

LOS SISTEMAS

Cod classroom: emg3fmt

El mundo complejo: una herramienta para abordarlo

La palabra **SISTEMA** se integra cada vez más a la terminología cotidiana. La revolución informática ha popularizado términos tales como sistema operativo, sistema informático, sistema de redes...

¿Cómo podrías explicar el concepto de SISTEMA?

Un **sistema** es un conjunto de dos o más elementos, de cualquier clase o naturaleza, interrelacionados entre sí y con el medio o entorno que los contiene.

Los elementos del conjunto y el conjunto de elementos que forman el sistema tienen las siguientes propiedades:

1. Las características o el comportamiento de cada elemento tienen efecto sobre las propiedades o comportamiento del conjunto tomado como un todo.
2. Las propiedades y el comportamiento de cada elemento y la forma que afectan al conjunto, dependen de las propiedades y comportamiento de al menos otro de los elementos del conjunto. Por consiguiente, ningún elemento tiene un efecto independiente sobre el todo y cada uno está afectado por al menos otro elemento.
3. Cada posible subgrupo de elementos del conjunto tiene las primeras dos propiedades: cada uno tiene un efecto no independiente sobre el todo. Un sistema no puede dividirse en subsistemas independientes. Pierde sus condiciones esenciales.

A causa de estas tres propiedades, un conjunto de elementos que constituyen un sistema tiene siempre alguna característica, o un modo de comportamiento, diferente del de sus elementos o subsistemas. Un sistema representa más que la suma de sus componentes.

El concepto de sistema es muy amplio y abarca tanto sistemas estáticos como sistemas dinámicos:

- Un recipiente con agua, en el que no entra ni sale líquido (y como consecuencia el nivel permanece constante) es, en principio, un **sistema estático**, otros sistemas estáticos podrían ser la estructura de un edificio, una piedra, etc.
- Un depósito en el que entra y sale agua es un **sistema dinámico**; otros sistemas dinámicos son, por ejemplo, el sistema circulatorio sanguíneo, una célula viva, el motor de un automóvil funcionando, etc.

En el enfoque sistémico centramos el análisis en sistemas dinámicos, y como planteo general decimos que:

En todo sistema podemos señalar:

- **elementos,**
- **interacción,**
- **organización,**
- **finalidad (objetivo).**

Como vemos los sistemas tienen una finalidad (sirven para algo), es decir que diseñados por el hombre, o productos de la naturaleza, cumplen una función. La expresión "cumplen una función" es válida tanto para los concebidos por el hombre (en este caso el planteo es claro, pues todo lo hecho por el hombre tiene una finalidad; asumida consciente o inconsciente), como para los sistemas naturales, que también cumplen una función (mantener su estructura, su funcionamiento, su equilibrio, etc.), si no la cumplen

se destruyen, desaparecen. **La finalidad es el objetivo del sistema.**

Los sistemas objeto de nuestro estudio comparten una característica, la complejidad. La complejidad implica:

1. Variedad de elementos, dotados de funciones específicas y organizados en niveles jerárquicos.
2. Interacción de los elementos entre sí y con el medio; en general, interacciones no lineales.

El tema de la complejidad, cada vez más creciente, de los productos tecnológicos, y como consecuencia lo difícil y laborioso que puede llegar a ser el estudio de su comportamiento, nos lleva, como veremos más adelante, a apelar a un enfoque más globalizador: **el enfoque sistémico.**

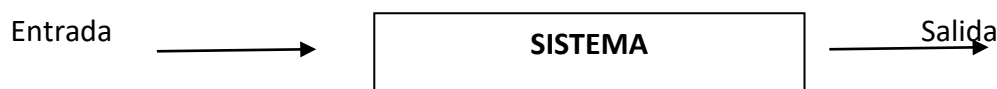
Un sistema puede estar compuesto de otros sistemas que llamamos **subsistemas**; a su vez puede formar parte de un sistema más grande que podemos llamar supersistema, metasistema, sistema total o sistema global. Por ejemplo, el sistema de transporte de una ciudad está compuesto, entre otras cosas, de unidades de transporte, que por derecho propio son a su vez sistemas, y este sistema de transporte forma parte a su vez de un macrosistema: el sistema de servicios públicos de una ciudad.

El concepto de sistema, tal como está planteado en la actualidad, tiene sus orígenes en el trabajo sobre Teoría de los Sistemas Abiertos, que hizo público, allá por 1925, Ludwing von Bertalanffy, biólogo alemán, quién más tarde desarrolló el concepto de sistema para poder encarar la resolución de problemas complejos relacionados con seres vivos; pero hay que llegar al término de la Segunda Guerra Mundial, con los trabajos, entre otros de Norbert Wiener, W. Ross Ashby, Warren McCulloch, Jay Forrester, etc., además de los de L. von Bertalanffy, para que el concepto de sistema adquiriera el alcance que hoy tiene. Para von Bertalanffy nada existe hasta que no exista un sistema.

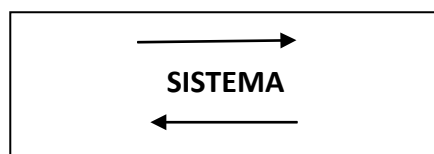
Sistemas abiertos y sistemas cerrados:

Desde el punto de vista de su vinculación con el entorno podemos clasificar a los sistemas en abiertos y cerrados.

Los **sistemas abiertos** son aquellos que están en relación con su entorno (con su medio), con el que mantienen un permanente intercambio, este intercambio puede ser tanto de energía, de materia, de información, etc., como de residuos, de contaminación, de desorden, etc. En sistema abierto podemos hablar de una entrada y de una salida.



Un **sistema cerrado** es aquel que está totalmente aislado del mundo exterior, con el que, en consecuencia, no tiene ningún tipo de intercambio. Un sistema cerrado es un sistema que no tiene medio. Ahora bien, un circuito cerrado es una abstracción que no tiene vigencia en la vida real, pero que debido a la simplificación que significa manejarse con datos que están limitados dentro del sistema ha permitido establecer leyes generales de la ciencia.



Al mundo físico, así como al social, se los puede concebir como organizados en torno a sistemas. Podemos decir que la vida humana transcurre en un gran sistema global, "el mundo", sistema complejo, tanto en su estructura como en su organización, en el que los sistemas que lo integran se caracterizan por una complejidad organizada que les permite su normal desenvolvimiento. Para entender y explicar el funcionamiento de estos sistemas - es decir el cómo y el porqué de los hechos y acciones, ya sean naturales o artificiales (consecuencia del accionar humano), que tienen lugar dentro de los mismos- el hombre, durante siglos ha buscado reducir el todo a una serie de elementos separables más pequeños, es decir

descomponer ese todo en partes elementales para estudiarlas en condiciones ideales (sin entorno); es decir se ha centrado en el estudio de porciones reducidas de la realidad (con la correspondiente pérdida de la visión del conjunto), pensando que una vez conocidas las características y el comportamiento de cada elemento, la recomposición del sistema -teniendo en cuenta las relaciones entre las partes- le posibilitaría llegar a conocer el comportamiento del todo, es decir de la actividad global. ***Esto no corresponde con la realidad pues es imposible independizar el comportamiento de un elemento del contexto en el que está inserto.***

El enfoque analítico:

Esta forma de enfocar el estudio de los sistemas es la que ha prevalecido desde la Grecia clásica hasta nuestros días y es lo que llamamos el "**enfoque analítico**", que parte del principio de estudiar aisladamente y con gran detalle las diferentes partes de un sistema (es decir una porción muy reducida de la realidad, lo que, como hemos dicho, implica perder la visión del conjunto). Una excepción a esta forma de razonar fue el planteo de Aristóteles que decía que "el todo es más que la suma de las partes", proposición que fue ignorada por la visión mecanicista vigente hasta este siglo. Recordemos que Descartes en su Discurso del método, plantea que para entender algo, "se lo debe descomponer en tantos elementos simples como sea posible".

Este enfoque analítico, reduccionista y determinista, y su correspondiente metodología, ha marcado y podemos decir posibilitado el gran desarrollo de las ciencias (física, química, biología, etc.), y sigue teniendo gran interés científico, habiéndose también hecho extensivo a otros campos, como por ejemplo el de la organización científica del trabajo (taylorismo)

Este enfoque, en principio válido cuando las variables en juego no son muchas, o sus relaciones son sencillas, es insuficiente cuando se trata de enfocar problemas complejos.

El enfoque sistémico:

El **enfoque sistémico** sirve como guía para interrogarse sobre el comportamiento de un sistema. A diferencia del enfoque analítico, el enfoque sistémico engloba la totalidad de los elementos del sistema estudiado, así como sus interacciones y sus interdependencias.

Resumiendo, podemos decir que el estudio de los sistemas se puede hacer desde:

- ***Una óptica diferenciadora o analítica.***
- ***Una óptica integradora o sistémica.***

En el primer caso hablamos de un **enfoque analítico**; en el segundo, de un **enfoque sistémico**.

ENFOQUE ANALÍTICO	ENFOQUE SISTÉMICO
Aísla; se concentra sobre los elementos.	Relaciona: se concentra sobre las interacciones de los elementos
Considera la naturaleza de las interacciones.	Considera los efectos de las interacciones.
Se basa en la precisión de los detalles.	Se basa en la percepción global.
Modifica una variable a la vez.	Modifica simultáneamente grupos de variables.
Independiente de la duración; los fenómenos considerados son reversibles.	Integra la duración y la irreversibilidad.
La validación de los hechos se realiza por la experimental en el marco de una teoría.	La validación de los hechos se realiza por comparación del funcionamiento del modelo con la realidad.
Modelos precisos y detallados, aunque difícilmente utilizables en la acción (ejemplo: modelos econométricos.)	Modelos insuficientemente rigurosos para servir de base a los conocimientos, pero utilizables en la decisión y en la acción (ejemplo: modelos del Club de Roma).
Enfoque eficaz cuando las interacciones son lineales o débiles.	Enfoque eficaz cuando las interacciones son no lineales y fuertes.
Conduce a una enseñanza por disciplinas (yuxtadisciplinaria)	Conduce a una enseñanza pluridisciplinaria.
Conduce a una acción programada en sus detalles.	Conduce a una acción por objetivos.
Conocimiento de los detalles, objetivos mal definidos.	Conocimiento de los objetivos, detalles borrosos.

En el **enfoque analítico** (estático) se parte del principio de considerar aisladamente y con gran detalle las diferentes partes del sistema, perdiendo la visión del conjunto.

En el **enfoque sistémico** (dinámico) se prioriza la visión del conjunto a costa de perder los detalles. Además, es interesante destacar que uno de los objetivos del enfoque sistémico es buscar "similitudes de estructura y de propiedad, así como fenómenos comunes que ocurren en sistemas de diferentes disciplinas, con esto se busca aumentar el nivel de generalidades de las leyes que se aplican a campos estrechos de experimentación. El enfoque sistémico busca generalizaciones que se refieran a la forma en que están organizados los sistemas, a los medios por los cuales los sistemas reciben, almacenan, procesan y recuperan información, y a la forma en que funcionan; es decir, la forma en que se comportan, responde y se adaptan ante diferentes entradas del medio.

En todo sistema podemos señalar, **su estructura y su funcionamiento:**

Estructuralmente un sistema puede ser divisible, pero funcionalmente, un sistema es indivisible ya que alguna de sus propiedades esenciales se perdería con la división. Cada elemento aislado pierde las características que tenía en su conjunto original, pues de la interacción entre elementos surgen nuevas propiedades que no son la simple suma de las propiedades de cada elemento.

Pero cada sistema sí puede a su vez, agruparse con otros para constituir un sistema superior. Y así, los problemas se resuelven no aislándolos sino considerándolos parte de un problema superior, o sea dentro de un sistema de mayor alcance y extensión.

La noción de sistema permite:

**Organizar los conocimientos.
Hacer la acción más eficaz.**

Algunos conceptos vinculados a los sistemas:

Elementos:

Los elementos son los componentes de un sistema. Los elementos pueden ser representación o conceptualización de características de la realidad. Los elementos pueden a su vez ser sistemas (subsistemas). Los elementos pueden ser no vivientes o vivientes (en muchos casos, combinación de ambos).

- Hay elementos que entran al sistema: las entradas.
- Hay elementos que dejan el sistema: las salidas o resultados.

Como ejemplo de elementos podemos mencionar: las moléculas de una célula; los alumnos de una escuela; las máquinas de una fábrica; las mercancías; el dinero; etc.

Proceso de conversión:

Dentro de un sistema tienen lugar procesos de conversión que cambian las características de los elementos de entrada convirtiéndolos en elementos de salida.

Entradas y recursos:

Las **entradas** son los elementos que entran a un sistema; como planteo general son: materia, energía e información. Para que un sistema abierto pueda funcionar debe importar ciertos recursos del medio. Se llaman **recursos** los elementos que normalmente se aplican o actúan sobre los elementos de entrada para modificar sus características. Los recursos son también entradas al sistema.

La diferencia entre recursos y entradas depende del punto de vista del que se los mire. Los recursos pueden ser materiales, financieros, humanos, etc.

Salidas o resultados:

Son el resultado del proceso de conversión. Las salidas pueden ser: materia, energía, información, productos acabados, desechos, etc.

Límites:

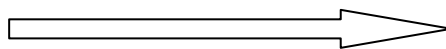
Los límites son las fronteras que enmarcan a un sistema y lo separan del mundo exterior (los límites pueden ser físicos, como también jurídicos o mentales). La fijación de los límites es un punto clave en el enfoque sistémico, pues delimita el campo de estudio. Tomemos como ejemplo el sistema "bicicleta", si lo que nos interesa es su funcionamiento desde el punto de vista mecánico, centraremos nuestro análisis en la bicicleta en sí, pero si nos interesa la bicicleta como medio de transporte tenemos que ampliar el límite y tener en cuenta el suelo sobre el que se desplaza, pues sin la fricción sobre el mismo no puede haber movimiento; como consecuencia no habría desplazamiento del cuadro, ni tampoco movimiento de giro de la rueda delantera. En nuestro caso la ampliación de los límites del sistema nos lleva a la necesidad de ir teniendo en cuenta muchas otras variables: el hombre, la carretera, el tránsito, etc.

Flujos:

Se entiende por flujo la circulación de elementos que intervienen o que forman parte de un sistema. Los flujos pueden ser de materia, de energía o de información. En un diagrama de bloques, los flujos de materia se representan gráficamente con flechas negras. Hay que tener en cuenta que cuando hablamos de flujo de materia nos referimos a algo que se conserva como tal, si entra al sistema debe salir (transformada, convertida en producto final, etc.) o acumularse en el mismo, pero no puede salir materia donde no entró materia, o donde no estaba acumulada. Al hablar de flujo de materia nos referimos a una magnitud física que se conserva.



Los flujos de energía se representan con flechas dobles. En este caso también es válido el tema de la conservación de la magnitud física. Puede haber una conversión de energía, pero un sistema no puede generar energía; si hay energía de salida (normalmente siempre la hay bajo forma de calor - pérdidas por fricción, etc.) tiene que haber energía de entrada, o energía acumulada en el sistema; esto es muy importante a tener en cuenta cuando se representa en un diagrama de bloques el funcionamiento de un sistema. El análisis de los flujos de energía es un recurso didáctico interesante para visualizar con claridad la noción de rendimiento, que es clave en tecnología.



Los flujos de información se representan con flechas de línea entrecortada. En este caso no es necesario que la información se conserve como tal.



Los flujos de materia y energía se representan con flechas negras gruesas. Teniendo en cuenta que en ciertos casos (por ejemplo, combustibles sólidos, líquidos o gaseosos), materia y energía están íntimamente asociados planteamos una flecha negra gruesa que integre el flujo de materia y de energía, lo que evita cometer incorrecciones como podría ser, colocar a la entrada de un sistema materia (el combustible, por ejemplo) y a la salida energía, pues se prestaría a interpretar que el sistema convierte materia en energía, lo que no es el caso. Esto, por ejemplo, se presenta concretamente en los motores de combustión interna en los que entra combustible (materia más energía química) y a la salida tenemos energía mecánica y térmica por un lado y materia (gases y residuo de la combustión) por el otro.



Depósitos:

Los depósitos son lugares de almacenamiento de materiales, energía, información, etc. Como ejemplos podemos mencionar: contenedores de hidrocarburo, grasa del organismo, bibliotecas, memoria de computadoras, filmes, etc.

Redes de comunicación:

Las redes de comunicación son las que posibilitan las relaciones e interacciones entre elementos y permiten los intercambios de materia, energía e información dentro de un sistema y con otros sistemas. Las redes de comunicación pueden ser físicas (redes eléctricas, carreteras, canales, gasoductos, nervios, arterias, etc. o mentales (órdenes).

Elementos de control: (válvulas)

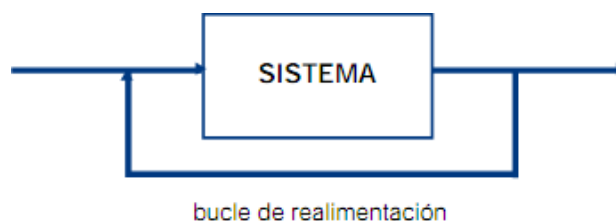
Son los elementos que controlan la circulación y el caudal del flujo. Los elementos de control transforman las informaciones que reciben en acciones. Como ejemplo de elementos de control podemos mencionar: una llave, una válvula hidráulica, una canilla, un interruptor, un semáforo, el director de una empresa, etc. Su representación simbólica suele tener el aspecto de un grifo colocado en la línea de flujo.

**Retardos:**

Los retardos son consecuencia de la velocidad de circulación de los flujos, de los tiempos de almacenamiento, etc. En otras palabras están vinculados con el tiempo de transmisión o circulación de materia, energía o información. Desempeñan un papel importante en el comportamiento de los sistemas complejos.

Bucles de realimentación: (feedback)

Se dice que en un sistema hay realimentación (o retroalimentación) cuando la salida actúa sobre la entrada. Los bucles de realimentación cumplen esa función, son estructuras bastante frecuentes en los sistemas y desempeñan un papel determinante en el funcionamiento de los mismos.



Sobre la base de su comportamiento, podemos decir que existen dos tipos de bucles:

- Los bucles de realimentación positiva (aumento de la divergencia)
- Los bucles de realimentación negativa (convergencia hacia un fin)

En general los sistemas tienden a mantenerse en equilibrio (mecánico, térmico, homeostático, etc.), y para que este equilibrio tenga lugar es necesario contar con mecanismos necesarios para modificar su comportamiento cuando las exigencias del medio lo requieran, los bucles de realimentación

negativa son, en estos casos los mecanismos idóneos.

El **enfoque sistémico** es un poderoso instrumento de estudio que tiene múltiples posibilidades de utilización. Aplicado al funcionamiento de un sistema, permite obtener importantes conclusiones, sin profundizar en detalles técnicos que complicarían o dificultarían el análisis; en este caso se priorizan los aspectos más globales que posibilitan sacar conclusiones no solamente desde el punto de vista técnico, sino también desde el social, el ecológico, etc.; además, se busca encontrar criterios que permitan efectuar comparaciones con otros sistemas.

Para la **educación tecnológica, el enfoque sistémico** (herramienta conceptual) interesa como contenido, en tanto pueda contribuir a una mejor comprensión y conocimiento del mundo construido. Su uso permite, entre otras cosas, interpretar y jerarquizar el papel de las interacciones, tanto entre los subsistemas que componen el sistema, como con el metasistema que integra. Evaluar su función como herramienta, preguntándose, por ejemplo, qué aporta su uso, evita reducir su estudio a la mera descripción de la herramienta y sus "aplicaciones tipo".

El enfoque sistémico, aplicado al análisis de los flujos en juego en un sistema, permite sacar conclusiones importantes sobre el comportamiento del sistema, estos flujos pueden ser de materia, de energía y/o de información.

El **enfoque sistémico permite**, conociendo pocos datos, obtener en forma sintética los valores de magnitudes vinculadas a importantes conceptos como pueden ser: el rendimiento de los procesos de utilización de la energía, los límites económicos del sistema (en cuanto a costos), los límites ecológicos (vinculados a la contaminación y al uso de recursos naturales finitos), etc. Con muy pocos datos se puede determinar, la eficiencia, los límites del ecosistema natural, la incidencia de la contaminación ambiental, la relación costo beneficio, el uso racional de la energía, etc. Todo esto nos autoriza a decir que, desde el punto de vista del conocimiento, el enfoque sistémico es una herramienta conceptual altamente eficiente.

El **enfoque sistémico es una herramienta** para la comprensión global de acciones, procesos y artefactos, y no debe reducirse a la aplicación rutinaria de esquemas de representación, sino que debe explorarse en su potencialidad, analizando las interacciones que se producen en un sistema, de las cuales emergen propiedades no reconocibles en ninguno de sus elementos o partes (sinergia). Uno de los aspectos relevantes del enfoque sistémico es la capacidad que aporta como ordenador y generador de preguntas en relación con el sistema en estudio, con un esquema de abordaje que es generalizable a otros sistemas y a distintas jerarquías de sistemas.

(Extraído de: Gay Aquiles; "**La educación tecnológica**"; INET; 2002)

Diagrama de bloques

El diagrama de bloques es una de las herramientas importantes del enfoque sistémico, y una de las que nos interesa mucho desde la óptica de la educación tecnológica, porque nos permite visualizar las relaciones entre los elementos de un sistema a través de los flujos de materia, energía e información. Los diagramas de bloques ilustran, mediante bloques, rectángulos o símbolos similares, los distintos elementos de un sistema (piezas de una máquina, fases de un proceso, etc.), los que a su vez pueden ser sistemas, y mediante flechas, las relaciones entre los mismos.

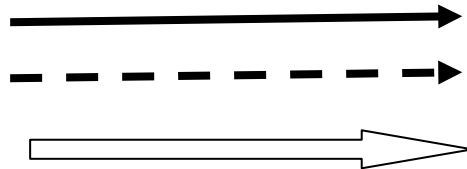
Los diagramas de bloques son modelos que representan, en lo esencial, los aspectos estructurales y funcionales de los sistemas, y permiten estudiar su comportamiento. Un modelo no es único y es función de los que se quiere estudiar, de los límites del sistema, etc.

En la construcción de los **diagramas de bloques** utilizaremos los siguientes símbolos:

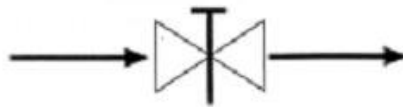
. **Bloques o rectángulos** para representar los elementos de un sistema, o los subsistemas; estos elementos cumplen funciones determinadas (transformación, depósito, etc.)



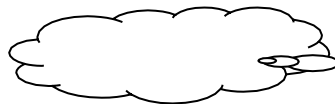
. **Flechas** para representar los flujos de energía, materia e información.



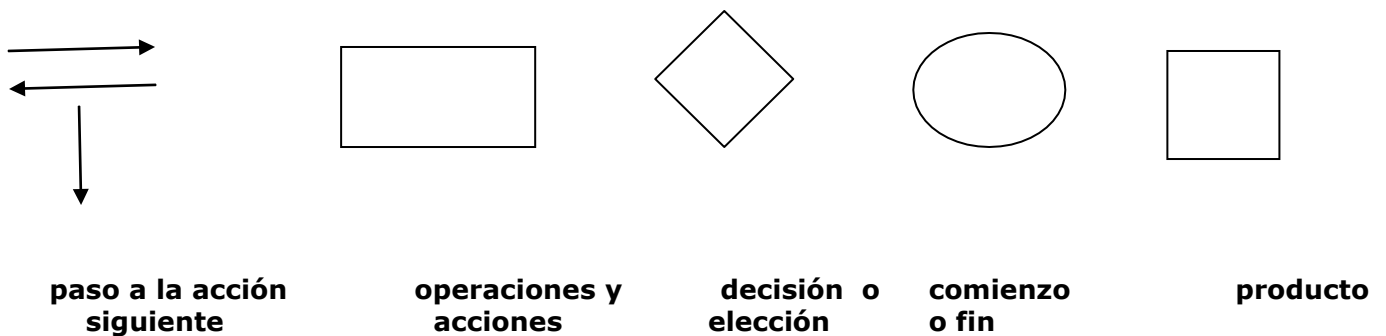
. **Dibujos** que representan válvulas para identificar elementos de control.



. **Nubes** para representar fuentes o sumideros fuera de las fronteras del sistema.



Otra manera de concebir a un diagrama de flujo, es pensarlo como un gráfico particular que plantea el recorrido que hay que hacer para llegar a la solución de un problema. Consiste en un elenco detallado y completo de las operaciones lógicas que deben realizarse en una determinada secuencia para conseguir un resultado. Consta de un código compuesto de pocos símbolos gráficos, cada uno de los cuales tiene un significado específico:



Actividades:

1) Completar según corresponda las siguientes oraciones:

- a) Un sistema es un de partes entre las que se establece alguna forma de relación.
- b) Un recipiente con agua, en el que no entra ni sale líquido (y como consecuencia el nivel permanece constante) es, en principio un sistema otros sistemas iguales a este podrían ser la estructura de un edificio, una piedra, etc.

- c) Un depósito en el que entra y sale agua es un sistema..... al igual que, por ejemplo, el sistema circulatorio, una célula viva, el motor de un auto funcionando, etc.
- d) Un sistema es una agrupación de elementos en dinámica organizados en función de un objetivo.

2) Señalar la opción correcta:

- I) Los sistemas se suelen representar simbólicamente por medio de diagramas de bloques
a) si b) no c) no siempre d) casi siempre
- II) Los flujos de materia se representan gráficamente con flechas entrecortadas
b) si b) no c) no siempre d) casi siempre
- II) Los flujos de energía se representan utilizando:
a) flechas con líneas dobles b) un bloque c) líneas entrecortadas d) no se representan
- III) Los flujos de materia y energía se representan utilizando:
a) flechas negras gruesas b) separados c) flechas entrecortadas d) no se representan
- IV) Los flujos (de materia, energía e información) que llegan a cada bloque (las entradas) se indican con flechas entrantes, mientras que los flujos que salen (las salidas) se indican con flechas salientes del bloque
a) si b) no c) no siempre d) casi siempre

3) ¿Por qué es necesario abordar las situaciones problemáticas desde un enfoque sistémico?

4) ¿Qué son y para qué sirven los diagramas de bloques?