

# Contenido

Prefacio xvii

Acerca de los autores xxiv

## Capítulo 1 Introducción 1

1.1 Solución de problemas y toma de decisiones 3

1.2 Análisis cuantitativo y toma de decisiones 4

1.3 Análisis cuantitativo 6

Desarrollo de modelos 7

Preparación de los datos 10

Solución de modelos 11

Generación de informes 12

Una nota respecto a la implementación 12

1.4 Modelos de costos, ingresos y utilidades 14

Modelos de costos y volumen 14

Modelos de ingresos y volumen 14

Modelos de utilidades y volumen 15

Análisis del punto de equilibrio 15

1.5 Métodos cuantitativos en la práctica 16

Métodos utilizados con mayor frecuencia 17

Resumen 18

Glosario 19

Problemas 19

Caso de estudio Programación de una liga de golf 23

Apéndice 1.1 El software The Management Scientist 23

Apéndice 1.2 Uso de Excel para el análisis del punto de equilibrio 26

## Capítulo 2 Introducción a la probabilidad 29

2.1 Experimentos y espacio muestral 31

2.2 Asignación de probabilidades a resultados experimentales 32

Método clásico 32

Método de frecuencia relativa 33

Método subjetivo 33

2.3 Eventos y sus probabilidades 34

2.4 Algunas relaciones básicas de probabilidad 35

Complemento de un evento 35

Ley de la adición 36

Probabilidad condicional 38

Ley de la multiplicación 43

2.5 Teorema de Bayes 44

Método tabular 47

Resumen 49

Glosario 49

<b>Problemas</b>	<b>50</b>
<b>Caso a resolver</b>	<b>Jueces del condado Hamilton 57</b>
<b>Capítulo 3</b>	<b>Distribuciones de probabilidad 59</b>
<b>3.1</b>	<b>VARIABLES ALEATORIAS 60</b>
<b>3.2</b>	<b>VARIABLES ALEATORIAS DISCRETAS 61</b>
	Distribución de probabilidad de una variable aleatoria discreta 62
	Valor esperado 63
	Varianza 64
<b>3.3</b>	<b>DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD BINOMIAL 65</b>
	El problema de Nastke Clothing Store 66
	Valor esperado y varianza para la distribución binomial 68
<b>3.4</b>	<b>DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE POISSON 70</b>
	Un ejemplo que incluye intervalos de tiempo 70
	Un ejemplo que incluye intervalos de longitud o distancia 71
<b>3.5</b>	<b>VARIABLES ALEATORIAS CONTINUAS 72</b>
	Aplicación de la distribución uniforme 72
	El área como una medida de la probabilidad 74
<b>3.6</b>	<b>DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD NORMAL 75</b>
	Distribución normal estándar 76
	Cálculo de probabilidades para cualquier distribución normal 80
	El problema de Gear Tire Company 81
<b>3.7</b>	<b>DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD EXPONENCIAL 83</b>
	Cálculo de probabilidades para la distribución exponencial 84
	Relación entre las distribuciones de Poisson y exponencial 85
<b>Resumen</b>	<b>85</b>
<b>Glosario</b>	<b>86</b>
<b>Problemas</b>	<b>87</b>
<b>Caso de estudio</b>	<b>Specialty Toys 93</b>
<b>Apéndice 3.1</b>	<b>Cálculo de probabilidades discretas con Excel 94</b>
<b>Apéndice 3.2</b>	<b>Cálculo de probabilidades para las distribuciones continuas con Excel 95</b>
<b>Capítulo 4</b>	<b>Análisis de decisiones 97</b>
<b>4.1</b>	<b>Formulación del problema 99</b>
	Diagramas de influencia 100
	Tablas de resultados 100
	Árboles de decisión 101
<b>4.2</b>	<b>Toma de decisiones sin probabilidades 102</b>
	Enfoque optimista 102
	Enfoque conservador 103
	Enfoque de arrepentimiento minimax 103
<b>4.3</b>	<b>Toma de decisiones con probabilidades 105</b>
	Valor esperado de la información perfecta 108
<b>4.4</b>	<b>Análisis del riesgo y análisis de sensibilidad 109</b>
	Análisis del riesgo 109
	Análisis de sensibilidad 110
<b>4.5</b>	<b>Análisis de decisiones con información muestral 114</b>
	Diagrama de influencia 115
	Árbol de decisión 116
	Estrategia de decisión 119

Perfil de riesgo	121
Valor esperado de la información muestral	124
Eficiencia de la información muestral	125
<b>4.6 Cálculo de probabilidades de las ramas o alternativas</b>	<b>125</b>
<b>Resumen</b>	<b>129</b>
<b>Glosario</b>	<b>130</b>
<b>Problemas</b>	<b>132</b>
<b>Caso de estudio 1 Estrategia de compra de propiedades</b>	<b>145</b>
<b>Caso de estudio 2 Estrategia de defensa contra demandas</b>	<b>147</b>
<b>Apéndice 4.1 Análisis de decisiones con TreePlan</b>	<b>148</b>

## **Capítulo 5 Utilidad y teoría de juegos 154**

<b>5.1 El concepto de utilidad</b>	<b>155</b>
<b>5.2 Utilidad y toma de decisiones</b>	<b>156</b>
El enfoque de la utilidad esperada	159
Resumen de los pasos para determinar la utilidad del dinero	160
<b>5.3 Utilidad: otras consideraciones</b>	<b>161</b>
Evasores de riesgos frente a tomadores de riesgos	161
Valor monetario esperado frente a utilidad esperada	165
<b>5.4 Introducción a la teoría de juegos</b>	<b>166</b>
Competencia por la participación de mercado	166
Identificación de una estrategia pura	168
<b>5.5 Juegos de estrategia mixta</b>	<b>169</b>
Un juego más grande de estrategia mixta	172
Resumen de los pasos para resolver los juegos de suma cero para dos personas	173
Extensiones	173
<b>Resumen</b>	<b>174</b>
<b>Glosario</b>	<b>174</b>
<b>Problemas</b>	<b>175</b>

## **Capítulo 6 Elaboración de pronósticos 181**

<b>6.1 Componentes de una serie de tiempo</b>	<b>184</b>
Componente de tendencia	184
Componente cíclico	185
Componente estacional	186
Componente irregular	186
<b>6.2 Métodos de suavización</b>	<b>186</b>
Promedios móviles	186
Promedios móviles ponderados	189
Suavización exponencial	190
<b>6.3 Proyección de la tendencia</b>	<b>195</b>
<b>6.4 Componentes de tendencia y estacional</b>	<b>198</b>
Modelo multiplicativo	199
Cálculo de los índices estacionales	199
Desestacionalización de las series de tiempo	203
Uso de series de tiempo desestacionalizadas para identificar tendencias	205
Ajustes estacionales	206
Modelos basados en datos mensuales	207
Componente cíclico	207

<b>6.5</b>	<b>Análisis de regresión</b>	<b>208</b>
	Uso del análisis de regresión como método de elaboración de pronósticos causal	208
	Uso del análisis de regresión con datos de series de tiempo	213
<b>6.6</b>	<b>Enfoques cualitativos</b>	<b>215</b>
	Método Delphi	215
	Juicio experto	215
	Redacción de escenarios	216
	Enfoques intuitivos	216
	<b>Resumen</b>	<b>216</b>
	<b>Glosario</b>	<b>217</b>
	<b>Problemas</b>	<b>218</b>
	<b>Caso de estudio 1</b>	<b>Elaboración de pronósticos de ventas</b> 227
	<b>Caso de estudio 2</b>	<b>Elaboración de pronósticos de pérdida de ventas</b> 228
	<b>Apéndice 6.1</b>	<b>Uso de Excel para elaborar pronósticos</b> 229
	<b>Apéndice 6.2</b>	<b>Uso de CB Predictor para pronósticos</b> 231
<b>Capítulo 7</b>	<b>Introducción a la programación lineal</b>	<b>234</b>
<b>7.1</b>	<b>Un problema sencillo de maximización</b>	<b>236</b>
	Formulación del problema	237
	Modelo matemático para el problema de RMC	239
<b>7.2</b>	<b>Procedimiento de solución gráfica</b>	<b>240</b>
	Una nota sobre la elaboración de gráficas	249
	Resumen del procedimiento de solución gráfica para problemas de maximización	250
	Variables de holgura	251
<b>7.3</b>	<b>Puntos extremos y solución óptima</b>	<b>253</b>
<b>7.4</b>	<b>Solución por computadora al problema de RMC</b>	<b>254</b>
	Interpretación del resultado de la computadora	255
<b>7.5</b>	<b>Un problema sencillo de minimización</b>	<b>257</b>
	Resumen del procedimiento de solución gráfica para los problemas de minimización	259
	Variables de excedente	260
	Solución por computadora al problema de M&D Chemicals	261
<b>7.6</b>	<b>Casos especiales</b>	<b>262</b>
	Soluciones óptimas alternas	262
	Infactibilidad	263
	Ilimitado	265
<b>7.7</b>	<b>Notación general de la programación lineal</b>	<b>266</b>
	<b>Resumen</b>	<b>268</b>
	<b>Glosario</b>	<b>269</b>
	<b>Problemas</b>	<b>270</b>
	<b>Caso de estudio 1</b>	<b>Equilibrio de la carga de trabajo</b> 285
	<b>Caso de estudio 2</b>	<b>Estrategia de producción</b> 286
	<b>Caso de estudio 3</b>	<b>Hart Venture Capital</b> 287
	<b>Apéndice 7.1</b>	<b>Solución de programas lineales con The Management Scientist</b> 288
	<b>Apéndice 7.2</b>	<b>Solución de programas lineales con LINGO</b> 289
	<b>Apéndice 7.3</b>	<b>Solución de programas lineales con Excel</b> 290
<b>Chapter 8</b>	<b>Programación lineal: Análisis de sensibilidad e interpretación de la solución</b>	<b>295</b>
<b>8.1</b>	<b>Introducción al análisis de sensibilidad</b>	<b>297</b>
<b>8.2</b>	<b>Coefficientes de la función objetivo</b>	<b>298</b>
	Cambios simultáneos	301

- 8.3 Lados derechos 303**
  - Cambios simultáneos 306
  - Un segundo ejemplo 308
  - Nota precautoria sobre la interpretación de los precios duales 310
- 8.4 Más sobre dos variables de decisión 311**
  - Problema de RMC modificado 311
  - Problema de bluegrass Farms 316
- 8.5 Problema de Electronic Communications 320**
  - Formulación del problema 321
  - Solución por computadora y su interpretación 322
- Resumen 326**
- Glosario 327**
- Problemas 327**
  - Caso a resolver 1 Mezcla de productos 349
  - Caso a resolver 2 Estrategia de inversión 350
  - Caso a resolver 3 Estrategia de arrendamiento de camiones 350
- Apéndice 8.1 Análisis de sensibilidad con Excel 351**
- Apéndice 8.2 Análisis de sensibilidad con LINGO 354**

## **Capítulo 9 Aplicaciones de la programación lineal en marketing, finanzas y administración de operaciones 357**

- 9.1 Aplicaciones en marketing 358**
  - Selección de medios de comunicación 359
  - Investigación de mercados 362
- 9.2 Aplicaciones financieras 364**
  - Selección de portafolios 365
  - Planeación financiera 368
- 9.3 Aplicaciones en administración de operaciones 372**
  - Una decisión de hacer o comprar 372
  - Programación de la producción 376
  - Asignación de la fuerza de trabajo 383
  - Problemas de mezcla 388
- Resumen 392**
- Problemas 393**
  - Caso a resolver 1 Planeación de una campaña publicitaria 406
  - Caso a resolver 2 Phoenix Computer 407
  - Caso a resolver 3 Fábrica de textiles 408
  - Caso a resolver 4 Programación de la planta laboral 409
  - Caso a resolver 5 Asignación de carbón en Duke Energy 411
- Apéndice 9.1 Solución de Excel para el problema de planeación financiera de Hewlett Corporation 413**

## **Capítulo 10 Modelos de distribución y de red 418**

- 10.1 Problema de transporte 419**
  - Variaciones del problema 422
  - Un modelo general de programación lineal 425
- 10.2 Problema de asignación 426**
  - Variaciones del problema 430
  - Un modelo general de programación lineal 430

<b>10.3 Problema de transbordo</b>	<b>432</b>
Variaciones del problema	437
Un modelo general de programación lineal	438
<b>10.4 Problema de la ruta más corta</b>	<b>439</b>
Un modelo general de programación lineal	442
<b>10.5 Problema de flujo máximo</b>	<b>443</b>
<b>10.6 Aplicación de producción e inventario</b>	<b>447</b>
<b>Resumen</b>	<b>450</b>
<b>Glosario</b>	<b>451</b>
<b>Problemas</b>	<b>451</b>
<b>Caso a resolver 1 Solutions Plus</b>	<b>468</b>
<b>Caso a resolver 2 Diseño de un sistema de distribución</b>	<b>469</b>
<b>Apéndice 10.1 Solución de Excel para los problemas de transporte, asignación y transbordo</b>	<b>471</b>
<b>Capítulo 11 Programación lineal entera</b>	<b>478</b>
<b>11.1 Tipos de modelos de programación lineal entera</b>	<b>481</b>
<b>11.2 Soluciones gráficas y por computadora para un programa lineal sólo con enteros</b>	<b>482</b>
Solución gráfica de la relajación PL	483
Redondeo para obtener una solución con enteros	484
Solución gráfica del problema sólo con enteros	484
Uso de la relajación PL para establecer límites	485
Solución por computadora	486
<b>11.3 Aplicaciones que involucran variables 0-1</b>	<b>486</b>
Elaboración del presupuesto de capital	487
Costo fijo	488
Diseño de un sistema de distribución	491
Ubicación de sucursales bancarias	494
Optimización del diseño de productos y de la participación de mercado	497
<b>11.4 Flexibilidad de modelado proporcionada por variables enteras 0-1</b>	<b>502</b>
Restricciones de opción múltiple y mutuamente excluyentes	503
Restricción de $k$ de $n$ alternativas	503
Restricciones condicional y de correquisito	504
Nota precautoria sobre el análisis de sensibilidad	505
<b>Resumen</b>	<b>506</b>
<b>Glosario</b>	<b>506</b>
<b>Problemas</b>	<b>507</b>
<b>Caso a resolver 1 Publicación de libros de texto</b>	<b>518</b>
<b>Caso a resolver 2 Yeager National Bank</b>	<b>519</b>
<b>Caso a resolver 3 Programación de la producción con costos de cambiar de una línea a otra</b>	<b>520</b>
<b>Apéndice 11.1 Solución de Excel para programas lineales enteros</b>	<b>521</b>
<b>Apéndice 11.2 Solución de LINGO para problemas lineales enteros</b>	<b>524</b>
<b>Capítulo 12 Aplicaciones de optimización avanzada</b>	<b>526</b>
<b>12.1 Administración de ingresos</b>	<b>527</b>
<b>12.2 Modelos de portafolio y asignación de activos</b>	<b>533</b>
Un portafolio de fondos de inversión	533
Portafolio conservador	534
Portafolio de riesgo moderado	537

- 12.3 Optimización no lineal: revisión del problema de RMC 540**  
 Un problema sin restricciones 541  
 Un problema con restricciones 542  
 Óptimos locales y globales 545  
 Precios duales 548
- 12.4 Construcción de un fondo indexado 549**  
 Resumen 553  
 Glosario 554  
 Problemas 554  
 Caso a resolver Conformidad con CAFE en la industria automotriz 564  
 Apéndice 12.1 Solución de problemas no lineales con LINGO 566  
 Apéndice 12.2 Solución de problemas no lineales con  
 Excel Solver 567

## **Capítulo 13 Programación de proyectos: PERT/CPM 570**

- 13.1 Programación de un proyecto con tiempos de actividad conocidos 571**  
 Concepto de una ruta crítica 572  
 Determinación de la ruta crítica 574  
 Contribuciones del proceso de programación PERT/CPM 579  
 Resumen del procedimiento de ruta crítica PERT/CPM 579
- 13.2 Programación de un proyecto con tiempos de actividad inciertos 581**  
 Proyecto de la aspiradora Porta-Vac de Daugherty 581  
 Tiempos de actividad inciertos 581  
 Ruta crítica 585  
 Variabilidad del tiempo de terminación de un proyecto 585
- 13.3 Consideración de intercambios entre tiempo y costo 589**  
 Compresión de los tiempos de actividad 589  
 Modelo de programación lineal para la compresión 592
- Resumen 594  
 Glosario 595  
 Problemas 595  
 Caso a resolver R. C. Coleman 605

## **Capítulo 14 Modelos de inventario 607**

- 14.1 Modelo de cantidad económica del pedido (EOQ) 609**  
 Decisión de cuánto ordenar 613  
 Decisión de cuándo ordenar 614  
 Análisis de sensibilidad del modelo EOQ 615  
 Solución con Excel del modelo EOQ 616  
 Resumen de los supuestos sobre el modelo EOQ 617
- 14.2 Modelo de tamaño del lote de producción económico 618**  
 Modelo de costo total 619  
 Tamaño del lote de producción económico 621
- 14.3 Modelo de inventario con faltantes planeados 621**
- 14.4 Descuentos por cantidad en el modelo EOQ 626**
- 14.5 Modelo de inventario de periodo único con demanda probabilística 627**  
 Johnson Shoe Company 629  
 Nationwide Car Rental 632

- 14.6 Cantidad de pedido, modelo de punto de reorden con demanda probabilística 633**
  - Decisión de cuánto ordenar 634
  - Decisión de cuándo ordenar 635
- 14.7 Modelo de revisión periódica con demanda probabilística 637**
  - Modelos de revisión periódica más complejos 640
- Resumen 641**
- Glosario 642**
- Problemas 643**
- Problema de caso 1 Wagner Fabricating Company 651**
- Problema de caso 2 Departamento de bomberos de River City 652**
- Apéndice 14.1 Desarrollo de la fórmula de la cantidad óptima de pedido ( $Q$ ) para el modelo EOQ 653**
- Apéndice 14.2 Desarrollo de la fórmula, de tamaño del lote óptimo ( $Q^*$ ) para el modelo de tamaño del lote de producción 654**

## **Capítulo 15 Modelos de línea de espera 655**

- 15.1 Estructura de un sistema de línea de espera 657**
  - Línea de espera de canal único 657
  - Distribución de las llegadas 657
  - Distribución de los tiempos de servicio 659
  - Disciplina en las colas 660
  - Operación constante 660
- 15.2 Modelo de línea de espera de canal único con llegadas Poisson y tiempos de servicio exponenciales 661**
  - Características de operación 661
  - Características de operación en el problema de Burger Dome 662
  - Uso de modelos de línea de espera por parte de los gerentes 663
  - Mejora de la operación de la línea de espera 663
  - Solución con Excel del modelo de línea de espera 664
- 15.3 Modelo de línea de espera de múltiples canales con llegadas Poisson y tiempos de servicio exponenciales 665**
  - Características de operación 666
  - Características de operación en el problema de Burger Dome 668
- 15.4 Algunas relaciones generales de modelos de línea de espera 670**
- 15.5 Análisis económico de líneas de espera 672**
- 15.6 Otros modelos de línea de espera 674**
- 15.7 Modelo de línea de espera de canal único con llegadas Poisson y tiempos de servicio arbitrarios 674**
  - Características de operación del modelo  $M/G/1$  675
  - Tiempos de servicio constantes 676
- 15.8 Modelo de múltiples canales con llegadas Poisson, tiempos de servicio arbitrarios y sin línea de espera 677**
  - Características de operación del modelo  $M/G/k$  con clientes bloqueados eliminados 677
- 15.9 Modelos de línea de espera con fuentes finitas 679**
  - Características de operación del modelo  $M/M/1$  con una población con fuente finita 680



<b>Resumen</b>	<b>682</b>
<b>Glosario</b>	<b>684</b>
<b>Problemas</b>	<b>684</b>
<b>Caso a resolver 1</b>	<b>Regional Airlines 692</b>
<b>Caso a resolver 2</b>	<b>Office Equipment, Inc. 693</b>

## **Capítulo 16 Simulación 695**

<b>16.1 Análisis del riesgo</b>	<b>698</b>
Proyecto de PortaCom	698
Análisis de sensibilidad	698
Simulación	700
Simulación del problema de PortaCom	707
<b>16.2 Simulación de un inventario</b>	<b>711</b>
Simulación del problema del inventario de Butler	714
<b>16.3 Simulación de una línea de espera</b>	<b>716</b>
Línea de espera en el cajero automático (ATM) del Hammondsport Savings bank	716
Tiempos de llegada de los clientes	717
Tiempos de servicio al cliente	718
Modelo de simulación	718
Simulación del problema del cajero automático (ATM) en el Hammondsport Savings bank	722
Simulación con dos cajeros automáticos	723
Resultados de la simulación con dos cajeros automáticos	725
<b>16.4 Otros temas de simulación</b>	<b>727</b>
Implementación con computadora	727
Verificación y validación	728
Ventajas y desventajas de utilizar la simulación	728
<b>Resumen</b>	<b>729</b>
<b>Glosario</b>	<b>730</b>
<b>Problemas</b>	<b>731</b>
<b>Caso a resolver 1</b>	<b>Tri-State Corporation 739</b>
<b>Caso a resolver 2</b>	<b>Campo de Golf de Harbor Dunes 740</b>
<b>Caso a resolver 3</b>	<b>County Beverage Drive-Thru 742</b>
<b>Apéndice 16.1</b>	<b>Simulación con Excel 744</b>
<b>Apéndice 16.2</b>	<b>Simulación con Crystal Ball 750</b>

## **Capítulo 17 Procesos de Markov 755**

<b>17.1 Análisis de la cuota del mercado</b>	<b>757</b>
<b>17.2 Análisis de las cuentas por cobrar</b>	<b>764</b>
Matriz fundamental y cálculos asociados	766
Establecimiento de la provisión para cuentas de cobro dudoso	767
<b>Resumen</b>	<b>769</b>
<b>Glosario</b>	<b>770</b>
<b>Problemas</b>	<b>770</b>
<b>Caso a resolver</b>	<b>Probabilidades del estado absorbente del repartidor en el Blackjack 774</b>
<b>Apéndice 17.1</b>	<b>Notación y operaciones matriciales 775</b>
<b>Apéndice 17.2</b>	<b>Inversión de una matriz con Excel 778</b>

<b>Apéndice A</b>	Construcción de modelos de hoja de cálculo	780
<b>Apéndice B</b>	Probabilidades binomiales	807
<b>Apéndice C</b>	Probabilidades de Poisson	814
<b>Apéndice D</b>	Áreas para la distribución normal estándar	820
<b>Apéndice E</b>	Valores de $e^{-\lambda}$	822
<b>Apéndice F</b>	Referencias y bibliografía	823
<b>Apéndice G</b>	Soluciones de problemas de autoevaluación y de problemas de número impar	825
<b>Índice</b>		867