



Concepto de un Modelo de Sistemas

Conviene empezar aclarando los sentidos en que emplearemos estos dos términos: sistema, dinámica y modelo.

Sistema

En primer lugar, empecemos por sistema. Este término se emplea con frecuencia, aunque con distintas acepciones. De modo coloquial hablamos de un sistema, como de un modo o manera de hacer algo; así, decimos que tenemos un sistema para resolver un problema o para alcanzar un objetivo. No es ese el sentido que nos interesa aquí. Más formalmente hablamos de un sistema como de un objeto dotado de alguna complejidad, formado por partes coordinadas, de modo que el conjunto posea una cierta unidad, que es precisamente el sistema. Así, hablamos del sistema planetario, formado por los planetas unidos mediante las fuerzas gravitatorias; de un sistema económico, formado por agentes económicos, relacionados entre sí por el intercambio de bienes y servicios; de un sistema ecológico, formado por distintas poblaciones, relacionadas mediante cadenas alimentarias o vínculos de cooperación; de una empresa, como sistema, en la que los distintos departamentos se coordinan en la organización empresarial; de una máquina, cuyas diferentes partes interactúan para lograr el fin para el que ha sido concebida. Este es el uso del término sistema que vamos a adoptar

Dinámica

El otro término que aparece en la locución dinámica de sistemas es dinámica. El término dinámica lo empleamos por oposición a estática, y queremos con él expresar el carácter cambiante de aquello que adjetivamos con ese término. Al hablar de la dinámica de un sistema nos referimos a que las distintas variables que podemos asociar a sus partes sufren cambios a lo largo del tiempo, como consecuencia de las interacciones que se producen entre ellas. Su comportamiento vendrá dado por el conjunto de las trayectorias de todas las variables, que suministra algo así como una narración de lo acaecido al sistema. Por otra parte, el término dinámico tiene una connotación no sólo de cambio, sino de la fuerza, de la determinación, que lo engendra.



Modelo

El término modelo está dotado de múltiples acepciones en el lenguaje ordinario. Aquí nos interesa aquella en la que se emplea como sinónimo de representación. Incluso en este caso se usa en doble sentido. Se dice que la persona a la que un pintor pinta (representa) es su modelo; y que una maqueta es el modelo a escala (lo que representa) de un edificio o un vehículo. A nosotros nos interesa este segundo uso, como representación de un cierto aspecto de la realidad. Así, decimos que un plano o un mapa es una representación bidimensional de la estructura geográfica de una cierta área. Nos sirve para conocer las relaciones espaciales entre los accidentes geográficos representados, para poder decidir cómo desplazarse de un punto a otro, y otros usos similares. Del mismo modo que al usuario de un plano lo que le interesan son exclusivamente las relaciones espaciales, al especialista en sistemas lo que le interesa de un sistema es cómo su estructura determina la evolución a lo largo del tiempo de las magnitudes que considera relevantes para describirlo. A una descripción de un sistema mediante un lenguaje se la conoce como un modelo de ese sistema.

Metodología Sistémica

Concretamente, la Dinámica de sistemas es una metodología que busca entender el comportamiento de sistemas complejos y la evolución de éste a través del tiempo. Utiliza métodos de sistemas duros, básicamente las ideas de realimentación, sistema dinámico, teoría de modelos en el espacio de estados y procedimientos de análisis numéricos; en su punto de mira también están los problemas no estructurados (blandos), como los que aparecen en los sistemas socioeconómicos.

La dinámica de sistemas es una metodología ideada para resolver problemas concretos. Inicialmente se concibió para estudiar problemas que se presentan en determinadas empresas en las que los retrasos en la transmisión de información, unido a la existencia de estructuras de realimentación, da lugar a modos de comportamiento indeseables, normalmente de tipo oscilatorio.

Para el estudio de los sistemas en general se ha desarrollado la metodología sistémica que pretende aportar instrumentos con los que estudiar aquellos problemas que resultan de las interacciones que se producen en el seno de un sistema, y no de disfunciones de las partes consideradas aisladamente.

Fase de identificación del problema y análisis del comportamiento

En esta primera fase se debe especificar claramente el problema. Se comienza por recopilar información y enumerar todas las variables que consideramos adecuadas para el sistema. A continuación, se identifica las variables clave asociadas a las magnitudes cuya variación a lo largo del tiempo queremos estudiar y que ayuden a definir los referidos límites del sistema así como la estructura de realimentación que gobierna su dinámica. Conviene describir los comportamientos característicos del sistema, denominados modos de referencia, que muestren la evolución temporal de las variables.

Fase de modelado cualitativo, o causal, del sistema

En esta segunda fase se elabora una hipótesis dinámica o causal, ello implica definir las influencias que se producen entre los elementos que integran el sistema. No es hasta que se empieza a enlazar las relaciones causales que se obtiene una visión del modelo. Se necesita saber de qué dependen las otras variables en las que se quiere influir. Es decir, hay que entender cómo funcionan unidas las relaciones causales entre las variables de un sistema.

Diagrama Causal

La Dinámica de Sistemas se basa en la utilización de dos tipos de diagramas, los Diagramas Causales y los Diagramas de Forrester, que tienen su origen en la Teoría General de Sistemas y son de hecho como las dos caras de la misma moneda.

Es importante tener claro que el propósito de la Dinámica de Sistemas en las empresas no es solo realizar predicciones del futuro de entornos que no podemos modificar, como hacen los modelos de simulación meteorológica, sino que nuestro propósito es ayudar a tomar decisiones para solucionar un problema. En esencia la Dinámica de Sistemas ha sido desde sus orígenes una herramienta para tomar decisiones para la resolución de problemas, es pues una “decision-making tool”.

Un Diagrama Causal es la representación gráfica de los elementos que influyen en un problema y de las relaciones que existen entre ellos. Este diagrama nos permite identificar los “feedbacks” que pueden dar estabilidad al sistema y también aquellos otros que pueden ser la palanca que nos permitirá transformarlo de una forma eficiente y radical.

Estructuras elementales

El análisis de un sistema consiste en su disección, al menos conceptual, para establecer las partes que lo forman. Sin embargo, el mero análisis de un sistema no es suficiente; no basta con saber cuáles son sus partes. Para comprender su comportamiento necesitamos saber cómo se integran; cuáles son los mecanismos mediante los que se produce su coordinación. Necesitamos saber cómo se produce la síntesis de las partes en el sistema

Por ello, en el estudio de un sistema, tan importante es el análisis como la síntesis. El énfasis en la síntesis distingue la metodología sistémica de las metodologías científicas más clásicas de análisis de la realidad. El conjunto de las relaciones entre los elementos de un sistema recibe la denominación de estructura del sistema y se representa mediante el diagrama de influencias o causal.

Veamos mediante un sencillo ejemplo cómo podemos analizar la estructura sistémica de un proceso.

Supongamos el hecho elemental de llenar un vaso de agua. En la Figura 1 se muestra una ilustración gráfica de ese proceso. Su descripción, en lenguaje ordinario, es muy simple: el que llena el vaso de agua, mediante la observación del nivel alcanzado en el vaso, actúa sobre el grifo, de modo que lo va cerrando según se alcanza el nivel que estima oportuno.

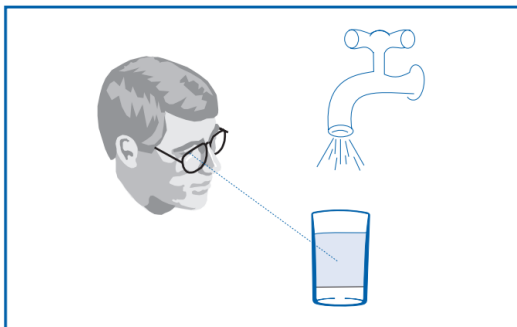


Figura 1. Proceso de llenar un vaso de agua

Estos elementos básicos del proceso están unidos entre sí mediante flechas que indican las influencias que se establecen entre ellos. Esta relación de influencia se escribe

FLUJO DE AGUA → NIVEL DE AGUA

lo que se indica, en el diagrama, mediante una flecha que va desde «flujo de agua» a «nivel» alcanzado.

De forma análoga, la «discrepancia» se determina a partir del «nivel deseado» y del «nivel» alcanzado (en realidad es la diferencia entre ambas). Por último, la «discrepancia» determina el «flujo de agua». Articulando todas las relaciones de influencia se tiene el diagrama de la Figura 2.

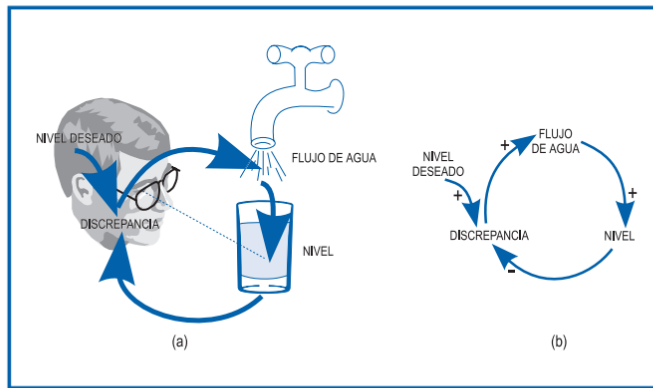


Figura 2.

En esta figura se observa que las flechas que unen la discrepancia con el flujo de agua, éste con el nivel alcanzado, para acabar de nuevo en la discrepancia, forman una cadena circular o cerrada de influencias, es lo que se conoce como un bucle de realimentación, que es un elemento básico en la estructura del sistema.

Este ejemplo constituye una muestra de cómo se puede analizar un sistema, descomponerlo en sus elementos esenciales, y relacionar estos elementos mediante un bosquejo de cómo se producen las influencias entre ellos.

En general, si A y B son dos partes de un sistema, el hecho de que A influya sobre B se representa mediante una flecha de la forma $A \rightarrow B$ e indica que B es una función de A, es decir $B = f(A)$, aunque no conozcamos la forma matemática exacta de la función. El conjunto de las relaciones entre los elementos de un sistema recibe la denominación de estructura del sistema y se representa mediante el diagrama de influencias o causal.

Referencias:

Aracil, J. (1995). Dinámica de sistemas por Javier Aracil. Edison, 4. Recuperado de https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/51/dinsist-dinamica_sistemas.pdf

Shceel Mayernberger, Carlos, Modelación de la Dinámica de Ecosistemas, Editorial Trillas, 1raEd 1998

Dynamicsys (2017) La Dinámica de Sistemas, Recuperado de <https://dynamicsys.wordpress.com/2017/10/04/dinamica-de-sistemas/>

Morlán Santa Catalina, I. (2010). Modelo de Dinámica de Sistemas para la implantación de Tecnologías de la Información en la Gestión Estratégica Universitaria. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatearen Argitalpen Zerbitzua. Recuperado de <http://www.ehu.eus/i.morlan/tesis/memoria/TesisIM02.pdf>