

# INGENIERIA INDUSTRIAL SIMULACION

## 1. INTRODUCCION



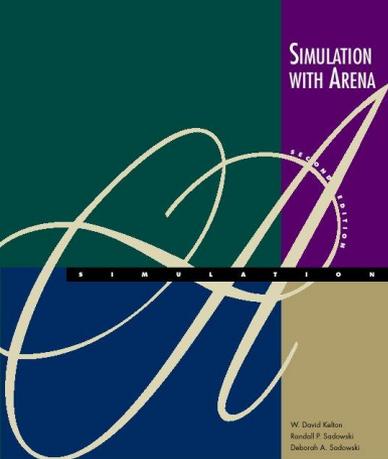
Universidad  
**LATINA**

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

**Blog del curso: [simulacion.wordpress.com](http://simulacion.wordpress.com)**



DR. JORGE ACUÑA A<sub>1</sub>



# ¿QUE ES SIMULACION?

“La representación vía computadora de un conjunto de eventos reales tomando como base información disponible o generada a través de distribuciones de probabilidad”



Universidad  
**LATINA**

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

INSTRUCTOR: DR.  
JORGE ACUÑA



# ***SIMULACION ES:***



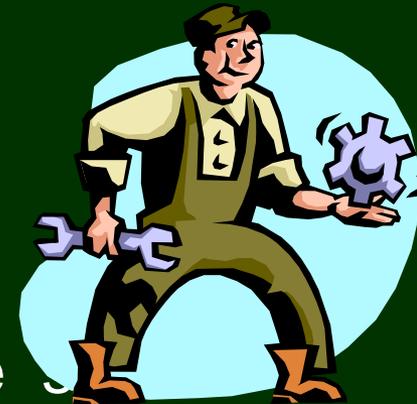
- Un medio de representar el comportamiento de un sistema vía computador y basado en un modelo válido
- Una herramienta que permite construir modelos reales y complejos y que no es fuente de soluciones analíticas, por lo que no se obtienen resultados exactos
- Una poderosa y útil herramienta para modelar sistemas matemáticamente y que se basa en el principio de que una respuesta aproximada para un problema exacto es siempre mejor que una respuesta exacta para un problema aproximado.

INSTRUCTOR: DR. JORGE ACUÑA



# AREAS DE APLICACIÓN

- Manufactura — planeamiento de producción, control de inventarios, distribución de planta, análisis de nuevos sistemas, análisis de productividad y de calidad.
- Procesos en sistemas de servicio: bancos, restaurantes, hospitales, correo, etc.
- Distribución y logística de producto
- Sistemas de salud y clínicas
- Servicios públicos: tránsito, electricidad, agua
- Diseño de aeropuertos y puertos
- Pronósticos de demanda y de producción
- Todo sistema que requiera ser evaluado sobre modelo actual o sobre las propuestas de mejora



# MODELOS



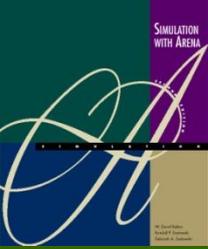
- Un modelo es una abstracción/simplificación del sistema que es usado para aproximarlos
- El modelo de simulación pueden contemplarse una gran variedad de ideas y se basa en el principio de que es mas barato cometer errores en el computador y no en aplicaciones reales
- El modelo de simulación debe ser *válido*
- Hay dos grandes clasificaciones de modelos
  - *Físicos* (icónicos)
  - *Lógicos/Matemáticos* -- supuestos lógicos y cuantitativos con aproximaciones: (determinísticos, probabilísticos y simulación)





# ¿CUANDO APLICAR UNO U OTRO MODELO?

- Si el problema a resolver requiere de un modelo muy simple se deben usar modelos matemáticos tradicionales (teoría de colas, modelos estadísticos, ecuaciones diferenciales o programación lineal)
  - Bueno en el sentido de que se obtiene soluciones exactas y en muchos casos óptimas
  - Pero puede requerir de muchos supuestos que castigan la validez del modelo
- Si el problema es complejo y el modelo requiere del manejo de muchas variables se debe usar simulación



# **SIMULACIÓN POR COMPUTADORA**

news

- Es un método para estudiar una gran variedad de modelos que representan sistemas reales
  - Usa evaluación numérica en el computador
  - Usa software para imitar operaciones y características del sistema.
- Es el proceso de diseñar y crear modelos computarizados de un sistema y hacer experimentos basados en operaciones numéricas
- Simulación tolera modelos complejos

**INSTRUCTOR: DR. JORGE ACUÑA**

# VENTAJAS DE LA SIMULACIÓN



Universidad  
LATINA

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

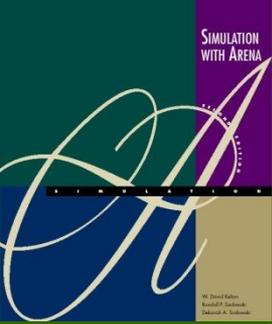


- Flexibilidad de modelar cosas como ellas son aún cuando sean complicadas o desordenadas.
- Permite estudiar los sistemas en su comportamiento real buscando solución a los problemas donde realmente ocurren.
- Permite riesgos de error en el modelado sin afectar el rendimiento del mismo pues se puede corregir.
- Los modelos de simulación son construidos para analizar diversas políticas o diseños propuestos



# VENTAJAS DE LA SIMULACIÓN

- Los datos obtenidos al correr un modelo de simulación son menos caros que los datos obtenidos de un sistema real
- La simulación puede probar varias medidas de efectividad sin restricción en los aspectos que se asumen
- El tiempo se puede comprimir en la simulación y no es necesario interrumpir el desarrollo de actividades del sistema
- Puede contestar preguntas “What if” sea ¿qué ocurre si?



# VENTAJAS DE LA SIMULACIÓN



- Los avances logrados implican bajos costos en el procesamiento de información
  - Se estima que el 95% de los recursos computacionales son usados por varias clases de simulaciones
- Hay avances en paquetes de simulación
  - Cada día mas fáciles de usar
  - Pocas restricciones en la construcción del modelo (jerárquico, red)
  - Diseño estadístico y capacidad de análisis
  - Animación en tres dimensiones

INSTRUCTOR: DR. JORGE ACUÑA



# DESVENTAJAS DE LA SIMULACION

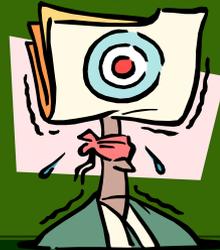
- No se tienen respuestas exactas solo aproximaciones o estimados, sin embargo; esto es cierto para otra gran variedad de técnicas
- *(RIRO)* entrada aleatoria genera salida aleatoria
- Varias corridas de simulación pueden ser caras
- Modelos dependen del grado de abstracción y conocimiento del sistema que tenga el modelador por lo que se debe cuidar
- Sino se planea la construcción del modelo se puede perder el tiempo y el dinero invertido

# ERRORES EN SIMULACIÓN



Universidad  
LATINA

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES



- Mala construcción del modelo pues no se entendió el comportamiento real del sistema
- Exceso de *abstracción* pues el analista no modela con los pies en la tierra
- Errores de codificación en la programación
- Errores de aleatoriedad en el muestreo: los datos de entrada el modelo no se ajustan a la realidad

# TIPOS DE MODELOS DE SIMULACIÓN



- Estáticos o *Dinámicos*
  - ¿Juega un papel importante el tiempo en el modelo?
- De cambios continuos o *discretos*
  - ¿Puede el estado del sistema cambiar continuamente o solo en puntos discretos del tiempo?
- Determinísticos o *estocásticos*
  - ¿Es todo puntual o está sujeto a una incertidumbre?
  - Mayor cantidad de modelos operacionales son:
  - *Dinámicos*, de *cambios discretos*, *estocásticos*

# FUNCIONAMIENTO DE LA SIMULACION



# ELEMENTOS DE UNA SIMULACIÓN



Universidad  
LATINA

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

- Sistema : Grupo de objetos que interactúan entre si para lograr una meta predeterminada
- Estado del sistema: Conjunto de variables que contienen toda la información para describir el sistema en un período de tiempo.
- Evento: Ocurrencia instantánea que cambia el sistema de un estado a otro



# ELEMENTOS DE UNA SIMULACIÓN



- Entidades: Elementos que se mueven en la simulación, cambian de estado, afectan y son afectados por otras entidades
  - *Objetos dinámicos* — son creados, se movilizan, abandonan el sistema
  - Usualmente representan cosas “reales”
    - Manufactura: las entidades son las partes
  - Usualmente tiene acciones múltiples
  - Puede tener diferentes tipos de entidades concurrentemente.
  - Son transientes

# ELEMENTOS DE UNA SIMULACIÓN



Universidad  
LATINA

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

## ¿Qué tipo de entidad es un trabajador?

**Depende de los objetivos del estudio:**

Diseño de facilidades físicas y de capacidad

Trabajador es una entidad residente

Programación y planeamiento de OPERACIONES

Trabajador puede ser una entidad transiente



# ELEMENTOS DE UNA SIMULACIÓN



Universidad  
LATINA

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

## Atributos

- Propiedades y características de todas las entidades que las describen y las diferencian
- Todas las entidades tienen los mismos tipos de atributos pero con valores diferentes para diferentes entidades, por ejemplo:
  - Tiempo de arribo, Tiempo de entrega, Prioridad
  - Color
- El valor de un atributo se adhiere a una entidad específica
- En ARENA algunos están definidos, otros los define el analista



# ELEMENTOS DE UNA SIMULACIÓN



Universidad  
LATINA

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

## *Variables*

- Reflejan una característica del sistema y no se relacionan con las entidades
- Nombre único en el modelo y no están fijadas a las entidades
- Entidades las pueden acceder y cambiar sus valores
  - Tiempo de traslado entre departamentos
  - Número de clientes en el sistema
  - Reloj de simulación
- Algunas son reservadas en ARENA, el analista puede definir otras



# ELEMENTOS DE UNA SIMULACIÓN



Universidad  
LATINA

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

- Recursos (entidades residentes)
  - Las entidades transientes compiten por personas, equipo, maquinaria y espacio que son recursos
  - Entidad *captura* un recurso, lo usa, y lo *libera*
  - Un recurso se asigna a una entidad, mas que una entidad perteneciente a un recurso
  - “Un” recurso puede tener varias *unidades* de capacidad
    - Asientos en una mesa de un restaurante
    - Servidores en un mostrador de aerolínea
  - El número de unidades de un recurso puede ser cambiado durante la simulación



# ELEMENTOS DE UNA SIMULACIÓN



## Colas

- Lugar para las entidades que esperan cuando los recursos no están disponibles y por ello no los pueden capturar
- Tienen nombres, frecuentemente ligados a un recurso
- Puede tener capacidad finita para modelar espacios limitados — se quiere saber que pasa con la entidad si al arribar a la cola esta está llena
- Generalmente se desea observar la longitud de la cola y el tiempo de espera en ella



# ELEMENTOS DE UNA SIMULACIÓN



## Medidas de efectividad

- Variables que “observan” lo que está pasando
- Dependen de las medidas de rendimiento deseadas
- “Pasivas” en el modelo — no participan, solo observan
- Muchas son automáticas en Arena, pero otras deben ser establecidas y mantenidas durante la simulación
- Al final de la simulación, se usan para calcular el valor final de las medidas de rendimiento



# ELEMENTOS DE UNA SIMULACIÓN



Universidad  
LATINA

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

- Ejemplos de medidas de efectividad:
  - Número de clientes atendidos
  - Total de tiempo de espera en cola
  - Número de clientes que han tenido que esperar en cola
  - Máximo tiempo de espera en cola
  - Tiempo de ciclo
  - Máximo tiempo de ciclo
  - Máxima longitud de cola
  - Utilización del servidor

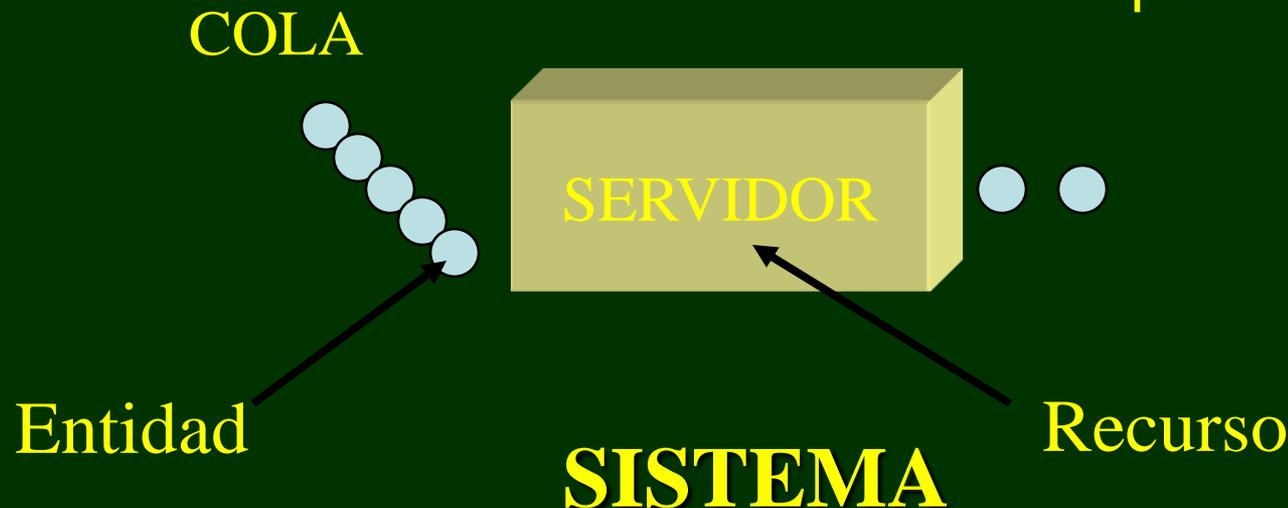


# EJEMPLO SIMPLE EN MANUFACTURA



Atributo: Tiempo del proceso

Variable: Tiempo de ciclo



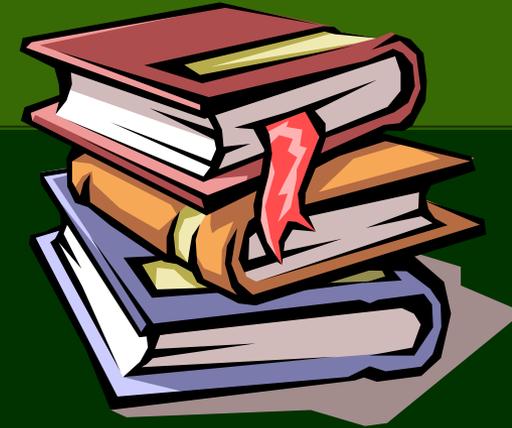
Medida de efectividad: número de clientes atendidos

# DINÁMICA DE SIMULACIÓN: PROGRAMACIÓN DE EVENTOS

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

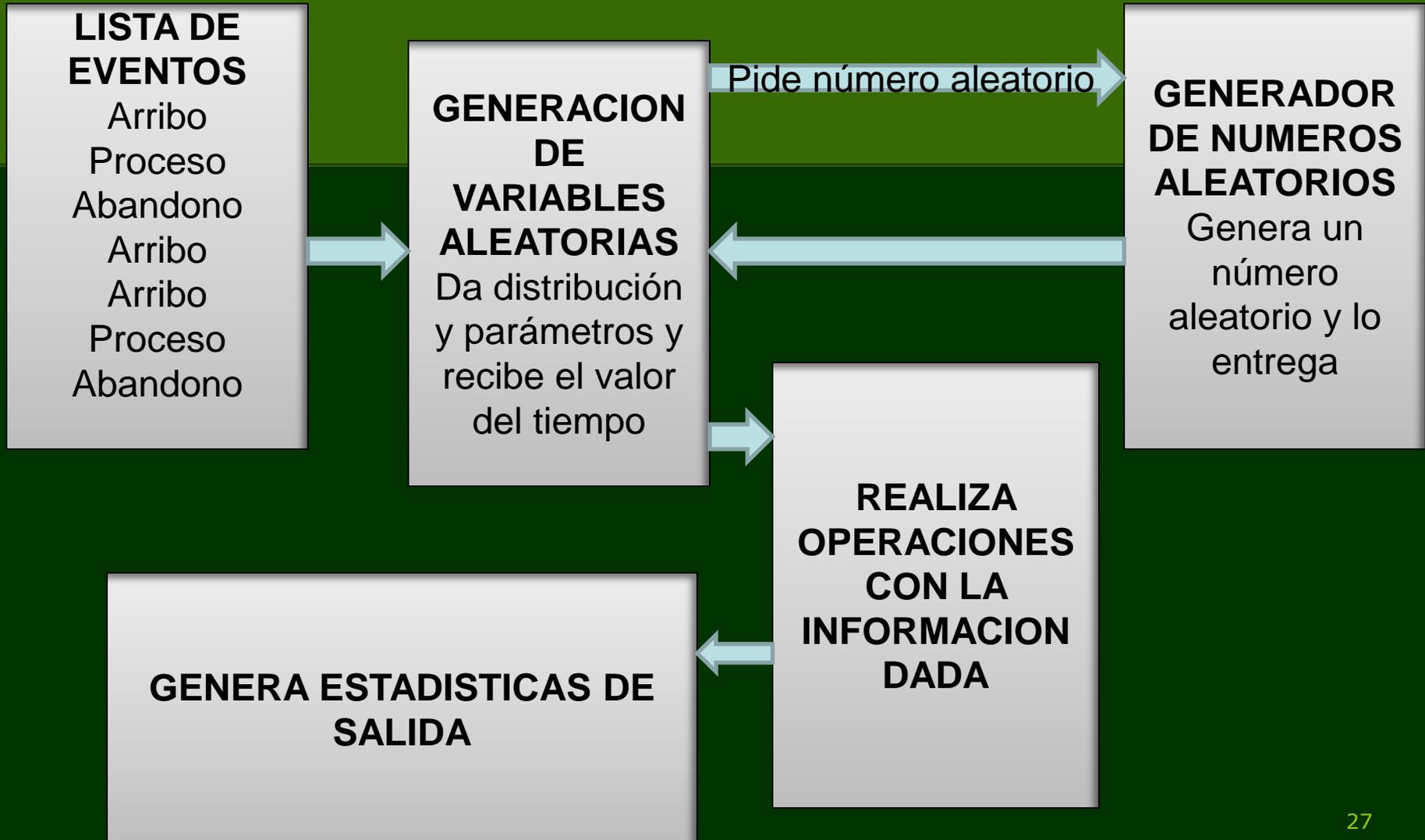
- Identificar las características de los *eventos* — cambios de estado
- Decidir sobre la lógica: efectos de cambio de estado para cada tipo de evento, observar las estadísticas
- Usar el *reloj de la simulación*, programar calendario de eventos futuros
- *Cambiar de* un evento a otro, procesar, observar estadísticas, actualizar el calendario de eventos
- *Establecer la regla de “parada” de la simulación*
- Usar un lenguaje de programación de propósito general (C++, FORTRAN, PASCAL, VISUAL BASIC)

# PROGRAMACIÓN DE EVENTOS



- Se usan bibliotecas para:
  - Procesamiento de listas de eventos
  - Generación de números aleatorios
  - Generación de variables aleatorias
  - Realiza operaciones y recolecta estadísticas
  - Administración del reloj
  - Estadísticas como resumen de salidas
- Programa principal liga todo y ejecuta los eventos en orden (compilación)

# ESQUEMA



# EJEMPLO



Entidad #	Reloj de arribo	Reloj de simulación	Inicio de proceso	Fin de proceso	Tiempo ocioso	Tiempo en cola
1	0	0	0	10	0	0
2	5	5	10	15	0	5
3	8	13	15	18	0	2
4	12	25	25	33	7	0
5	6	31	33	41	0	2
6	10	41	41	48	0	0
7	8	49	49	54	1	0
<b>Promedio (tiempos en minutos)</b>					<b>8/7=1.14</b>	<b>9/7=1.28</b>

Tiempos	1	2	3	4	5	6	7
Arribo	0	5	8	12	6	10	8
Proceso	10	5	3	8	8	7	5

# COMPARANDO ALTERNATIVAS



Universidad  
LATINA

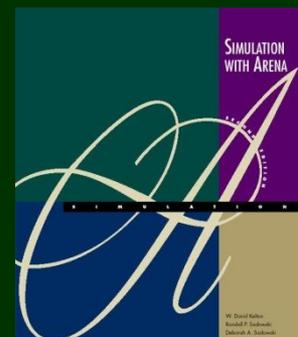
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

- Usualmente, la simulación es usada para comparar varias configuraciones de un modelo
- Se desea comparar alternativas, seleccionar o buscar la mejor (usando algún criterio)
- Sistema de proceso simple: ¿Qué pasaría:
  - Si la tasa de arribo se duplica?
  - Si se reduce a la mitad?
  - Si el procesos se mejora?
  - Si se hacen n réplicas?
  - Si se contrata un nuevos servidor?



# FACTORES A CONSIDERAR EN SIMULACION

- Claro entendimiento del sistema
- Procedencia de los datos de entrada
- Generación de números aleatorios y de variables aleatorias
- Tipo de lenguaje o paquete a usar
- Condiciones iniciales de la corrida
- Número de corridas y su longitud para garantizar representatividad de los resultados
- Tipo de experimento





# EL USO DE LA SIMULACION

- Entender el sistema (¿QUE?)
- Estar claro en las metas a lograr (¿PARA QUE?)
- Formular el marco conceptual del modelo
- Desarrollar el modelo
- Traducir el modelo al software
- Verificar el “programa”
- Validar el modelo
- Diseñar experimentos
- Hacer varias corridas
- Analizar las salidas y documentar resultados

