

Dinámica de Sistemas: La búsqueda del rigor en el diseño de sistemas sociales¹

Martin Schaffernicht
Universidad de Talca

Origenes

Hace 42 años, apareció un libro con el título "Dinámica Industrial". En él, Jay Forrester (Profesor del MIT), introduce al lector a un enfoque de modelamiento y simulación que ayuda a los administradores de empresas a tomar sus decisiones comprendiendo mejor la relación entre la estructura sistémica de su empresa y el comportamiento complejo del mundo en el cual está inserta.

La naturaleza de los sistemas sociales

Este enfoque se fundamenta en varias características de los sistemas en que actuamos y de las propias limitaciones de los seres humanos. Según Forrester, los sistemas como empresas, organizaciones, mercados o economías son *cerrados* y *no-lineales* en su estructura. Son cerrados porque de alguna manera las decisiones de los actores causan efectos que posteriormente vuelven a influir en las decisiones: si un gerente de marketing decide lanzar una campaña de promoción para uno de los productos de su empresa, esto puede conducir a generar una dificultad para otros productos de la misma empresa. En estas circunstancias, especialmente si algunos efectos se manifiestan con un retardo, se generan comportamientos indeseables como oscilaciones. También existen efectos de reforzamiento, por ejemplo cuando una empresa llega primero en un nuevo mercado, resultado de una innovación (una ventaja de conocimiento) y logra conservar o incluso ampliar su ventaja competitiva producto de la privilegiada relación con sus clientes. Esto es la *retroalimentación* que da un *cierre* a los sistemas. En general, en un mismo sistema encontramos varias *bucles de retroalimentación*, con diferentes velocidades, puesto que el tiempo que pasa entre una causa y su efecto puede ser más rápido o lento. Otra característica es en muchas veces las conexiones entre las variables no son lineales, tal que los efectos muchas veces se multiplican en lugar de sumarse.

Esta estructura de un sistema, explica su comportamiento, es decir la evolución de los valores de las variables que se perciben como relevantes: la evolución de la participación de mercado, de la ventaja comparativa, de las relaciones con competidores y otras son causadas por las entidades estructurales y las relaciones causales entre ellas. Este comportamiento puede ser sorprendentemente complejo en su dinámica, aún para estructuras aparentemente simples: crecimiento en forma de "S", crecimiento exponencial, sobreacción, crecimiento y derrumbe, oscilación son comportamientos analizables desde su estructura subyacente.

La naturaleza limitada del ser humano

Frente a estos sistemas -y parte de ellos- hay personas tratando de comprender su comportamiento, es decir tener una explicación válida. Lamentablemente el instrumental cognitivo del ser humano es adaptado a un mundo estable, sin cambios rápidos, en el cual sólo lo cercano en espacio y tiempo necesita ser tomado en cuenta. Como consecuencia,

¹ Adapto del documento http://dinamicasistemas.otalca.cl/din_sis/dinamica_sistemas.htm.

cometemos errores de apreciación: variables y conexiones distantes en el tiempo o remotas en el espacio no se perciben como relevantes. Entonces la reflexión se basa en ideas - o modelos mentales - incompletas, y las decisiones basadas en ellas producen efectos laterales que sorprenden e incluso molestan.

Vivimos en sistemas

Como otros países, también Chile fue testigo de un tal fenómeno, en el verano cuando se racionó la electricidad: por una parte, hubo una larga sequía y las centrales hidroeléctricas producían poco. Por otra parte, una nueva central termoeléctrica que había sido prevista para completar la oferta, se basó en un prototipo de turbina y éste falló. Al momento de tomar la decisión en pro de una turbina de prototipo, lo que evidentemente se hizo algún tiempo antes de este verano, ¿se tomó en cuenta la aumentada probabilidad de tener sequías debido al ciclo Niño-Niña?

También la evolución del caso del crédito universitario apunta a tal fenómeno: en 2002 hubo paros debido al descontento del alumnado con la insuficiencia de recursos, y la discusión pública se concentró en la insuficiente recuperación del crédito; en 2003 se repitió el problema de la insuficiencia, y ahora tenemos un esfuerzo de combatir la morosidad. Pero aún si se recuperan 100% de los montos prestados, ¿alguien se imagina en serio que esto puede ser suficiente si la demanda de ingreso a las universidades se ha más que duplicado y sigue creciendo?

Estos dos casos ilustran que los modelos mentales intuitivos no son una base firme para diseñar sistemas sociales. Y no debe sorprendernos que Forrester descubrió la presencia del mismo tipo de problema en partes que no fueran empresas; el más conocido campo fueron las ciudades, lo que dio lugar a la "dinámica urbana". Finalmente se habían acumulado suficientemente indicios de que se trata de algo más general, para justificar rebautizar el enfoque en "dinámica de sistemas".

Herramientas

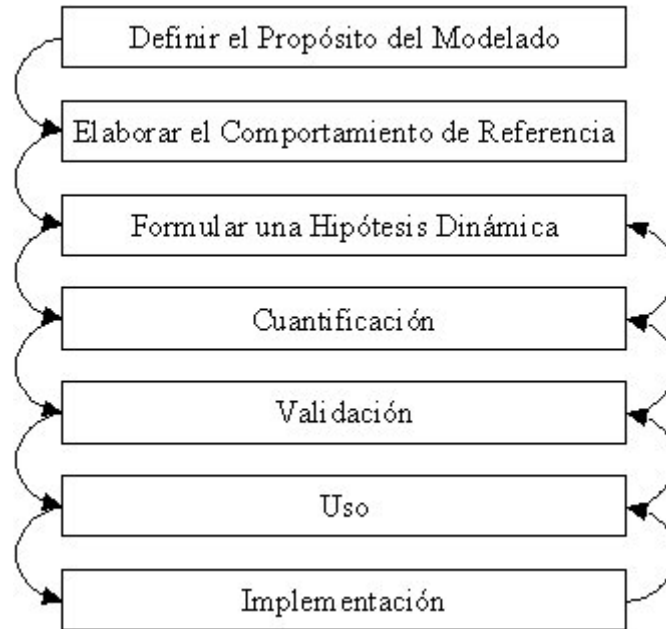
Un método riguroso: la simulación

Las personas que tienen que tomar decisiones se basan en su comprensión del caso bajo estudio. Frente a la insuficiencia del modelamiento intuitivo, se propone una alternativa rigurosa, que intenta traer las ventajas de la ingeniería a los sistemas sociales. No sin cierta ironía, Forrester remarca que nadie subirá a bordo de un avión que ha sido diseñado por intuición, pero no encontramos problemas con diseñar nuestras organizaciones de modo intuitivo. Se busca entonces una forma de modelar que va más allá de la detección de correlaciones entre variables (modelar para explicar), sino que se esfuerza para incluir hipótesis de causalidad y además de ser "operacional" (modelar para diseñar).

Se propone entonces un método que, a partir de un propósito bien definido, se basa en la descripción del comportamiento de las variables relevantes, llamado el *comportamiento de referencia*. Luego se elabora la "hipótesis dinámica": una conceptualización, en la cual se hace elemento del modelo inicial todo lo que parece tener importancia, pero ningún elemento que no tendría correspondencia directa con algo en el sistema modelado. Enseguida *se cuantifica el modelo y se procede a simular*: sólo la simulación como prueba podrá revelar si las ideas expresadas son suficientes para explicar el comportamiento del sistema. Sólo si el modelo supera una serie de pruebas será

considerado como válido, es decir digno de confianza; en el caso contrario, se hace evidente la necesidad de seguir reflexionando y modelando. Por lo tanto, el rigor se trae a la reflexión mediante la simulación.

Una vez que el modelo ha sido validado, se pueden hacer experimentos de cambio con el propósito de identificar las intervenciones que producirán el efecto buscado sin sorpresas laterales (en sentido estricto, no hay efectos laterales: lo que llamamos lateral, sólo no lo hemos visto antes pero de esto, somos responsables nosotros, no el sistema que modelamos). En esta etapa, se dice que la simulación comprime espacio y tiempo, porque podemos incluir elementos remotos y analizar periodos de tiempo largos.



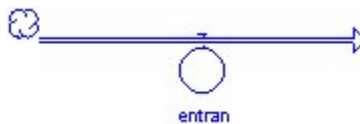
Un lenguaje para diagramar

Forrester desarrolló un lenguaje de diagramas para el modelamiento. Basándose en la dinámica de fluidos, cuenta con sólo 4 bloques de construcción. Los *acumuladores* o niveles son estados de algún recurso material que se puede cuantificar; por ejemplo, la cantidad de palabras en un artículo, la cantidad de dinero en un a cuenta o la cantidad de estrés en una persona, en un momento determinado.

Personas en Tienda



Los *flujos físicos* son lo que puede cambiar a un nivel: al escribir, aumenta el número de palabras, al borrar disminuye; al depositar aumenta el saldo, al retirar disminuye. En esto, muchos sistemas son comparables a la tina del baño, tanto en los aumentos que en la disminución del nivel. Especialmente, nosotros como actores sólo podemos intervenir en los flujos, nunca en los niveles.

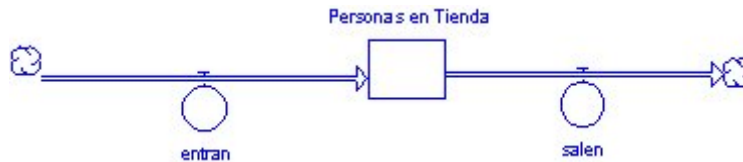


Para facilitar la preparación de la decisión, los modelos cuentan con dos bloques de construcción adicionales: convertidores y flujos de información. Un *convertidor* transforma informaciones que entran desde diferentes fuentes en una información nueva.



Los *flujos de información* permiten canalizar información sobre un elemento hacia otro.

El modelo que representa la situación de la tienda en el experimento es el siguiente:



Se lee de la siguiente manera: al inicio, se encuentra una cierta cantidad de personas en la tienda; al final de cada periodo durante la simulación, la cantidad acumulada de personas en la tienda corresponde a la cantidad final del periodo previo más los que entran menos los que salen.

Ámbitos de aplicación

En 40 años de proyectos de dinámica de sistemas, los dinamistas han explorado y diseñado en miles de empresas y organizaciones. Han podido elaborar diferentes conjuntos de patrones, estructuras que en muchos casos se encuentran. Entre ellas encontramos patrones de modelos aplicados a subsistemas funcionales de empresas, como: gestión de recursos humanos, gestión logística y "supply chain management", gestión de flujo de trabajo, evaluación de sistemas de información, exploración de escenarios y planificación estratégica.

Pero también se usa en otros ámbitos, como la economía (modelos del crecimiento, modelos de ciclos conjunturales, formación de expectativas) y temas relacionados con la sostenibilidad y el medio ambiente (dinámica poblacional, epidemias, efectos de la agricultura intensiva, industria y contaminación).

Fuera de los ámbitos empresariales, se ha desarrollado un campo grande en la educación. Esto obedece al reconocimiento de que los alumnos y estudiantes de hoy, serán tomadores de decisiones mañana, y si el pensamiento y la dinámica de sistemas es parte natural de sus competencias, no sólo se amplía la "base instalada" de usuarios de la dinámica de sistemas, sino que también se tomarán decisiones en base de una mejor preparación.

Resumen

Resumiendo, se puede decir que la Dinámica de Sistemas puede ser útil en situaciones donde actores se enfrentan a sistemas complejos, con muchas partes interactuando, de modo no-lineal y con relaciones temporales complejas y causalidades circulares. Para estos casos, propone un método de trabajo conducente a mejorar la comprensión de la estructura que genera la conducta compleja. Es un enfoque potente, ya que permite a sus usuarios mejorar la comprensión, lo que mejora las decisiones que a su vez resultan en acciones que provocarán menos efectos laterales y sorpresas.

Es por ello que Forrester propone ver el dinamista de sistemas como el diseñador de empresas dotado de herramientas rigurosas. Podemos pensar de este "manager" como del hombre representado en el cuadro de la Galería de Arte de H. M. Escher:



En este cuadro, un hombre en una galería de arte observa los cuadros expuestos. Uno de ellos contiene la ciudad en la cual se encuentra la misma galería de arte...

...lo que evidentemente nos parece imposible. Sin embargo, en nuestras empresas registramos datos que son pertinentes porque nuestros modelos (mentales) lo dicen así; basados en ellos tomamos nuestras decisiones y luego actuamos y nuestros actos contribuyen a formar el mundo. Enseguida miramos este mundo y registramos los datos pertinentes ...

La Dinámica de Sistemas nos ayuda a diseñar modelos (mentales) tan buenos que el mundo que generan nuestros actos no nos rompe el cuadro.