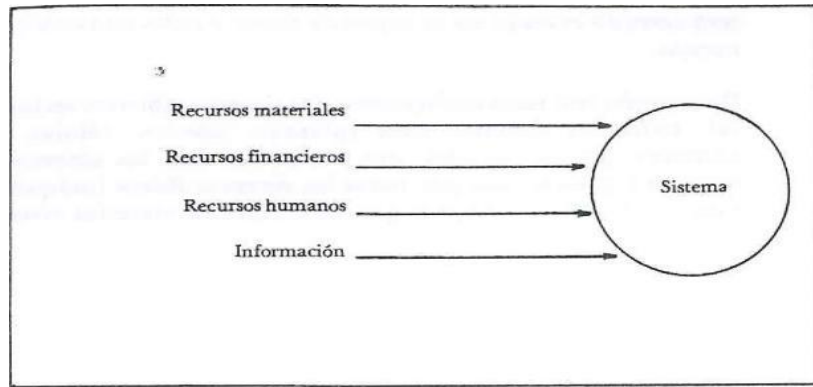


Figura 4.1

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 mi señora, ella 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? Yo creo que así es. 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 de acuerdo con la figura 4.1.

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 casino, 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". Si pensamos en términos del principio de variedad de R. Ashby,⁴ que dice que un sistema para poder controlar a otro debe ser capaz de equilibrar (o igualar) la variedad recibidas⁵ con su capacidad de absorber variedad; podemos observar los siguientes fenómenos:

⁴ R. Ashby "Proyecto para un Cerebro", (Madrid, Ed. Tecitos S.A., 1965).

⁵ Para los fines de este capítulo, podemos utilizar el término "variedad" (de acuerdo con Ashby) con el de "información".

1. 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).
2. 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.
3. 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.⁶ 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 esta lucha termina con la introducción dentro de las fronteras 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).

4.2. Proceso 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

⁶ Es interesante observar que Darwin, cuando enunció su ley sobre la selección natural lo hizo influido por los escritos de Adam Smith sobre la competencia económica.

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

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 de entrenamiento del personal; las funciones de transportes del producto semielaborado de una unidad de conversión a otra) 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 procesos intermediarios.

La figura 4.2 esquematiza nuestra discusión sobre los procesos de conversión y es también- una ampliación de la figura 4.1.

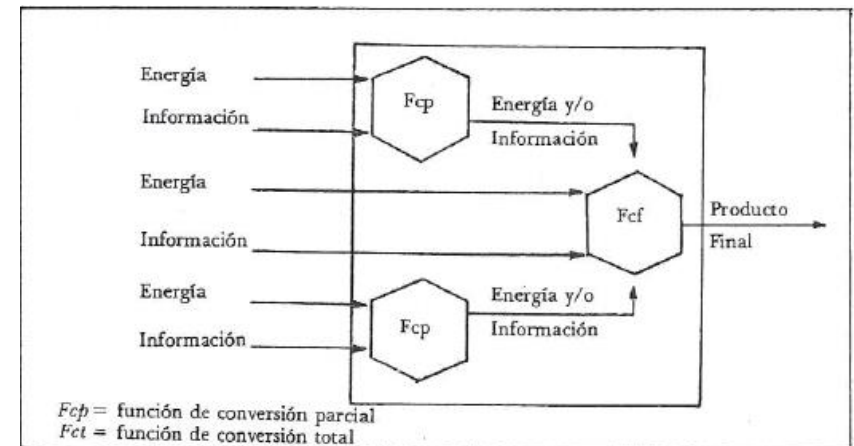


Figura 4.2

4.3. Corriente 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; etcétera.

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.⁷

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). Una planta, como la amapola, aparte de producir oxígeno y belleza, produce el opio que por *sus* efectos en el hombre podría ser considerada una corriente de salida negativa (aunque no para aquellos que comercian con él) para la comunidad en general (excepto cuando es utilizado como medicamento). En general, podríamos decir que la corriente de salida es positiva cuando es "útil" a la comunidad 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

⁷ expresado en términos generales, todos aquellos sistemas cuya conducta se ve afectada por cambios en el comportamiento del sistema particular. Si pensamos en términos de matemáticas booleanas el medio es todo aquello que no pertenece al conjunto o sistema.

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, minamizar 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 ella significan (automóviles, lavadoras, herramientas, etcétera.).⁸

Por otra parte, es posible que se elimine toda una plantación de amapolas junto con las instalaciones de conversión que forman un sistema cuya corriente de salida sea opio, ya que los efectos sobre la comunidad pueden ser desastrosos y no compensar en ningún caso la existencia de tal sistema.

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.

Podemos entonces hablar de "*sistema viable*" 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).

⁸ Se presta hoy día profunda atención a este problema. En efecto, en el corto plazo, la utilidad, de la siderúrgica puede ser considerablemente mayor que el costo producido (por ejemplo, contaminación de la atmósfera o la eliminación de la vida marina como producto de los desechos arrojados en el mar). Sin embargo, en el largo plazo la situación puede ser justamente la inversa al transformar el paisaje y hacer el lugar inhabitable.

El concepto de legalización es una idea amplia. Nuestra primera reacción es pensar en un sistema social legalizador por la comunidad (la planta de acero, el taxi, la familia, etc.). Sin embargo, también podemos hablar de un sistema legalizado cuando observamos un árbol en un oasis. En efecto, el medio ha permitido la existencia de esa palmera en un entorno que aparentemente la rechaza. Lo mismo podemos pensar en la existencia "legalizada" de los insectos y otros ejemplares de la fauna de un determinado territorio. El medio, al crear o poseer las características necesarias para la vida de aquellos sistemas vivos, les permite la vida.

Sin embargo, el concepto de viabilidad es más amplio. Stafford Beer define a un sistema viable como aquel que es capaz de adaptarse a las variaciones de un medio en cambio. Para que esto pueda ocurrir, el sistema debe poseer tres características básicas: a) ser capaz de autoorganizarse, es decir, mantener una estructura permanente y modificarla de acuerdo a las exigencias; b) ser capaz de autocontrolarse, es decir, mantener sus principales variables dentro de ciertos límites que forman un área de normalidad y finalmente c) poseer un cierto grado de autonomía; es decir, poseer un suficiente nivel de libertad determinado por sus recursos para mantener esas variables dentro de su área de normalidad.

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: un jardín en Chuquicamata).

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).

Algunos autores han denominado "ciclo de actividad"⁹ a esta relación entre corriente de salida y corriente de entrada. (Es decir, al proceso mediante el cual la corriente de salida regenera la corriente de entrada del sistema.)

⁹ Ver el capítulo dos de la obra de Katz y Kahn citada anteriormente. Estos autores consideran al ciclo de actividad como una característica de un sistema abierto. Eso significa que cuando ella no existe (como es el caso de la conversión de energía para producir una corriente de salida particular y por una vez no existiría sistema (al menos abierto).

La figura 4.1 representa a la corriente de salida y al ciclo de actividad, y al integrarse con las figuras 4.1 y 4.2 representa todo el proceso de acción de un sistema abierto.

4.4. La comunicación de retroalimentación

Recordemos nuevamente, que todo sistema 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?

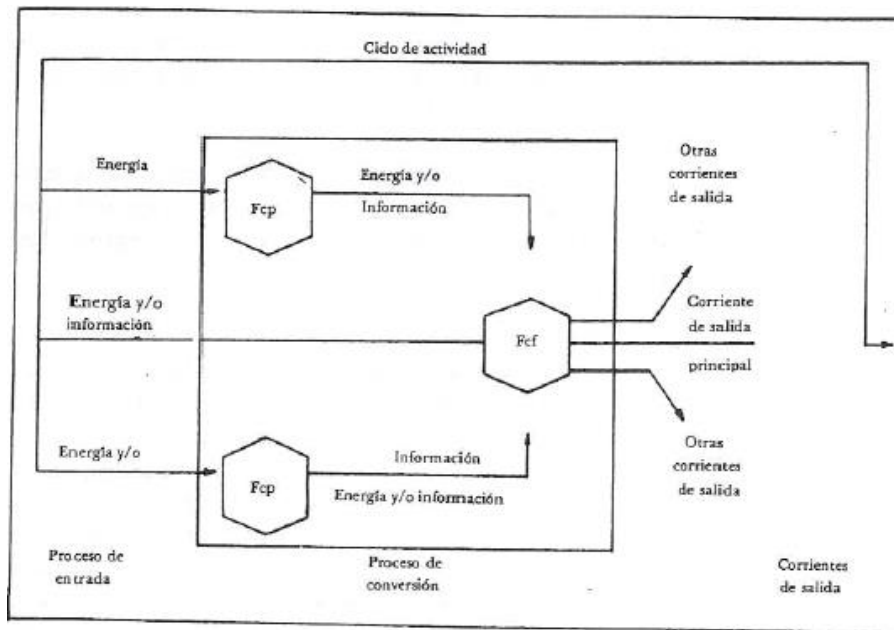


Figura 4.3

¿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 "comunicación de retroalimentación" o, utilizando la palabra en inglés 'feedback'.

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.¹⁰

Un ejemplo más característico y que muestra en forma práctica el proceso de la información de retroalimentación lo plantea Parsegian¹¹ 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 motrices y a los recursos energéticos del cuerpo para la ejecución de la tarea propuesta. Debido a que deseamos

¹⁰ En el capítulo 7, "Subsistemas de Control" se amplían los conceptos de retroalimentación.

¹¹ V. 1, Parsegian, "This Cybernetic World of Men, Machines and Earth Systems", (N. York, Anchor Books, 1973), pp. 55.

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

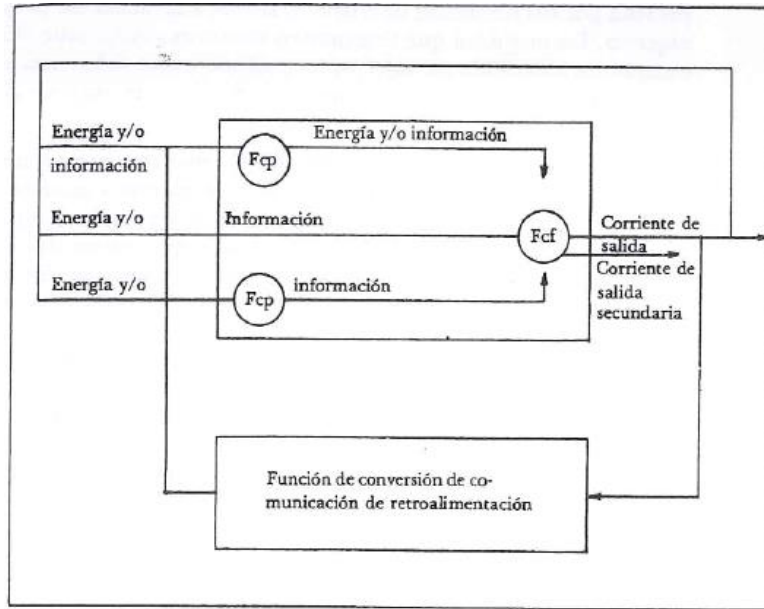


Figura 4.4

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 miedo 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.

Esquemáticamente, la figura 4.4 nos muestra este proceso.

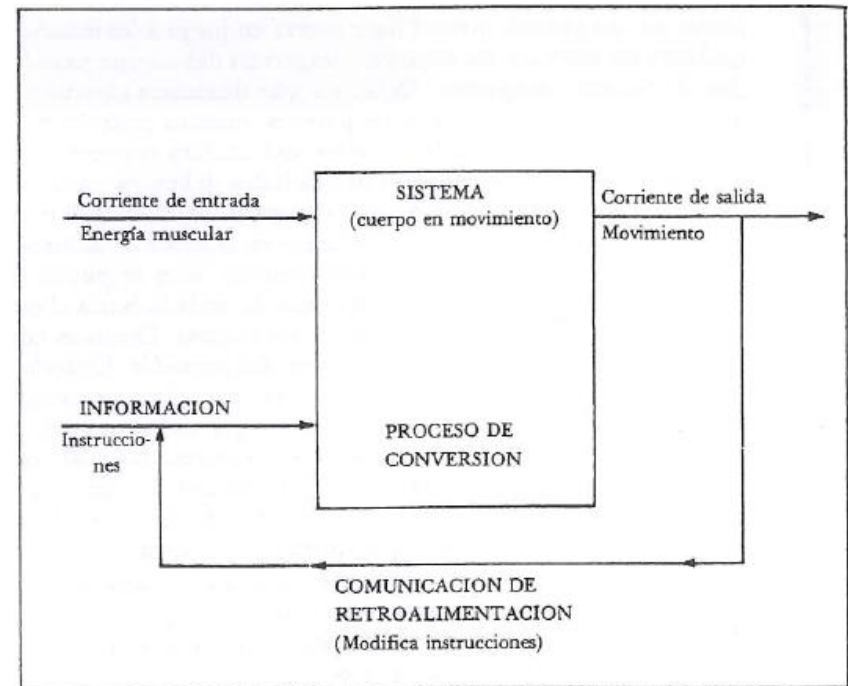


Figura 4.5

Se puede observar en la figura 4.4 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). Esto lo hemos presentado así en aras de la simplicidad. En efecto, hemos dejado fuera del sistema al cerebro, ya que lo representamos como una corriente de entrada externa al sistema.

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 figura 4.5 en la que se detalla con mayor precisión el proceso de la comunicación de retroalimentación y se integran las figuras 4.1, 4.2, 4.3.

Nótese que la comunicación de retroalimentación no sólo puede provenir de la corriente de salida 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 salidas secundarias o negativas) 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 un próximo capítulo volveremos sobre ella en mayor profundidad.

4.5. El enfoque corriente de entrada y salida¹²

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 tal se considera como una "caja negra", considerándose sólo las interacciones (llegadas o 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 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).

¹² Este enfoque también es conocido como el enfoque de flujos, en el que tanto la corriente de entrada como la de salida son flujos dinámicos.

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 preocupamos 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.

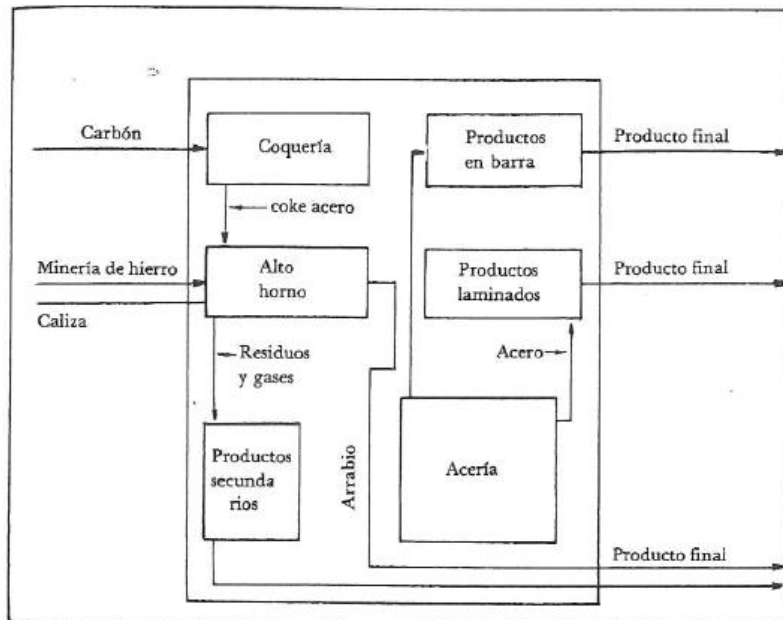


Figura 4.6

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 figura 4.6 presenta un diagrama de flujos simplificado como resultado de la aplicación del enfoque corriente de entrada-corriente de salida a una empresa siderúrgica.