



Simulación de eventos discretos

<http://humberto-r-alvarez-a.webs.com>



¿Qué es simulación?

- Consiste en diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentalmente con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema del mundo real o evaluar varias estrategias con las cuales puedan operar el sistema (Shannon).



¿Qué intenta hacer?

- Descubrir el comportamiento de un sistema
- Postular teorías o hipótesis que expliquen el comportamiento observado
- Utilizar esas teorías para predecir el comportamiento futuro del sistema, es decir mirar los efectos que se producirían en el sistema mediante los cambios dentro de él o en su método de operación



¿Por qué simulación?

- Los responsables de la toma de decisiones necesitan información cuantificable, sobre diferentes hechos que puedan ocurrir.
- La simulación constituye una técnica económica que nos permite ofrecer varios escenarios posibles de un modelo del negocio, nos permite equivocarnos sin provocar efectos sobre el mundo real.
- Podemos afirmar entonces, que la simulación es una ***rama experimental*** dentro de la Investigación de Operaciones



Etapas del proceso

- Definición, descripción del problema. Plan.
- Formulación del modelo.
- Programación .
- Verificación y Validación del modelo.
- Diseño de experimentos y plan de corridas.
- Análisis de resultados



Métodos de simulación

- **Simulación estadística o Monte Carlo:** Está basada en el muestreo sistemático de variables aleatorias.
- **Simulación continua:** Los estados del sistema cambian continuamente su valor. Estas simulaciones se modelan generalmente con ecuaciones diferenciales.
- **Simulación por eventos discretos:** Se define el modelo cuyo comportamiento varía en instantes del tiempo dados. Los momentos en los que se producen los cambios son los que se identifican como los eventos del sistema o simulación.
- **Simulación por agentes:** Se aplica a casos complejos, en los que se divide al comportamiento del sistema en subsistemas más pequeños denominadas células. El resultado de la simulación está dado por la interacción de las diversas células.



Simulación y sistemas



- La simulación se refiere a un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales
- Se entiende por sistema una **colección de entidades relacionadas**, cada una de las cuales se caracteriza por **atributos** o características que pueden estar **relacionadas** entre ellas y con un objetivo común.
- Los **atributos** de una **entidad** definen su **estado** y los estados de las entidades más importantes definen el estado del sistema.



- Los modelos de simulación incluyen diferentes tipos de entidades, tales como recursos, atributos, transacciones y colas.
- Un **recurso** es un componente del sistema que desarrolla presente, como por ejemplo, activo, o asisten en una actividad.
- Los **atributos** de un recurso definen su estado pasado o inactivo, dañado, etc.
- Una **transacción** representa una parte, información o unidad sobre la cual se efectúa alguna actividad utilizando un recurso.
- Los **atributos de una transacción**, son valores que distinguen estas de otras transacciones, como por ejemplo número de parte, código, nombre, color, fecha de terminación, etc.
- Una **cola** es un lugar donde las transacciones esperan por un recurso. El número de transacciones en espera es una medida típica de un atributo de cola.
- Finalmente, el modelo de simulación, por sí mismo, es una transacción cuyo atributo es el tiempo de simulación.



Análisis del sistema

- Supone estudiar sus cambios a través del tiempo.
- Sea $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ el conjunto de los n diferentes estados de un sistema **S**.
- Si un sistema puede tomar un conjunto finito de estados, durante un período dado de tiempo, el estado del sistema será uno entre un conjunto finito de posibles secuencias de estados.
- Cuanto mayor sea el intervalo de tiempo, mayor la posible secuencia de posibles estados.
- Sea **S** el estado de un sistema en un instante de tiempo dado tal que, $\mathbf{S} \rightarrow S_i \in \{S_1, S_2, \dots, S_n\} \forall t_i$.
- En todo intervalo de tiempo Δt arbitrariamente pequeño, existe una probabilidad de encontrar un sistema en un estado determinado y también una probabilidad de que dicho estado cambie a uno de los restantes.



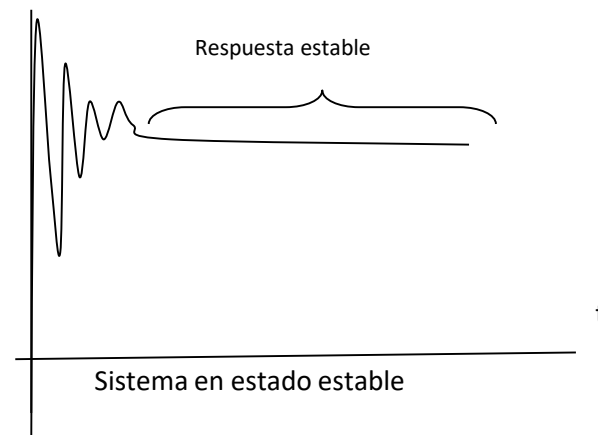
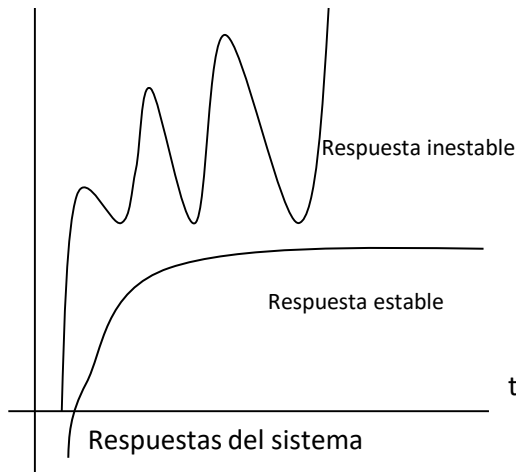
Estados del sistema

- Dos elementos describen un cambio de estado en el tiempo: **magnitud y retraso.**
 - La magnitud de un cambio se refiere a la diferencia absoluta en el valor de un atributo durante un período específico comparado con un valor antes del cambio.
 - Sean S_t y S_{t+1} los estados correspondientes a los tiempos t y $t+1$, respectivamente, entonces $|S_{t+1} - S_t|$ será la magnitud del cambio de estado del tiempo t al tiempo $t+1$.
 - Un estímulo externo produce un cambio en el estado del sistema, el cual puede ocurrir de manera instantánea o después de transcurrido un tiempo después de recibido el impulso o estímulo.
 - El retraso será el intervalo de tiempo Δt que transcurre hasta que se percibe el cambio del sistema.



Estados del sistema

- Una respuesta es **estable** si su comportamiento busca un **equilibrio**, de lo contrario se conoce como una respuesta **inestable**.
- Un sistema está en estado estable si está en equilibrio (sea este estático o dinámico) en un intervalo de tiempo lo suficientemente largo, esto es si $\Delta t \rightarrow \infty$



Simulación de eventos discretos

- Se caracteriza por un control en la variable del tiempo que permite avanzar a éste a intervalos variables, en función de la planificación de ocurrencia de tales eventos a un tiempo futuro.
- El estado del sistema solo cambia mediante la ejecución de eventos, avanzando el tiempo de simulación a medida que se van ejecutando y eliminando los eventos pendientes para el valor de tiempo actual.
- La ejecución de un evento puede desencadenar la generación de nuevos eventos futuros.
- Cada uno está marcado por su tiempo, por lo que el orden de generación puede no coincidir con el orden de ejecución.
- Finalmente, las variables que definen el sistema no cambien su comportamiento durante el intervalo simulado.



Tipos de eventos

- El conjunto de eventos programados, ordenados por tiempo de ocurrencia, forman la **lista de eventos**.
- Las métricas de funcionamiento del sistema son de dos tipos:
 - Aquellas que definen un valor en cada intervalo de tiempo y son medidas **persistentes en el tiempo**. Ejemplos de estas medidas son tamaño de una cola o el estado de un recurso.
 - Aquellas que solamente se pueden medir al ocurrir un evento. Se conocen como **observaciones**. Algunos ejemplos son el tiempo entre eventos, tiempo de servicio, etc.



Componentes del modelo

- Variables de simulación
- Reloj de simulación
- Lista de eventos
- Generador de números aleatorios
- Estadísticas
- Condiciones de parada



Métricas

- **Rendimiento o tasa de transferencia** (“throughput”): el número de transacciones que completan el servicio en un tiempo dado.
- **Tiempo de producción** (“makespan”): intervalo de tiempo para servir un número dado de transacciones.
- **Calidad**: porcentaje de eventos que cumplen con los parámetros de calidad definidos.
- **Tiempo en el sistema**: tiempo total que un evento permanece en el sistema (o subsistema).
- **Inventario de Trabajo en Proceso**: el número de eventos parcialmente servidos en un tiempo dado.



Métricas

- **Inventario de Trabajo en Proceso:** el número de eventos parcialmente servidos en un tiempo dado.
- **Congestión:** la razón del tiempo de espera al tiempo de proceso.
- **Utilización:** el número de recursos utilizados, el porcentaje de tiempo que el recurso está ocupado. En el caso de colas estáticas, el factor de utilización se determina por la expresión $\lambda/c\mu$, donde c es el número de servidores. La utilización deberá ser menor del 100%, de lo contrario el sistema “explota” y hay que simular la misma.
- **Flexibilidad:** el número de recursos libres en el tiempo.

