

UNIDAD 1.

SIMULACIÓN

Introducción a la simulación.

1.1. Definición e importancia de la simulación en la Ingeniería.

Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real través de largos periodos de tiempo.

Thomas H. Taylor

Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema.

Robert e. Shannon.

La simulación consiste básicamente en construir modelos informáticos que describen la parte esencial del comportamiento de un sistema de interés, así como en diseñar y realizar experimentos con el modelo y extraer conclusiones de sus resultados para apoyar la toma de decisiones.

Importancia de la simulación en la Ingeniería.

La Simulación es una de las herramientas más importantes e interdisciplinarias. En una simple corrida del programa podemos predecir cualquier comportamiento dinámico de una empresa o de la máquina que se esté diseñando. Así podemos ver los pronósticos para la demanda y utilidad de nuestro producto, o ver cuando un mecanismo se pueda hallar en las condiciones adversas del ambiente donde funcionará. Allí está el principal objetivo de la simulación prevenir eventos indeseables y corregirlos a tiempo de manera que podamos alcanzar con éxito nuestros proyectos no importa el tiempo que dure.

En este sentido las aplicaciones de la simulación parecen no tener límites. Actualmente se simulan los comportamientos hasta las partes más pequeñas de un mecanismo, el desarrollo de las epidemias, el sistema inmunológico humano, las plantas productivas, sucursales bancarias, el sistema de reparación de pizzas, crecimiento de poblaciones de especies de animales, partidos y torneos de fútbol, movimiento de los planetas y la evolución del universo, para mencionar unos pocos ejemplos de las aplicaciones de esta herramienta.

Además, la Simulación es cada vez más “amigable” para el usuario, que no tiene que ser un especialista en computación. Nos permite divertirnos mientras trabajamos.

EJEMPLO DE SIMULACIÓN

Considerar la operación de un banco de una caja donde los clientes llegan para el servicio de entre uno y diez minutos de distancia en el tiempo, valores enteros solo, cada valor igualmente probable.

Los clientes son servidos en un tiempo entre uno y seis minutos. Restricción de los tiempos a valores enteros es una abstracción de la realidad, ya que el tiempo es continuo, pero esto ayuda en la presentación del ejemplo.

El objetivo es simular el funcionamiento del Banco, a mano, hasta que veinte clientes son servidos y calcular las medidas de rendimiento como el porcentaje de tiempo de inactividad, el tiempo de espera promedio por cliente y así sucesivamente.

1.2. Conceptos básicos de la simulación.

Hay varios conceptos subyacentes de la simulación. Estos incluyen sistema y modelo, eventos, variables de estado del sistema, lista de entidades y atributos, proceso, actividades y retrasos, y por último la definición de simulación de eventos discretos.

Modelación

Es aquello que sirve para representar o describir entre otra cosa es decir crea prototipos (1° diseño), el modelo puede tener una forma semejante o ser totalmente distinto del objeto real.

Modelo

Se puede definir como una representación simplificada de un sistema real, un proceso o una teoría, con el que se pretende aumentar su comprensión hacer predicciones y posiblemente ayudar a controlar el sistema.

Existen 3 formas de modelos:

Icónico: Versión a escala del objeto real y con sus propiedades más o menos relevantes.

Analógico: Modelo con apariencia física distinto al original, pero con comportamiento representativo.

Analítico: Relaciones matemáticas o lógicas que representan leyes físicas que se cree gobiernan el comportamiento de la situación bajo investigación. Su utilidad puede tener las siguientes matrices:

Ayuda para aclarar el pensamiento acerca de un área de interés.

Como una ilustración de concepto.
Como una ayuda para definir estructura y lógica
Como un prerequisite al diseño.

La actividad de diseñar está interesada en definir cómo lograr un determinado propósito. Sin embargo, previamente al diseño esta la etapa de decidir que se va a diseñar. La modelación conceptual es necesaria en esta etapa.

Un modelo es una representación de un sistema real. Inmediatamente, hay una preocupación por los límites o fronteras del modelo que supuestamente representan el sistema.

El modelo debe ser lo suficientemente complejo como para responder a las preguntas, pero no demasiado complejo.

Considerar un acontecimiento como un suceso que cambia el Estado del sistema. En el ejemplo, los eventos incluyen la llegada de un cliente para el servicio en el Banco, el principio de servicio para un cliente y la realización de un servicio.

Hay eventos internos y externos, también llamados Eventos endógenos y exógenos, respectivamente. Para ejemplo, un evento endógeno en el ejemplo del Banco es el principio de servicio al cliente ya que es dentro del sistema se simula.

Un evento exógeno es la llegada de un cliente para el servicio desde esa ocurrencia es fuera de la simulación. Sin embargo, la llegada de un cliente al servicio incide en el sistema y debe tenerse en cuenta.

Las Variables de estado del sistema

Las variables de estado del sistema son la colección de toda información necesaria para definir lo que está sucediendo dentro del sistema a un nivel suficiente (es decir, alcanzar la deseada de salida) en un punto dado en el tiempo.

La determinación de las variables de estado del sistema es una función de los propósitos de la investigación, así que lo que puede ser el sistema de estado de las variables en un caso puede no ser el mismo en otro caso, aunque el sistema físico es el mismo. Determinar el sistema de las variables de estado es tanto un arte como una ciencia.

Entidades y atributos

Una entidad representa un objeto que requiere explícitamente definición. Una entidad puede ser dinámica que se mueve a través del sistema, o puede ser estática e. En el ejemplo, el cliente es una entidad dinámica, mientras que el cajero de banco es una entidad estática.

Una entidad puede tener atributos que pertenecen a esa entidad solo. Así, atributos deben ser considerados como valores locales. En el ejemplo, podría ser un atributo de la entidad la hora

de llegada. Atributos de interés en una investigación no puede ser de interés en otra investigación.

Recursos

Un recurso es una entidad que proporciona servicio en entidades dinámicas. El recurso puede servir a una o más entidades dinámicas al mismo tiempo, es decir, funcionar como un servidor paralelo.

Una entidad dinámica puede solicitar una o más unidades de un recurso. Si se niega, la entidad solicitante se une a una cola, o toma alguna otra medida (es decir, se desvía a otros recursos, expulsado del sistema).

Lista de procesa

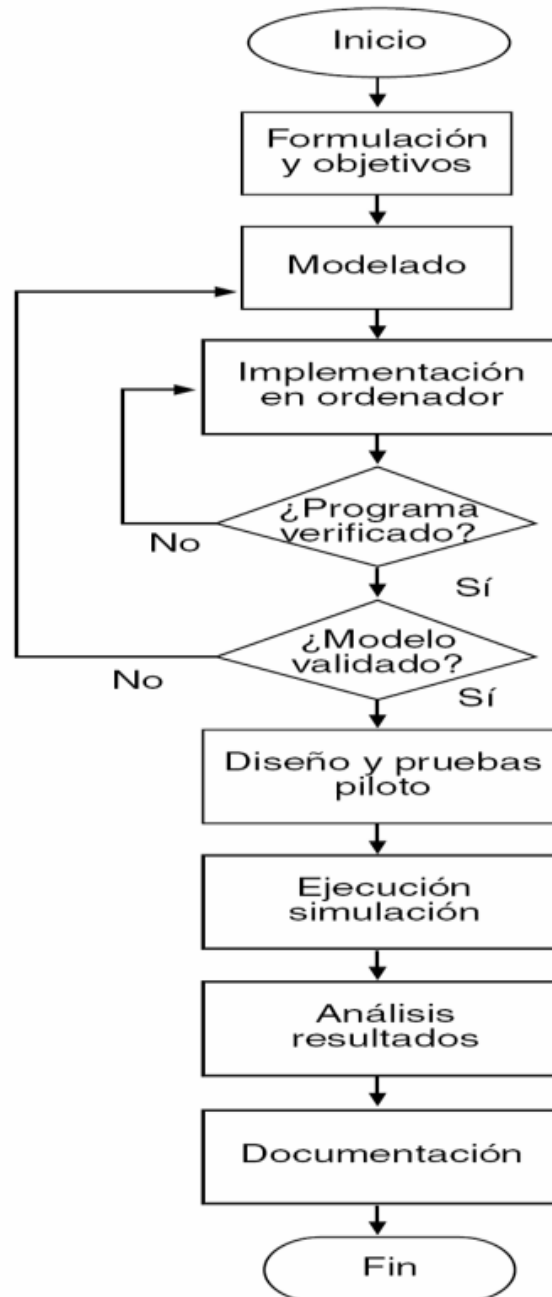
Las entidades son administradas por la asignación de los recursos que proporcionar el servicio, adjuntando los avisos del evento así se suspende su actividad en el futuro, o colocándolos en una lista ordenada. Las listas se utilizan para representar colas. Las listas se procesan a menudo según FIFO , pero hay muchas otras posibilidades.

1.3. Metodología de la simulación.



1.4. Estructura y etapas de un estudio de simulación.

A modo de resumen, para llevar a cabo la simulación del sistema se deben seguir una serie de etapas, ampliamente identificadas y discutidas en la literatura científica (Figura):



Clasificación de modelos

1. Estático. Las variables de estado no dependen del tiempo
2. Dinámico. El valor de las variables de estado es modificado en el tiempo
3. Determinista. Si el sistema no contiene ningún elemento aleatorio es un sistema determinístico.
4. Estocástico. En este caso algún elemento del sistema tiene una conducta aleatoria. Para valores de entradas conocidas no es posible asegurar los valores de salida.
5. Continuo. Se tiene un sistema continuo cuando las relaciones funcionales entre las variables del sistema sólo permiten que el estado evolucione en el tiempo en forma continua (basta que una variable evolucione continuamente). Matemáticamente, el estado cambia en infinitos puntos de tiempo.
6. Discreto. Se tiene un sistema discreto cuando las relaciones funcionales del sistema sólo permiten que el estado varíe en un conjunto finito (contable) de puntos temporales. Las causas instantáneas de los cambios de estados se denominan eventos.

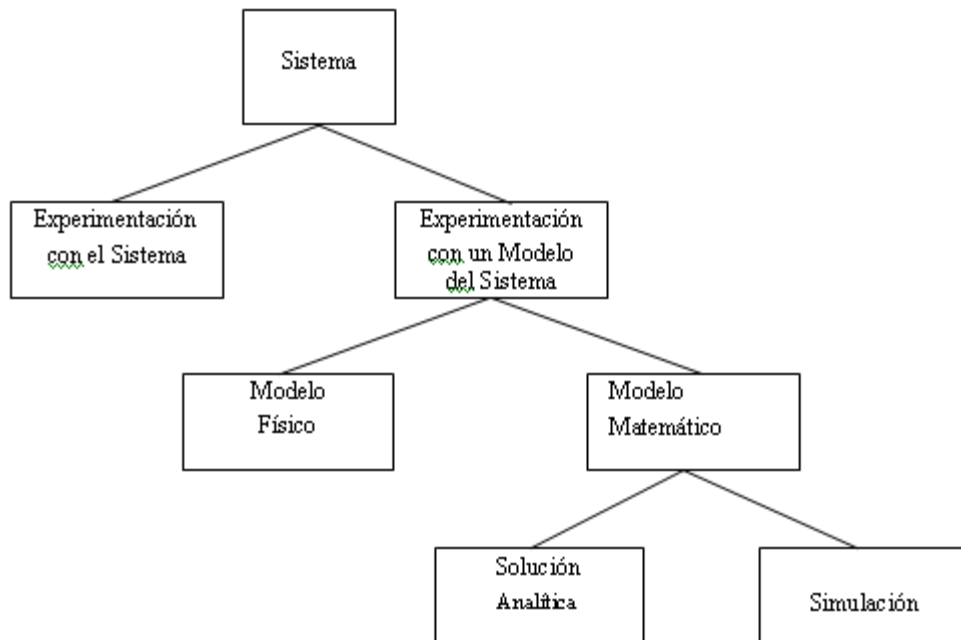


Figura 1.1. Formas de estudiar un Sistema

1.5. Etapas de un proyecto de simulación

Formulación del problema.

Otro importante aspecto abordado en la investigación es la identificación y estudio de las técnicas de integración para la formulación de las tareas docentes. Sin pretender profundizar en las complejidades que encierra una investigación pedagógica sobre el tema, a continuación, se describen muy brevemente algunas técnicas utilizadas para la formulación de problemas químicos de integración estructural, que son los más importantes:

1.-Modelación. Fijado el objetivo que se persigue en la creación de un problema, inmediatamente se activan los componentes intelectuales básicos: sensaciones, percepciones, memoria, pensamiento e imaginación. Con ellos se comienzan a dibujar en el cerebro nuevas ideas en forma de imágenes, con la necesidad de ser exteriorizadas mediante la construcción de modelos gráficos, es por ello que los elementos estructurales del problema son plasmados en el papel antes de su redacción en el formato final.

2.-Tanteo-error. Consiste en un proceso continuo de adecuación y ajuste por búsqueda y prueba de los datos y/o las incógnitas según las condiciones del problema, hasta encontrar las más adecuadas. La búsqueda puede ser de tipo inteligente o arbitrario, y en ocasiones es utilizada para modificar las condiciones y con ella reordenar los elementos estructurales. Se evidencia su utilización en el gran número de operaciones de cálculo que son realizadas, así como en tachaduras y borrones que generalmente aparecen sobre el papel del formulador.

3. Asociación por analogía. En esta técnica se hace uso de la reproducción en una primera fase. Consiste en establecer nuevos nexos entre datos e incógnitas siguiendo formatos y textos guardados en la memoria para obtener otras por medio de la innovación. Es evidente que sobre las ideas iniciales, posteriormente se introducen modificaciones, que consisten en relacionar los datos de otra forma, introducir nuevas condiciones o cambiar la forma de redactar las preguntas, para obtener al final un problema derivado, que si bien no se caracteriza por su originalidad, sí constituye una nueva tarea.

4.-Integración por inclusión. Es una técnica muy sencilla, cuyo procedimiento es asequible a cualesquiera sujetos. Consiste en elaborarla de forma tal que las incógnitas de los diferentes incisos mantengan una dependencia sucesiva en forma de cadena, como el ejemplo de la página 37, donde fueron caracterizados los sistemas semiabiertos, para luego eliminar los iniciales y solo dejar la incógnita final.

5.-Reformulación. Consiste en reconstruir la estructura gramatical y de sistema mediante procesos de innovación. Se diferencia de la analogía por la profundidad de los cambios introducidos, puesto que se parte de un ejemplo concreto que debe ser modificado y no de recuerdos que pueden ser borrosos y a veces confusos.

Durante su utilización se requiere de la imaginación y el pensamiento creativo para introducir los cambios, que de forma general pueden ser:

- introducir nuevas condiciones o modificar las viejas.
- cambiar las magnitudes de los datos.
- sustituir los datos cuantitativos por cualitativos.
- incorporar datos cualitativos sobre las sustancias involucradas para su identificación.

6.-Fusión de tareas (o contenidos) auxiliares. Como parte de las estrategias de integración, la fusión de tareas docentes auxiliares constituye una de las más importantes. Es poco empleada, debido a la elevada complejidad que implica el establecimiento de relaciones múltiples entre dato e incógnitas que proceden de ejemplos diferentes, aunque también pueden ser integrados diversos contenidos previamente seleccionados, que guarden una relación directa o indirecta. Consiste en fusionar dos o más contenidos (que pueden o no proceder de otras tareas), mediante los mecanismos de la

integración externa o interna, para obtener otra con un mayor nivel de complejidad. Para poner en práctica las técnicas analizadas, es necesario aclarar que casi nunca se emplean de forma aislada, más bien en forma asociada como conjunto, por ejemplo, cuando se selecciona la reformulación, ella va acompañada de otras complementarias como la modelación y el tanteo-error, entre otras. Además, en su conjunto, los fundamentos teóricos estudiados sobre los distintos tipos de tareas integradoras y las técnicas necesitan para su implementación del siguiente conjunto de requisitos

1.6 Elementos básicos de un simulador de eventos Discretos

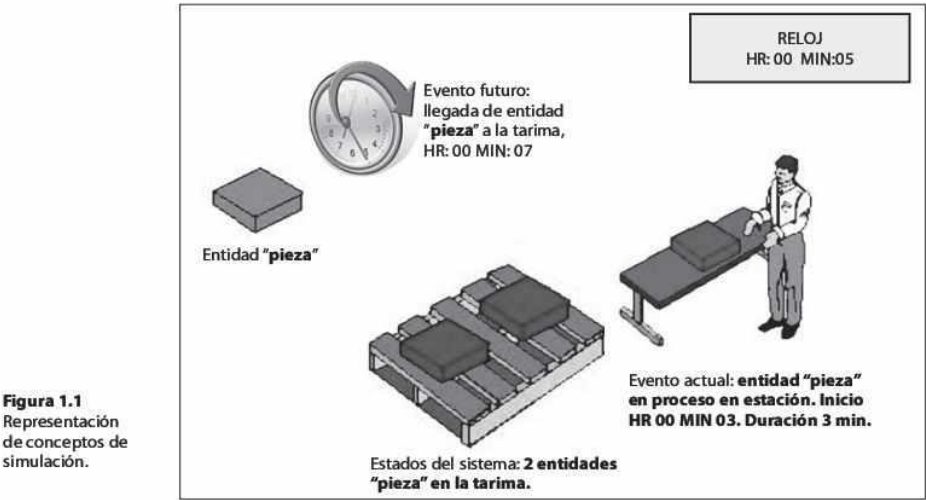
La definición básica de sistema nos dice que se trata de un conjunto de elementos que se interrelacionan para funcionar como un todo; desde el punto de vista de la simulación, tales elementos deben tener una frontera clara. Por ejemplo, podemos hablar del sistema de atención a clientes en un banco, del sistema de inventarios de una empresa, o del sistema de atención en la sala de emergencia de un hospital. Cada uno puede dividirse en elementos que son relevantes para la construcción de lo que será su modelo de simulación; entre ellos tenemos entidades, estado del sistema, eventos actuales y futuros, localizaciones, recursos, atributos, variables, y el reloj de la simulación, los cuales a continuación se describen:

Una entidad por lo general es la representación de los flujos de entrada y salida en un sistema; al entrar a un sistema una entidad es el elemento responsable de que el estado del sistema cambie. Ejemplos de entidades pueden ser; los clientes que llegan a la caja de un banco, las piezas que llegan a un proceso, o el embarque de piezas que llega a un inventario.

El estado del sistema es la condición que guarda el sistema bajo estudio en un momento de tiempo determinado; es como una fotografía de lo que está pasando en el sistema en cierto instante. El estado del sistema se compone de variables o características de operación puntuales (digamos el número de piezas que hay en el sistema en ese momento), y de variables o características de operación acumuladas, o promedio (como podría ser el tiempo promedio de permanencia de una entidad en el sistema, en una fila, almacén o equipo).

Un evento es un cambio en el estado actual del sistema; por ejemplo, la entrada o salida de una entidad, la finalización de un proceso en un equipo, la interrupción o reactivación de una operación (digamos por un descanso del operario), o la descompostura de una máquina. Podemos catalogar estos eventos en dos tipos: eventos actuales, aquellos que están sucediendo en el sistema en un momento dado, y eventos futuros, cambios que se presentarán en el sistema después del tiempo de simulación, de acuerdo con una programación específica. Por ejemplo, imagine que cierta pieza entra a una máquina para que ésta realice un proceso. El evento actual sería precisamente que la entidad llamada "pieza" se encuentra en la máquina. El evento futuro podría ser el momento en que la máquina concluirá su trabajo con la pieza y ésta seguirá su camino hacia el siguiente proceso lógico, de acuerdo con la programación: almacenamiento, inspección o entrada a otra máquina.

Para ilustrar con mayor claridad estas definiciones veamos la siguiente figura.



Adicional a la figura 1.1 podemos ilustrar los cambios en el estado del sistema de manera tabular y la manera en que va cambiando con cada evento en el tiempo. Si bien es cierto que en un modelo real se puede considerar una gran variedad de estadísticas, como podría ser el tiempo de permanencia en el sistema, el tiempo que pasa entre estaciones, el tiempo de procesos y el promedio de piezas. Cada una de estas estadísticas se vuelve a calcular hasta que un nuevo evento altera el estado del sistema actual; de aquí la importancia de identificar este tipo de simulación como eventos discretos. Esta representación se muestra en la siguiente tabla, la cual sólo considera el número de entidades en el sistema, en un modelo real ambas tablas contendrían más información.

Tabla de eventos futuros			Historia de la simulación			
Reloj	Evento futuro	Estatus	Reloj	Evento	Estado tarima	Estado estación
00:00			00:00	Inicio de simulación	0 piezas	0 piezas
00:02	Llegada pieza	Realizado	00:02	Llegada de pieza	1 pieza	0 piezas
00:03	Mover pieza a estación	Realizado	00:03	Pieza en estación	0 piezas	1 pieza
00:04	Llegada de la pieza	Realizado	00:04	Llegada de pieza	1 pieza	1 pieza
00:05	Llegada de la pieza	Realizado	00:05	Llegada de pieza	2 piezas	1 pieza
00:06	Fin de proceso estación	En espera				
00:07	Llegada de la pieza	En espera				

RELOJ
HR: 00 MIN 05

Tabla 1.1 Relación eventos y estado del sistema.

Además del esquema transaccional (pieza en tarima -> pieza en estación) que se presenta en un modelo de simulación, es necesario considerar algunos otros elementos que también forman parte de este tipo de modelaciones. A continuación describiremos algunos de ellos.

Las **localizaciones** son todos aquellos *lugares en los que la pieza puede detenerse para ser transformada o esperar a serlo*. Dentro de estas localizaciones tenemos almacenes, bandas transportadoras, máquinas, estaciones de inspección, etcétera. En el caso del gráfico mostrado en la figura 1.1 la tarima y la estación serían consideradas localizaciones del modelo. Observe que en el caso de la estación una sola localización puede ser representada gráficamente por varias figuras. En la estación observamos una mesa y a una persona que en conjunto forman una sola localización. En términos de simulación algunos paquetes permiten la animación de lo que se programó. En estos paquetes la representación iconográfica es sólo para aspectos visuales y no le resta o agrega potencia al modelo. Es decir, podríamos haber colocado una casa en lugar de la estación con mesa y operador y el modelo nos hubiese dado el mismo resultado.

Los **recursos** son aquellos *dispositivos —diferentes a las localizaciones— necesarios para llevar a cabo una operación*. Por ejemplo, un montacargas que transporta una pieza de un lugar a otro: una persona que realiza la inspección en una estación y toma turnos para descansar; una herramienta necesaria para realizar un proceso pero que no forma parte de una localización específica, sino que es trasladada de acuerdo con los requerimientos de aquel.

Un **atributo** es una *característica de una entidad*. Por ejemplo, si la entidad es un motor, los atributos serían su color, peso, tamaño o cilindraje. Los atributos son muy útiles para diferenciar entidades sin necesidad de generar una nueva, y pueden adjudicarse al momento de la creación de la entidad, o asignarse y/o cambiarse durante el proceso.

Como indica su nombre, las **variables** son *condiciones cuyos valores se crean y modifican por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas*. Pueden ser continuas (por ejemplo, el costo promedio de operación de un sistema) o discretas (como el número de unidades que deberá envasarse en un contenedor). Las variables son muy útiles para realizar conteos de piezas y ciclos de operación, así como para determinar características de operación del sistema.

El **reloj de la simulación** es el *contador de tiempo de la simulación*, y su función consiste en responder preguntas tales como cuánto tiempo se ha utilizado el modelo en la simulación, y cuánto tiempo en total se quiere que dure esta última. En general, el reloj de simulación se relaciona con la tabla de eventos futuros, pues al cumplirse el tiempo programado para la realización de un evento futuro, éste se convierte en un evento actual. Regresando al ejemplo de la figura 1.1, cuando el tiempo de proceso se cumpla, la pieza seguirá su camino hasta su siguiente localización, si ésta es la última del sistema lo más probable es que su siguiente proceso sea salir del sistema; el reloj simula precisamente ese tiempo.

Podemos hablar de dos tipos de reloj de simulación: el **reloj de simulación absoluto**, que parte de cero y termina en un tiempo total de simulación definido, y el **reloj de simulación relativo**, que sólo considera el lapso que transcurre entre dos eventos. Por ejemplo, podemos decir que el tiempo de proceso de una pieza es relativo, mientras que el absoluto sería el tiempo global de la simulación: desde que la pieza entró a ser procesada hasta el momento en el que terminó su proceso.

Ejemplo 1.1

Un taller recibe ciertas piezas, mismas que son acumuladas en un almacén temporal en donde esperan a ser procesadas. Esto ocurre cuando un operario transporta las piezas del almacén a un torno. Desarrolle un modelo que incluya el número de piezas que hay en el almacén y que esperan ser atendidas en todo momento, y el número de piezas procesadas en el torno.

En la siguiente figura podemos observar cómo se vería un modelo de simulación para este ejemplo.

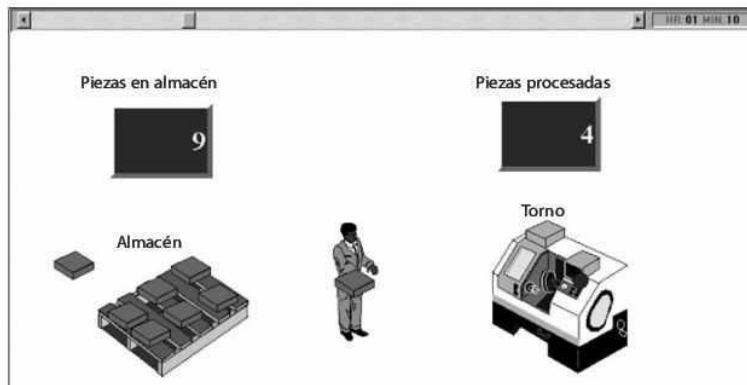


Figura 1.2
Modelo de
simulación para
el ejemplo 1.1.

En este ejemplo podemos identificar algunos de los elementos que participan en un modelo de simulación, de acuerdo con las definiciones que hemos comentado:

Sistema: En este caso, el sistema está conformado por el conjunto de elementos interrelacionados para el funcionamiento del proceso: las piezas, el almacén temporal, el operario, el torno.

Entidades: En este modelo sólo tenemos una entidad; las piezas, que representan los flujos de entrada al sistema del problema bajo análisis.

Estado del sistema: Podemos observar que cuando llevamos 1 hora 10 minutos de simulación (vea el extremo superior derecho de la figura) en el almacén se encuentran 9 piezas esperando a ser procesadas; el operario está transportando una pieza más para procesarla en el torno. El torno, por lo tanto, no está trabajando en ese momento, aunque ya ha procesado 4 piezas. Adicional a estos datos, podemos llevar un control de otras estadísticas relacionadas con el estado del sistema, como el tiempo promedio de permanencia de las piezas en los estantes del almacén temporal o en el sistema global.

Eventos: Entre otros, podríamos considerar como eventos de este sistema el tiempo de descanso del operario o la salida de una pieza tras ser procesada por el torno. Además es posible identificar un evento futuro: la llegada de la siguiente pieza al sistema (tendríamos más eventos de este tipo respecto de las piezas que esperan a que el operario las tome).

Localizaciones: En este caso tenemos el almacén al que deberán llegar las piezas y en el que esperarán a ser procesadas, así como el torno en donde esto ocurrirá.

Recursos: En este modelo, un recurso es el operario que transporta las piezas del almacén al torno.

Atributos: Digamos que (aunque no se menciona en el ejemplo) las piezas pueden ser de tres tamaños diferentes. En este caso, un atributo llamado tamaño podría agregarse a la información de cada pieza que llega al sistema, para más adelante seleccionar el tipo de operación que deberá realizarse y el tiempo necesario para llevarla a cabo de acuerdo con dicho atributo.

Variables: Tenemos dos variables definidas en este caso: el número de piezas en el almacén y el número de piezas procesadas en el torno.

Reloj de la simulación: Como se puede ver en la esquina superior derecha de la figura 1.2, en este momento la simulación lleva 1 hora 10 minutos. El reloj de la simulación continuará avanzando hasta el momento que se haya establecido para el término de la simulación, o hasta que se cumpla una condición lógica para detenerla, por ejemplo, el número de piezas que se desean simular.

Otro concepto importante que vale la pena definir es el de **réplica o corrida** de la simulación. Cuando ejecutamos el modelo una vez, los valores que obtenemos de las variables y parámetros al final del tiempo de simulación generalmente serán distintos de los que se producirán si lo volvemos a correr con diferentes números pseudoaleatorios. Por lo tanto, es necesario efectuar más de una réplica del modelo que se esté analizando, con la finalidad de obtener estadísticas de intervalo que nos den una mejor ubicación del verdadero valor de la variable bajo los diferentes escenarios que se presentan al modificar los números pseudoaleatorios en cada oportunidad.

De esta manera, la pregunta clave es: ¿cuánto tiempo se debe simular un modelo para obtener resultados confiables? En general, podemos decir que todas las variables que se obtienen en términos de promedios presentan dos diferentes etapas: un **estado transitorio** y un **estado estable**. El primero se presenta al principio de la simulación; por ejemplo, en el arranque de una planta, cuando no tiene material en proceso: el último de los procesos estará inactivo hasta que el primer cliente llegue, y si el tiempo de simulación es bajo, su impacto sobre la utilización promedio de este proceso será muy alto, lo cual no ocurriría si el modelo se simulara lo suficiente para lograr una compensación. En el estado transitorio hay mucha variación entre los valores promedio de las variables de decisión del modelo, por lo que formular conclusiones con base en ellos sería muy arriesgado, toda vez que difícilmente nos darían una representación fiel de la realidad.

1.7 Ventajas y desventajas de la simulación.

Como hemos visto hasta ahora, la simulación es una de las diversas herramientas con las que cuenta el analista para tomar decisiones y mejorar sus procesos. Sin embargo, se debe destacar que, como todas las demás opciones de que disponemos, la simulación de eventos discretos presenta ventajas y desventajas que se precisa tomar en cuenta al decidir si es apta para resolver un problema determinado.

Dentro de las ventajas más comunes que ofrece la simulación podemos citar las siguientes:

- a) Es muy buena herramienta para conocer el impacto de los cambios en los procesos, sin necesidad de llevarlos a cabo en la realidad.
- b) Mejora el conocimiento del proceso actual ya que permite que el analista vea cómo se comporta el modelo generado bajo diferentes escenarios.
- c) Puede utilizarse como medio de capacitación para la toma de decisiones.
- d) Es más económico realizar un estudio de simulación que hacer muchos cambios en los procesos reales.
- e) Permite probar varios escenarios en busca de las mejores condiciones de trabajo de los procesos que se simulan.
- f) En problemas de gran complejidad, la simulación permite generar una buena solución.
- g) En la actualidad los paquetes de software para simulación tienden a ser más sencillos, lo que facilita su aplicación.
- h) Gracias a las herramientas de animación que forman parte de muchos de esos paquetes es posible ver cómo se comportará un proceso una vez que sea mejorado.

Éstas son algunas de las desventajas que la simulación puede presentar:

- a) Aunque muchos paquetes de software permiten obtener el mejor escenario a partir de una combinación de variaciones posibles, la simulación *no* es una herramienta de optimización.
- b) La simulación puede ser costosa cuando se quiere emplearla en problemas relativamente sencillos de resolver, en lugar de utilizar soluciones analíticas que se han desarrollado de manera específica para ese tipo de casos.
- c) Se requiere bastante tiempo —por lo general meses— para realizar un buen estudio de simulación; por desgracia, no todos los analistas tienen la disposición (o la oportunidad) de esperar ese tiempo para obtener una respuesta.
- d) Es preciso que el analista domine el uso del paquete de simulación y que tenga sólidos conocimientos de estadística para interpretar los resultados.
- e) En algunas ocasiones el cliente puede tener falsas expectativas de la herramienta de simulación, a tal grado que le asocia condiciones similares a un video juego o a una bola de cristal que le permite predecir con exactitud el futuro.