

# Contenido

<b>Tablas</b>	<b>XI</b>
<b>Figuras</b>	<b>XIII</b>
<b>Capítulo 1 Introducción</b>	<b>17</b>
<b>Capítulo 2 Sistemas, modelos y simulación de sistemas,</b>	<b>21</b>
2.1 Sistema, 21	
2.1.1 <i>Clasificación de los sistemas, 25</i>	
2.1.2 <i>Estado del sistema, 25</i>	
2.1.3 <i>Rendimiento de los sistemas, 26</i>	
2.1.4 <i>Optimización, 28</i>	
2.2 Modelos, 28	
2.2.1 <i>Clasificación de los modelos, 29</i>	
2.2.2 <i>Necesidad y costo del detalle, 29</i>	
2.2.3 <i>Riesgos de la elaboración de modelos, 30</i>	
2.3 Simulación de sistemas, 31	
2.3.1 <i>Simulación por identidad, 32</i>	
2.3.2 <i>Simulación por quasidentidad, 32</i>	
2.3.3 <i>Simulación de laboratorio, 32</i>	
2.3.4 <i>Simulación por computadora, 34</i>	
2.4 Métodos de Montecarlo, 38	

## 4 Contenido

### Capítulo 3 Simulación digital de eventos discretos 41

- 3.1 Conceptos fundamentales, 41
- 3.2 Técnicas alternativas para elaboración de eventos discretos, 43
- 3.3 Modelos de colas, 44
  - 3.3.1 *Método de programación de eventos, 45*
  - 3.3.2 *Recolección de datos, 52*
  - 3.3.3 *Método del examen de las actividades, 58*
  - 3.3.4 *Método de interacción entre procesos, 59*
- 3.4 Problemas de colas más complejos, 63
  - 3.4.1 *Una tarea-muchos operarios, 65*
  - 3.4.2 *Dos tareas-muchos recursos, 65*
  - 3.4.3 *Un problema de inventario, 72*
- 3.5 Redes PERT, 77
- 3.6 El problema de tareas múltiples y recursos múltiples, 82
- 3.7 Elaboración de modelos de períodos, 84

### Capítulo 4 Consideraciones sobre la programación y los lenguajes, 93

- 4.1 Ideas fundamentales, 93
- 4.2 Estructura de los datos, 95
  - 4.2.1 *Identificación de objetos y características, 95*
  - 4.2.2 *Relaciones entre objetos, 96*
  - 4.2.3 *Generación y manipulación de objetos, 97*
- 4.3 Programas para el control de la simulación, 105
- 4.4 El flujo del tiempo, 109
- 4.5 Generación de los números casuales o de azar, 112
- 4.6 Recolección, análisis y presentación de datos, 112
- 4.7 Definición de iniciales, 113
- 4.8 Mensajes errados y documentación, 116
- 4.9 Perspectiva de los lenguajes de programación para simulación, 117

### Capítulo 5 GPSS/360, SIMSCRIPT II y SIMULA, 123

- 5.1 Nota preliminar, 123
- 5.2 GPSS/360, 123
  - 5.2.1 *Creación de transacción, 129*
  - 5.2.2 *Asignaciones, 129*
  - 5.2.3 *Cola y servicio, 130*

- 5.2.4 *Estadísticas*, 131
- 5.2.5 *La prueba lógica*, 132
- 5.2.6 *Operaciones definidas*, 133
- 5.2.7 *Extensión de la capacidad de computación*,  
133
- 5.3 Problema de cola de un solo operario en SIMSCRIPT II, 134
- 5.4 SIMSCRIPT II, 138
- 5.4 El problema de cola de un solo operario en SIMSCRIPT II, 148
- 5.6 SIMULA, 158
- 5.7 Ejemplo de simula, 159

**Capítulo 6 Definiciones y conceptos estadísticos, 163**

- 6.1 Asociación estadística, 164
- 6.2 Secuencias estocásticas, 170
- 6.3 El carácter estacionario, 176
- 6.4 Funciones de autocorrelación y de densidad espectral,  
177
- 6.5 Un problema de colas, 187
- 6.6 Procesos autorregresivos, 188

**Capítulo 7 Generación de números casuales, 195**

- 7.1 Importancia de las desviaciones uniformes, 195
- 7.2 Consideraciones sobre la generación de números casuales, 197
- 7.3 Tabla de números casuales, 198
- 7.4 Generación de números seudocasuales, 199
  - 7.4.1 *Generadores congruenciales mixtos*, 202
  - 7.4.2 *Generadores congruenciales multiplicativos*,  
203
  - 7.4.3 *Generador congruencial multiplicativo malo*,  
204
  - 7.4.4 *Generador congruencial multiplicativo de período casi completo*, 207
- 7.5 Múltiplos de orden K, 208
- 7.6 Generadores de números seudocasuales de los lenguajes GPSS/360, SIMSCRIPT II y SIMULA, 210
- 7.7 Pruebas de independencia y uniformidad, 213
  - 7.7.1 Pruebas de la  $J_i$  cuadrada de perfección de ajuste, 213

## 6 Contenido

- 7.7.1 *Prueba de la Ji cuadrada de perfección de ajuste, 213*
- 7.7.2 *Prueba Kolmogorov-Smirnov, 216*
- 7.7.3 *Prueba de series, 217*
- 7.7.4 *Prueba de vacío, 219*
- 7.7.5 *Prueba de poker, 219*
- 7.7.6 *Prueba de corridas, 219*
- 7.7.7 *Prueba de correlación, 219*

## Capítulo 8 Generación de variaciones estocásticas,

227

- 8.1 *Conceptos preliminares, 227*
- 8.2 *Distribuciones continuas, 230*
  - 8.2.1 *Distribución uniforme, 232*
  - 8.2.2 *Distribución triangular, 232*
  - 8.2.3 *Distribución exponencial, 233*
  - 8.2.4 *Distribución gama con un parámetro de forma entero, 233*
  - 8.2.5 *Distribución beta, 234*
  - 8.2.6 *Distribución gama con parámetro de forma no entero, 239*
  - 8.2.7 *Distribución beta con parámetros no enteros, 240*
  - 8.2.8 *Distribución de Weibull, 240*
  - 8.2.9 *Distribución normal, 242*
  - 8.2.10 *Distribuciones Ji cuadrada, T y F, 243*
  - 8.2.11 *Distribución logarítmica normal, 244*
- 8.3 *Distribuciones bivariadas y multivariadas, 245*
  - 8.3.1 *Distribución exponencial bivariada o de dos variables, 245*
  - 8.3.2 *Distribución gamma bivariada o de dos variables, 246*
  - 8.3.3 *Distribución normal multivariada, 246*
- 8.4 *Distribuciones discretas, 247*
  - 8.4.1 *Distribución uniforme discreta, 247*
  - 8.4.2 *Distribución binomial, 250*
  - 8.4.3 *Distribución beta-binomial, 251*
  - 8.4.4 *Distribución geométrica, 253*
  - 8.4.5 *Distribución de Poisson, 255*
  - 8.4.6 *Distribución binomial negativa, 256*
  - 8.4.7 *Distribución hipergeométrica, 259*
- 8.5 *Otras distribuciones, 259*
  - 8.5.1 *Distribuciones truncadas, 259*
  - 8.5.2 *Distribuciones empíricas, 263*
  - 8.5.3 *Distribuciones tabuladas, 264*

8.6 Secuencias autocorrelacionadas, 265

**Capítulo 9 Parámetros de entrada, 275**

- 9.1 Introducción, 275
- 9.2 Estimación, 277
- 9.3 Distribuciones de ajuste, 283
- 9.4 Estimación de los esquemas autorregresivos, 288

**Capítulo 10 El análisis de los resultados, 297**

- 10.1 Nota preliminar, 297
- 10.2 Análisis de resultado de la simulación estática, 298
- 10.3 Análisis del resultado de la simulación dinámica, 306
- 10.4 Condiciones iniciales, 307
- 10.5 Condiciones finales, 311
- 10.6 Errores en la recolección de datos, 313
- 10.7 Consideraciones sobre la variancia, 314
- 10.8 Estimación de la variancia, 315
- 10.9 El estimador de variancia basado en submuestras en una serie cronológica sencilla, 319
- 10.10 Estimador procedente del análisis del espectro, 319
- 10.11 Estimación basada en los parámetros autorregresivos de la muestra, 322
- 10.12 Intervalos de confianza para  $X_n$ , 324
- 10.13 Intervalos de confianza no paramétricos, 328
- 10.14 La función de autocorrelación y el espectro, 331
- 10.15 Determinación de la magnitud de la muestra, 333
- 10.16 Enfoque cronológico del estado de la muestra, 336

**Capítulo 11 Diseño de experimentos, 347**

- 11.1 Nota preliminar, 347
- 11.2 Información previa, 349
- 11.3 Muestreo de la importancia, 354
- 11.4 Muestreo antitético, 356
- 11.5 Muestreo estratificado, 360
- 11.6 Variaciones de control, 362
- 11.7 Comparación de experimentos, 363
- 11.8 Validación, 366
- 11.9 Más de dos tratamientos, 368
- 11.10 Experimentos con  $2^k$  factorial, 369
- 11.11 Diseños factoriales fraccionales, 372

## **8 Contenido**

11.12 Superficies en respuesta, 373

11.13 El valor del conocimiento previo, 380

**Capítulo 12 Preguntas y procedimientos, 387**

**Apéndice A 391**

**Apéndice B 403**

**Bibliografía 409**