

CONTENIDO

Prefacio	XV
CAPITULO 1: ¿Qué es la investigación de operaciones?	1
1.1 Modelos de investigación de operaciones.....	1
1.2 Solución del modelo de investigación de operaciones.....	4
1.3 Modelos de colas y simulación.....	5
1.4 El arte del modelado.....	5
1.5 Más que sólo matemáticas.....	6
1.6 Fases de un estudio de investigación de operaciones.....	8
1.7 Acerca de este libro	9
CAPITULO 2: Introducción a la programación lineal	11
2.1 Modelo de programación lineal con dos variables.....	11
2.2 Solución gráfica de la programación lineal.....	14
2.2.1 Solución de un modelo de maximización.....	15
2.2.2 Solución de un modelo de minimización.....	18
2.2.3 Solución gráfica con TORA.....	20
2.3 Análisis gráfico de sensibilidad.....	23
2.3.1 Cambios en los coeficientes de la función objetivo.....	24
2.3.2 Cambio en disponibilidad de recursos.....	27
2.3.3 Valor por unidad de un recurso.....	28
2.4 Soluciones de problemas de programación lineal en . computadora	33
2.4.1 Solución de programación lineal con TORA	33
2.4.2 Solución de programación lineal con Solver de Excel ...	36
2.4.3 Solución de programación lineal con LINGO y AMPL ...	38
2.5 Análisis de modelos seleccionados de programación lineal.....	47
Referencias seleccionadas	66
Problemas integrales.....	67
CAPITULO 3: El método simplex	71
3.1 Espacio de soluciones en forma de ecuación.....	71
3.1.3 Conversión de desigualdades a ecuaciones.....	71
3.1.2 Manejo de variables no restringidas	73
3.2 Transición de solución a solución algebraica.....	75
3.3 El método simplex	80
3.3.1 Naturaleza interativa del método simplex	80
3.3.2 Detalles de cálculo del algoritmo simplex	83
3.3.3 Iteraciones sámplex con TORA	92
3.4 Solución artificial de inicio	94
3.4.1 Método M	94
3.4.2 Método de dos fases.....	98
3.5 Casos especiales de aplicación del método simplex	103
3.5.1 Degeneración.....	103
3.5.2 Óptimos alternativos.....	106
3.5.3 Solución no acotada	109
3.5.4 Solución no factible.....	110
Referencias seleccionadas.....	112

Problemas integrales.....	112
CAPITULO 4: Análisis de dualidad y sensibilidad.....	115
4.1 Definición del problema dual.....	115
4.2 Relaciones primal-dual.....	120
4.2.1 Repaso de operaciones matriciales sencillas.....	120
4.2.2 Planteamiento de la tabla símplex	122
4.2.3 Solución dual óptima.....	122
4.2.4 Cálculos con la tabla símplex	126
4.2.5 Valor objetivo primal y dual.....	130
4.3. Interpretación económico de las variables duales.....	132
4.3.1 Interpretación económica de las variables duales.....	132
4.3.2 Interpretación económica de las restricciones duales	135
4.4 Otros algoritmos símplex para programación lineal.....	137
4.4.1 Método dual símplex	137
4.4.2 Algoritmo símplex generalizado	143
4.5 Análisis postóptimo o de sensibilidad.....	144
4.5.1 Cambios que afectan la factibilidad	145
4.5.2 Cambios que afectan la optimalidad	155
Referencias seleccionadas	161
Problemas integrales.....	162
CAPITULO 5: Modelo de transporte y sus variantes.....	165
5.1 Definición del modelo de transporte	165
5.2 Modelos no tradicionales de transporte.....	172
5.3 El algoritmo de transporte	177
5.3.1 Determinación de las solución de inicio.....	178
5.3.2 Cálculos iterativos del algoritmo de transporte.....	182
5.3.3 Solución del modelo de transporte con TORA	187
5.3.4 Explicación del método de los multiplicadores con el Método símplex	195
5.4 El modelo de asignación	196
5.4.1 El método húngaro.....	197
5.4.2 Explicación del método húngaro con el método símplex .	202
5.5 El modelo de transbordo	203
Referencias seleccionadas	208
Problemas integrales.....	208
CAPITULO 6: Modelos de redes	213
6.1 Definiciones para redes	214
6.2 Algoritmo de árbol de expansión mínima.....	215
6.3 Problema de la ruta más corta	220
6.3.1 Ejemplos de aplicaciones de ruta más corta.....	220
6.3.2 Algoritmos de ruta más corta	224
6.3.3 Formulación del problema de la ruta más corta en programación lineal	234
6.3.4 Solución del problema de la ruta más corta con hoja de cálculo Excel	237
6.4 Modelo de flujo máximo	239
6.4.1 Enumeración de cortes	240
5.4.2 Algoritmo de flujo máximo	241

6.4.3 Formulación del problema de flujo máximo con programación lineal	250
6.4.4 Solución del problema de flujo máximo con hoja de cálculo Excel	250
6.5 Problema del flujo capacitado con costo mínimo.....	252
6.5.1 Representación en red.....	252
6.5.2 Formulación con programación lineal.....	254
6.5.3 Algoritmo símplex de red capacitada	259
6.5.4 Solución del modelo de flujo capacitado con costo mínimo con hoja de cálculo Excel	265
6.6 Métodos CPM y PERT	266
6.6.1 Representación en red.....	267
6.6.2 Cálculos para la ruta crítica (CPM)	272
6.6.3 Construcción del cronograma.....	275
6.6.4 Formulación del método de la ruta crítica con Programación lineal.....	281
6.6.5 Redes de PERT	283
Referencias seleccionadas	286
Problemas integrales.....	286
CAPITULO 7: Programación lineal avanzada	289
7.1 Fundamentos de métodos símplex	289
7.1.1 Desde puntos extremos hasta soluciones básicas	290
7.1.2 Tabla simplex generalizada en forma matricial	294
7.2 Métodos símplex modificado	297
7.2.1 Desarrollo de las condiciones de optimalidad y factibilidad	298
7.2.2 Algoritmo símplex modificado	300
7.3 Algoritmo de variables acotadas	305
7.4 Algoritmo de descomposición	312
7.5 Dualidad.....	322
7.5.1 Definición matricial del problema dual.....	322
7.5.2 Solución dual óptima.....	322
7.6 Programación lineal paramétrica	326
7.6.1 Cambios paramétricos en C	327
7.6.2 Cambios paramétricos en b	329
7.7 Método del punto interior de Karmarkar	332
7.7.1 Idea básica del algoritmo del punto interior.....	332
7.7.2 Algoritmo del punto interior.....	334
Referencias seleccionadas	344
Problemas integrales.....	344
CAPITULO 8: Programación de metas	347
8.1 Una formulación de programación de metas.....	347
8.2 Algoritmos de programación de metas.....	352
8.2.1 El método de factores de ponderación.....	352
8.2.2 El método por jerarquías.....	354
Referencias seleccionadas	359
Problemas integrales.....	359

CAPITULO 9: Programación lineal entera	361
9.1 Aplicaciones ilustrativas.....	361
9.2 Algoritmos de programación entera	372
9.2.1 Algoritmo de ramificación y acotamiento (B&B)	373
9.2.2 Árbol de ramificación y acotamiento generado con Tora	379
9.2.3 Algoritmo del plano cortante.....	384
9.2.4 Consideraciones computacionales en programación lineal entera	389
9.3 Solución del problema del agente viajero.....	390
9.3.1 Algoritmo de solución con ramificación y acotamiento....	393
9.3.2 Algoritmo del plano de corte	396
Referencias seleccionadas	397
Problemas integrales.....	397
CAPITULO 10: Programación dinámica determinística	401
10.1 Naturaleza recursiva de los cálculos en programación dinámica	401
10.2 Recursión en avance y en reversa	404
10.3 Aplicaciones de programación dinámica	406
10.3.1 Problema de la mochila/equipo de vuelo/carga del contenedor	407
10.3.2 Modelo del tamaño de la fuerza de trabajo.....	415
10.3.3 Modelo de reposición de equipo	418
10.3.4 Modelo de inversión	421
10.3.5 Modelos de inventario.....	425
10.4 Problema de dimensionalidad.....	425
Referencias seleccionadas	428
Problema integral.....	428
CAPITULO 11: Modelos determinísticos de inventarios.....	429
11.1 Modelo general de inventario.....	429
11.2 Modelos estáticos de cantidad económica de pedido (CEP, o EOQ)	430
11.2.1 Modelo clásico de cantidad económica de pedido.....	430
11.2.2 Cantidad económica de pedido con discontinuidades de precio	435
11.2.3 Cantidad económica de pedidote varios artículos con limitación de almacén	439
11.3 Modelos dinámicos de cantidad económica de pedido.....	443
11.3.1 Modelo sin costo de preparación.....	444
11.3.2 Modelo con preparación.....	448
Referencias seleccionadas	460
Problemas integrales.....	460
CAPITULO 12: Repaso de probabilidad básica.....	463
12.1 Leyes de la probabilidad.....	463
12.1.1 Ley aditiva de las probabilidades.....	464
12.1.2 Ley de la probabilidad condicional.....	465
12.2 Variables aleatorias y distribuciones de probabilidades.....	467

12.3 Expectativa de una variable aleatoria.....	469
12.3.1 Media y varianza de una variable aleatoria.....	470
12.3.2 Media y varianza de variables aleatorias conjuntas.....	471
12.4 Cuatro distribuciones comunes reprobabilidades.....	474
12.4.1 Distribución binomial.....	474
12.4.2 Distribución de Poisson	476
12.4.3 Distribución exponencial negativa.....	477
12.4.4 Distribución normal.....	478
12.5 Distribuciones empíricas.....	480
Referencias seleccionadas	489
CAPITULO 13: Modelos de pronóstico.....	491
13.1 Técnica del promedio móvil	491
13.2 Suavización exponencial.....	495
13.3 Regresión.....	497
Referencias seleccionadas	501
Problema integral.....	502
APITULO 14: Análisis redediciones y juegos.....	503
14.1 Toma de decisiones bajo certidumbre: Proceso de jerarquía analítica (AHP)	503
14.2 Toma de decisiones bajo riesgo.....	513
14.2.1 Criterio del valor esperado	514
14.2.2 Variaciones del criterio del valor esperado.....	519
14.3 Decisión bajo incertidumbre.....	527
14.4 Teoría de juegos.....	532
14.4.1 Solución óptima de juegos de dos personas con suma cero	532
14.4.2 Solución de juegos con estrategia mixta.....	536
Referencias seleccionadas	543
Problemas integrales.....	543
CAPITULO 15: Programación dinámica probabilística.....	547
15.1 Un juego aleatorio	547
15.2 Problema de inversión.....	550
15.3 Maximización del evento de lograr una meta.....	554
Referencias seleccionadas	558
Problema integral.....	558
CAPITULO 16: Modelos probabilísticos de inventario.....	559
16.1 Modelos de revisión continua.....	559
16.1.1 Modelo “probabilizado” de cantidad económica de pedido	559
16.1.2 Modelo probabilista de cantidad económica de pedido.....	562
16.2 Modelos de un periodo.....	567
16.2.1 Modelo sin preparación.....	567
16.2.2 Modelo con preparación (política s-S)	571
16.3 Modelos de varios periodos.....	573
Referencias seleccionadas	576
Problemas integrales.....	576

CAPITULO 17: Sistema de colas.....	579
17.1 ¿Por qué estudiar sistemas de colas?	579
17.2 Elementos de un modelo de cola	581
17.3 Papel de la distribución exponencial.....	582
17.4 Modelos con nacimientos y muertes puras (relación entre las distribuciones exponencial y de Poisson)	585
17.4.1 Modelo de nacimientos puros	586
17.4.2 Modelo de muertes puras	590
17.5 Modelo generalizado de cola de Poisson	593
17.6 Colas especializadas de Poisson	597
17.6.1 Medidas de desempeño en estado estacionario.....	599
17.6.2 Modelos con un servidor.....	602
17.6.3 Modelos con varios servidores.....	611
17.6.4 Modelo de servicio a máquinas-(M/M/R): (DG/K/K), R= K	621
17.7 (M/G/1) :(DG/8/8)-Fórmula de Pollaczek-Khintchine (P-K)	624
17.8 Otros modelos de cola.....	627
17.9 Modelos de decisión con colas.....	627
17.9.1 Modelos de costo.....	627
17.9.2 Modelo de nivel de aspiración	632
Referencias seleccionadas	634
Problemas integrales.....	634
CAPITULO 18: Modelo de simulación	639
18.1 Simulación Monte Carlo	639
18.2 Tipos de simulación.....	644
18.3 Elementos de simulación de evento discreto.....	645
18.3.1 Definición genérica de eventos.....	645
18.3.2 Muestreo a partir de distribuciones de probabilidades ..	647
18.4 Generación de números aleatorios.....	656
18.5 Mecánica de la simulación discreta.....	567
18.5.1 Simulación manual de un modelo con un servidor.....	657
18.5.2 Simulación del modelo con un servidor basado en hoja de cálculo	663
18.6 Métodos para reunir observaciones estadísticas.....	666
18.6.1 Método del subintervalo	667
18.6.2 Método de réplica.....	669
18.6.3 Método regenerativo (ciclo)	669
18.7 Lenguajes de simulación.....	672
Referencias seleccionadas	674
CAPITULO 19: Proceso de decisión markoviana	675
19.1 Alcance del problema de decisión markoviana: El problema del jardinero	675
19.2 Modelo de programación dinámica con etapas finitas.....	677
19.3 Modelo con etapas infinitas.....	681
19.3.1 Método de enumeración exhaustiva.....	681
19.3.2 Método de iteración de política sin descuento.....	684
19.3.3 Método de iteración de política con descuento.....	687
19.4 Solución con programación lineal.....	690

19.5 Apéndice: Repaso de las cadenas de Markov	693
19.5.1 Procesos de Markov	694
19.5.2 Cadenas de Markov	694
Referencias seleccionadas	700
CAPITULO 20: Teoría clásica de la optimización.....	701
20.1 Problemas sin restricción.....	701
20.1.1 Condiciones necesarias y suficientes.....	702
20.1.2 El método de Newton-Raphson	706
20.2 Problemas con restricciones.....	708
20.2.1 Restricciones de igualdad.....	708
20.2.2 Restricciones de desigualdad.....	723
Referencias seleccionadas	730
CAPITULO 21: Algoritmos de programación no lineal.....	731
21.1 Algoritmos sin restricción.....	731
21.1.1 Método de búsqueda directa.....	731
21.1.2 Método del gradiente.....	735
21.2 Algoritmos con restricción.....	738
21.2.1 Programación separable.....	739
21.2.2 Programación cuadrática.....	747
21.2.3 Programación geométrica.....	752
21.2.4 Programación estocástica.....	757
21.2.5 Método de combinaciones lineales.....	761
21.2.6 Algoritmo SUMT	763
Referencias seleccionadas	764
Apéndice A Repaso de vectores y matrices.....	765
A.1 Vectores.....	765
A.1.1 Definición de un vector.....	765
A.1.2 Suma (resta) de vectores.....	765
A.1.3 Multiplicación de vectores por escalares.....	766
A.1.4 Vectores linealmente independientes.....	766
A.2 Matrices.....	766
A.2.1 Definición de una matriz	766
A.2.2 Tipos de matrices.....	766
A.2.3 Operaciones aritméticas de matrices.....	767
A.2.4 Determinante de una matriz cuadrada.....	768
A.2.5 Matrices no singulares.....	770
A.2.6 Inversa de una matriz no singular.....	770
A.2.7 Métodos para calcular la inversa de una matriz.....	771
A.3 Formas cuadráticas	777
A.4 Funciones convexas y cóncavas	777
Problemas.....	777
Apéndice B Introducción a TORA	779
B.1 Menú principal.....	779
B.2 Modo y formato de ingreso de datos	780
B.3 Pantalla de ingreso de datos	780
B.4 Menú Solve/Modif.	781
B.5 Formato de los resultados	782

B.6 Pantalla de resultados	782
Apéndice C Tablas estadísticas.....	785
Apéndice D Respuestas parciales de problemas seleccionados ...	789
Índice.....	825