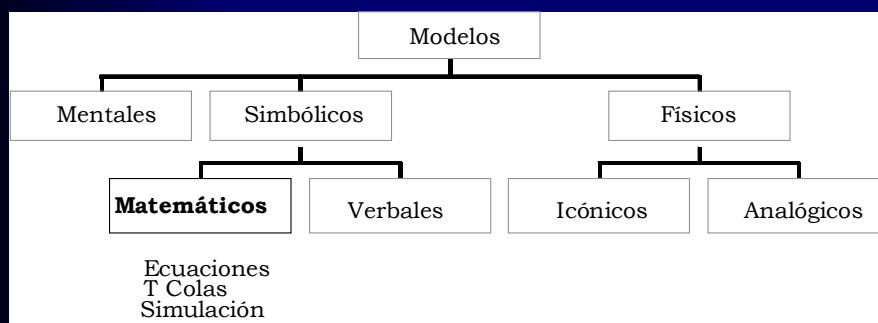


Simulación de Procesos por Eventos Discretos

--

Fundamentos Teóricos

Herramientas de decisión - SIMULACIÓN



Herramientas de decisión - SIMULACIÓN

La simulación se puede definir como sigue:

Definición: "La simulación es el proceso de experimentación a través de un modelo lógico-matemático construido en un ordenador a imagen y semejanza de un sistema real"

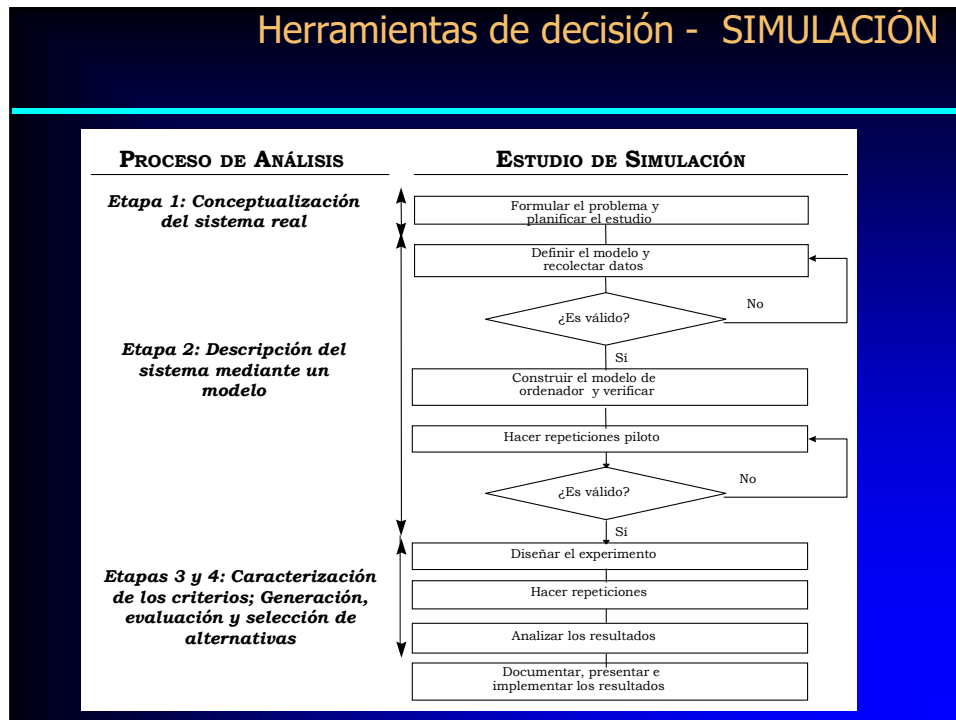
La experimentación con el modelo permite sacar conclusiones sobre el comportamiento y la eficiencia de las posibles variaciones del sistema real

- **SIN CONSTRUIRLO**, si se trata de nuevas alternativas de diseño.
- **SIN PERTURBARLO**, si se trata de un sistema en operación.
- **SIN DESTRUIRLO**, si se trata de obtener sus límites de funcionamiento.

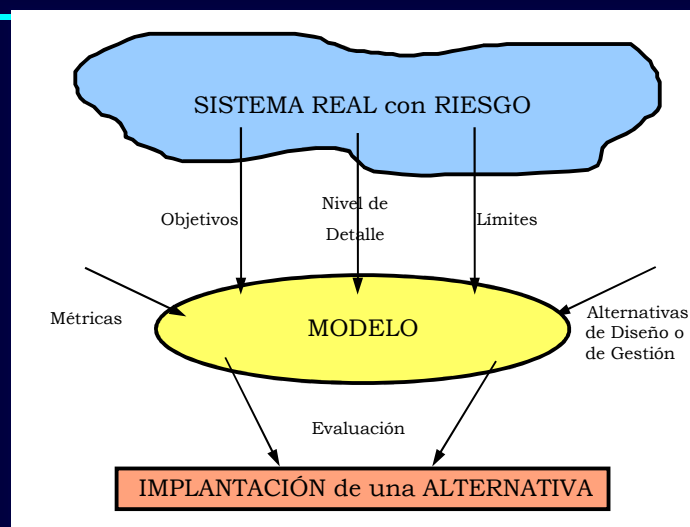
Herramientas de decisión - SIMULACIÓN

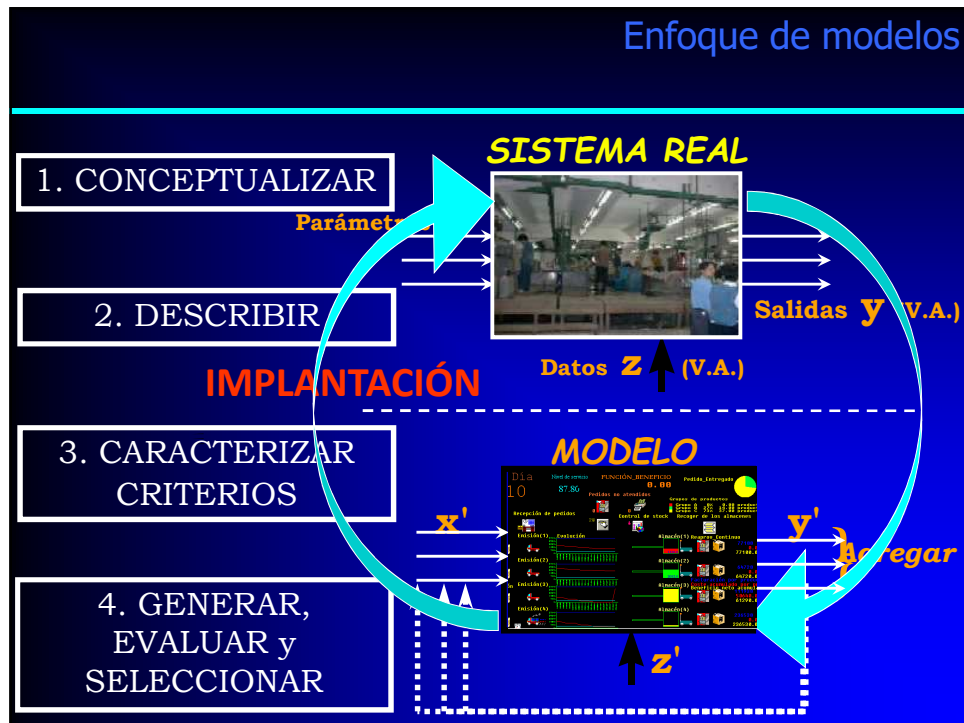
- **Permiten la especificación de los datos como variables aleatorias en vez de valores deterministas, normalmente medias de distribuciones.**
- **Se puede incorporar lógica a la representación matemática.**
- **Permiten la modelización de sistemas muy complejos.**
- **Permiten la experimentación controlada y rápida con la utilización de un ordenador.**
- **Utilizando las herramientas de inferencia estadística, llegar a soluciones en tiempos asumibles por el decisor o investigador.**

Herramientas de decisión - SIMULACIÓN



Análisis de Sistemas





Simulación de un Banco: Fundamentos

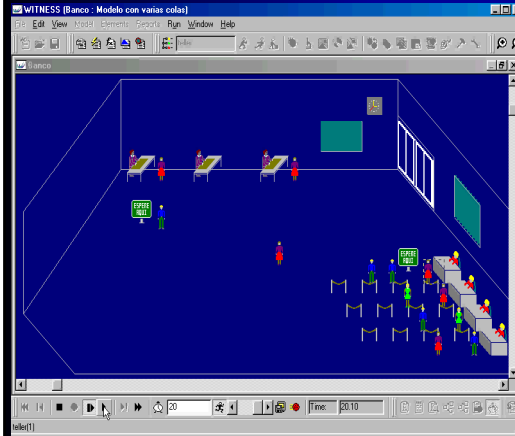
Introducción

□ Conocimientos previos

- Modelos de probabilidad
- Método de Montecarlo

□ $y=g(x, z)$

- Suma de dos dados
- Series temporales
- ...
- Colas de espera en una sucursal



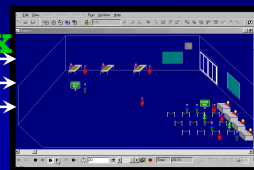
Modelización Matemático-Lógica

□ $y=g(x,z)$

- Número de cajeros
- Prioridades
- Asignación de colas
- Capacidad de colas
- ...

Parámetros **X**

MODELO



Datos **Z** (V.A.)

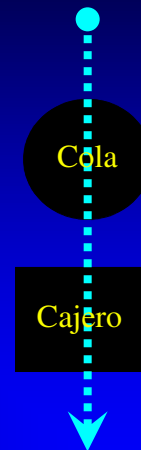
- Llegada de clientes
- Tiempos de servicio
- ...

Respuestas **Y** (V.A.)

- Nivel de servicio
- Tiempos
- Longitudes
- ...

Parámetros x

- Número de cajeros: 1
- Colas: 1 por cajero vs 1 general
- Capacidad de cola: Infinita
- Prioridades: FIFO, LIFO, Prioridad
- ...



Datos de Partida z

- Distribución de Tiempos de Proceso: Discreta General

x	1	2	3	4	5	6
p(x)	0.10	0.20	0.30	0.25	0.10	0.05
F(x)	0.10	0.30	0.60	0.85	0.95	1.00
x p(x)	0.20	0.40	0.90	1.00	0.50	0.35

$\Sigma = 3.20$

- Distribución de Tiempo entre Llegadas: Discreta U(1,8)

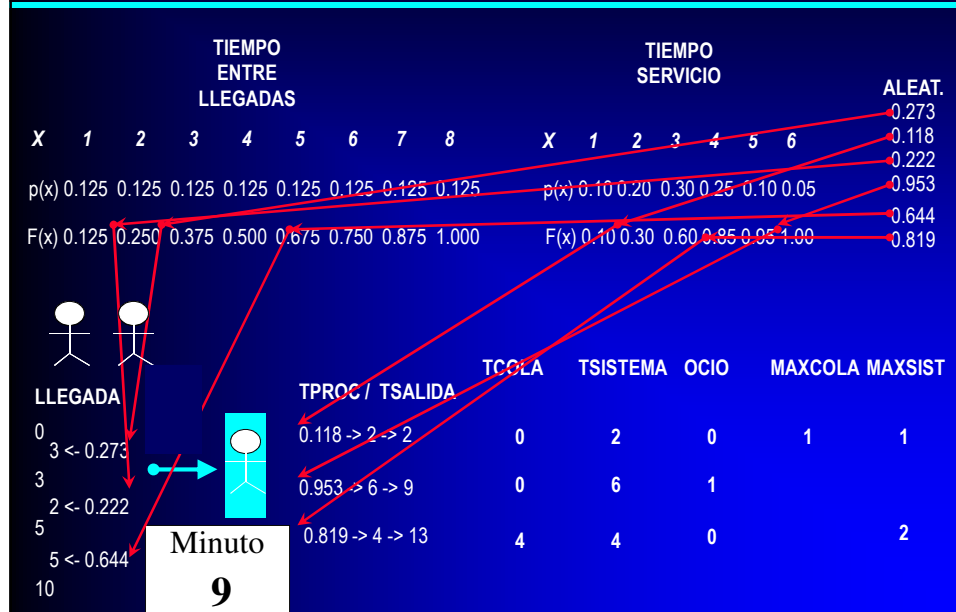
x	1	2	3	4	5	6	7	8
p(x)	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
F(x)	0.125	0.250	0.375	0.500	0.675	0.750	0.875	1.000

$$\text{Media} = (a+b)/2 = (1+8)/2 = 4.50$$

Variables de Respuesta y

- Tiempos de estancia (medios, máximos):
 - Sistema
 - Cola
- Longitud (media, máxima):
 - Sistema
 - Cola
- Porcentaje de ocupación del cajero
- Probabilidad de esperar

El Modelo: Simulación Paso a Paso



El Modelo: 1 Muestra de z

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled 'banco1'. The spreadsheet is organized into columns for simulation data. The first column (A) lists client numbers (1-20). Column B (C2) is 'Tiempo Entre Llegadas'. Column C (C3) is 'Tiempo de entrada'. Column D (D3) is 'Tiempo Servicio'. Column E (E3) is 'Inicio Servicio'. Column F (F3) is 'Tiempo Espera Cola'. Column G (G3) is 'Fin Servicio'. Column H (H3) is 'Tiempo Sistema'. Column I (I3) is 'Tiempo Ocio'. The right side of the spreadsheet (columns J-M) contains summary statistics and simulation results. The status bar at the bottom shows 'Blanco / Inicial / Aleatorio'.

El Modelo: Lógica

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cliente	Tiempo Entre Llegadas	Tiempo de entrada	Tiempo Servicio	Inicio Servicio	Tiempo Espera Cola	Fin Servicio	Tiempo Sistema	Tiempo Ocio
1		0.00	4.00	0.00	0.00	4.00	4.00	0.00
2	8.00	8.00	6.00	8.00	0.00	14.00	6.00	4.00
3	3.00	11.00	4.00	14.00	3.00	18.00	7.00	0.00

- $(1)_n$: número de cliente n
- $(2)_n$ y $(4)_n$: datos de partida
- $(3)_n = (3)_{n-1} + (2)_n$ [Llegada anterior + Tiempo entre llegadas]
- $(5)_n = \max\{(3)_n, (7)_{n-1}\}$ [Max{llegada, salida anterior}]
- $(6)_n = (5)_n - (3)_n$ [Inicio servicio - Llegada]
- $(7)_n = (5)_n + (4)_n$ [Inicio servicio + Tiempo servicio]
- $(8)_n = (7)_n - (3)_n$ [Fin servicio - Llegada]
- $(9)_n = (5)_n - (7)_{n-1}$ [Inicio servicio - Salida anterior]

El Modelo: Resultados 1 Muestra

Microsoft Excel - banco1

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

Arial Narrow 11 B I U

L3 =MAX(G9:G2800)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
	Cliente	Tiempo Entre Llegadas	Tiempo de entrada	Tiempo Servicio	Inicio Servicio	Tiempo Espera Cola	Fin Servicio	Tiempo Sistema	Tiempo Codo			
3										Fin de simulación		83.00
5	Suma									Tiempo medio de espera		3.15
6	Media	4.16		73.00		63.00		136.00	10.00	Prob. Cliente espere en cola		75.0%
7	Desv. Tipica	2.65		3.65		3.15		6.80	0.50	Porcentaje de ocupación		88.0%
8				1.23		2.74		2.67	1.28	Tiempo medio de servicio		3.65
9	1		0.00	4.00	0.00	0.00	4.00	4.00	0.00	Tiempo medio entre llegadas		4.16
10	2	8.00	8.00	6.00	8.00	0.00	14.00	6.00	4.00	Tiempo medio de espera (todos)		3.15
11	3	3.00	11.00	4.00	14.00	3.00	18.00	7.00	0.00	Tiempo medio de espera (sólo)		4.20
12	4	1.00	12.00	3.00	18.00	6.00	21.00	9.00	0.00	Tiempo medio de permanencia		6.80
13	5	8.00	20.00	2.00	21.00	1.00	23.00	3.00	0.00	Longitud de cola (media)		N/A
14	6	3.00	23.00	4.00	23.00	0.00	27.00	4.00	0.00	Longitud de cola (max)		N/A
15	7	8.00	31.00	5.00	31.00	0.00	36.00	5.00	4.00	Longitud de sistema (media)		N/A
16	8	7.00	38.00	4.00	38.00	0.00	42.00	4.00	2.00	Longitud de sistema (max)		N/A
17	9	2.00	40.00	5.00	42.00	2.00	47.00	7.00	0.00			
18	10	3.00	43.00	3.00	47.00	4.00	50.00	7.00	0.00			
19	11	1.00	44.00	3.00	50.00	6.00	53.00	9.00	0.00			
20	12	1.00	45.00	5.00	53.00	8.00	58.00	13.00	0.00			
21	13	5.00	50.00	4.00	58.00	8.00	62.00	12.00	0.00			
22	14	6.00	56.00	1.00	62.00	6.00	63.00	7.00	0.00			
23	15	3.00	59.00	5.00	63.00	4.00	68.00	9.00	0.00			
24	16	8.00	67.00	4.00	68.00	1.00	72.00	5.00	0.00			
25	17	1.00	68.00	3.00	72.00	4.00	75.00	7.00	0.00			
26	18	2.00	70.00	3.00	75.00	5.00	78.00	8.00	0.00			
27	19	4.00	74.00	2.00	78.00	4.00	80.00	6.00	0.00			
28	20	5.00	79.00	3.00	80.00	1.00	83.00	4.00	0.00			

Ready

Inicio Aleatorio

Distiller Assistant 3.01 Microsoft PowerPoint Microsoft Excel - ... 11:32

□ Prob Esperar en cola = 15/20

□ PorcentajeOcup. = 73/83

El Modelo: Generalización

- Introducción de las variables aleatorias
 - (2): =TRUNCAR(ALEATORIO()*8)+1
 - (4): =SI(K10<=0.1,1,SI(K10<=0.3,2,SI(K10<=0.6,3,SI(K10<=0.85,4,SI(K10<=0.95,5,6))))))
 - siendo la columna K un número U(0,1)
- Ampliación a muchos clientes, mediante la copia de las fórmulas
- Verificación de los resultados comparándolos con los teóricos
 - Media (2): Media distribución U(1,8)=4.5
 - Media (4): Media distribución discreta=3.2
 - Porcentaje ocupación: TServicio/TLlegadas=3.2/4.5=71.1%

[illegible][illegible]

F. JAVIER OTAMENDI