

INDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| Prólogo..... | XV |
| PARTE 1: Introducción..... | 1 |
| 1 LA NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES..... | 3 |
| 1.1. Lo orígenes de la investigación de operaciones..... | 3 |
| 1.2. La naturaleza de la investigación de operaciones..... | 4 |
| 1.3. El influjo de la investigación de operaciones..... | 6 |
| 1.4. Entrenamiento para hacer carrera en investigación de operaciones..... | 10 |
| 1.5. El camino por andar..... | 11 |
| 1.6. Algoritmos y paquetes de computadora..... | 14 |
| 2 PANORAMA SOBRE EL ENFOQUE DE MODELADO EN LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES..... | 16 |
| 2.1. Formulación del problema..... | 17 |
| 2.2. Construcción de un modelo matemático..... | 19 |
| 2.3. Derivación de una solución..... | 20 |
| 2.4. Prueba del modelo y la solución..... | 22 |
| 2.5. Establecimiento de un control sobre la solución..... | 23 |
| 2.6. Puesta en práctica..... | 24 |
| 2.7. Conclusiones..... | 25 |
| PARTE 2: Programación lineal..... | 27 |
| 3 INTRODUCCION A LA PROGRAMACIÓN LINEAL..... | 29 |
| 3.1. Ejemplo prototipo..... | 30 |
| 3.2. Modelo de programación lineal..... | 34 |
| 3.3. Suposiciones de la programación lineal..... | 37 |
| 3.4. Ejemplos adicionales..... | 43 |
| 3.5. Conclusiones..... | 52 |
| 4 SOLUCION DE PROBLEMAS DE Programación LINEAL: METODO SIMPLEX..... | 58 |
| 4.1. La esencia del método símplex..... | 59 |
| 4.2. Preparación para el método símplex..... | 61 |
| 4.3. El álgebra del método símplex..... | 64 |
| 4.4. El método símplex en forma tabular..... | 71 |
| 4.5. Rompimiento de empates en el método símplex..... | 76 |
| 4.6. Adaptación a otras formas de modelo..... | 79 |
| 4.7. Análisis posóptimo..... | 94 |
| 4.8. Paquetes de computadora..... | 98 |
| 4.9. Nuevos desarrollos..... | 100 |
| 4.10. Conclusiones..... | 104 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5 | TEORIA DEL METODO SIMPLEX..... | 112 |
| 5.1. | Fundamentos del método símplex..... | 112 |
| 5.2. | El método símplex revisado..... | 123 |
| 5.3. | Una idea fundamental..... | 132 |
| 5.4. | Conclusiones..... | 139 |
| 6 | TEORIA DE DUALIDAD Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD | 151 |
| 6.1. | Esencia De la teoría de dualidad..... | 152 |
| 6.2. | Interpretación económica de dualidad..... | 158 |
| 6.3. | Relaciones primal-dual..... | 161 |
| 6.4. | Adaptación a otras formas del primal..... | 165 |
| 6.5. | Papel de la teoría de dualidad en el análisis de sensibilidad..... | 169 |
| 6.6. | Esencia del análisis de sensibilidad..... | 171 |
| 6.7. | Aplicación del análisis de sensibilidad..... | 178 |
| 6.8. | Conclusiones..... | 191 |
| 7 | PROBLEMAS ESPECIALES DE PROGRAMACIÓN LINEAL..... | 208 |
| 7.1. | Problema del transporte..... | 209 |
| 7.2. | Método símplex simplificado para el problema de transporte..... | 219 |
| 7.3. | Problema del trasbordo..... | 234 |
| 7.4. | Problema de asignación..... | 240 |
| 7.5. | Problemas multidivisionales..... | 246 |
| 7.6. | Conclusiones..... | 250 |
| 8 | FORMULACION DE MODELOS DE PROGRAMACIÓN LINEAL, INCLUYENDO PROGRAMACIÓN POR OBJETIVOS..... | 267 |
| 8.1. | Variables o funciones lineales con componentes positiva y negativa..... | 268 |
| 8.2. | Programación por objetivos..... | 271 |
| 8.3. | Maximización del progreso mínimo hacia todos los objetivos..... | 277 |
| 8.4. | Algunos ejemplos de formulación..... | 281 |
| 8.5. | Estudio de un caso – Reubicación de zonas escolares para lograr un balance racial..... | 286 |
| 8.6. | Conclusiones..... | 291 |

| | | |
|-----------------|---|------------|
| 9 | OTROS ALGORITMOS PARA PROGRAMACIÓN LINEAL..... | 301 |
| 9.1. | Técnica de la cota superior..... | 302 |
| 9.2. | Método símplex dual..... | 305 |
| 9.3. | Programación lineal paramétrica..... | 307 |
| 9.4. | Algoritmo de punto interior..... | 312 |
| 9.5. | Conclusiones..... | 323 |
| PARTE 3: | Programación matemática..... | 331 |
| 10 | ANÁLISIS DE REDES, INCLUYENDO PERT –CPM..... | 333 |
| 10.1. | Ejemplo prototipo..... | 335 |
| 10.2. | Terminología de redes..... | 336 |
| 10.3. | Problema de la ruta más corta..... | 339 |
| 10.4. | Problema del árbol de expansión mínima..... | 341 |
| 10.5. | El problema del flujo máximo..... | 346 |
| 10.6. | Problema del flujo de costo mínimo..... | 351 |
| 10.7. | Método símplex de redes..... | 359 |
| 10.8. | Planeación y control de proyectos con PERT – CPM | 369 |
| 10.9. | Conclusiones..... | 382 |
| 11 | PROGRAMACION DINAMICA..... | 393 |
| 11.1. | Ejemplo prototipo..... | 394 |
| 11.2. | Características de los problemas de programación dinámica..... | 398 |
| 11.3. | Programación dinámica determinística..... | 401 |
| 11.4. | Programación dinámica probabilística..... | 419 |
| 11.5. | Conclusiones..... | 425 |
| 12 | TEORIA DE JUEGOS..... | 434 |
| 12.1. | Formulación de juegos de dos personas con suma cero | 435 |
| 12.2. | Solución de juegos sencillos – Ejemplo prototipo..... | 436 |
| 12.3. | Juegos con estrategias mixtas..... | 441 |
| 12.4. | Procedimiento de solución gráfica..... | 443 |
| 12.5. | Solución mediante programación lineal..... | 445 |
| 12.6. | Extensiones..... | 449 |
| 12.7. | Conclusiones..... | 450 |
| 13 | PROGRAMACION ENTERA..... | 457 |
| 13.1. | Ejemplo prototipo..... | 458 |
| 13.2. | Otras posibilidades de formulación con variables binarias | 460 |
| 13.3. | Algunas perspectivas sobre la solución de problemas de programación entera..... | 466 |
| 13.4. | Técnica de ramificación y acotamiento y sus aplicaciones a la programación entera binaria..... | 469 |
| 13.5. | Algoritmo de ramificación y acotamiento para programación entera mixta..... | 480 |

| | | |
|-----------------|---|------------|
| 13.6. | Desarrollos recientes..... | 485 |
| 13.7. | Conclusiones..... | 488 |
| 14 | PROGRAMACION NO LINEAL..... | 499 |
| 14.1. | Algunas aplicaciones..... | 500 |
| 14.2. | Ilustración gráfica de problemas de programación no lineal..... | 504 |
| 14.3. | Tipos De problemas de programación no lineal..... | 507 |
| 14.4. | Optimización no restringida de una variable..... | 511 |
| 14.5. | Optimización no restringida de varias variables..... | 514 |
| 14.6. | Las condiciones de Karush-Kuhn-Tucker (KKT) para optimización restringida | 519 |
| 14.7. | Programación cuadrática..... | 523 |
| 14.8. | Programación separable..... | 528 |
| 14.9. | Programación convexa..... | 535 |
| 14.10. | Programación no convexa..... | 539 |
| 14.11. | Conclusiones..... | 543 |
| PARTE 4: | Modelos probabilísticos..... | 559 |
| 15 | CADENAS DE MARKOV..... | 561 |
| 15.1. | Introducción..... | 561 |
| 15.2. | Procesos estocásticos..... | 562 |
| 15.3. | Cadenas de Markov..... | 563 |
| 15.4. | Ecuaciones de Chapman-Kolmogorov | 566 |
| 15.5. | Clasificación de estados en una cadena de Markov..... | 568 |
| 15.6. | Tiempos de primera pasada..... | 571 |
| 15.7. | Propiedades a largo plazo de las cadenas de Markov..... | 573 |
| 15.8. | Estados absorbentes..... | 579 |
| 15.9. | Cadenas de Markov de parámetro continuo..... | 581 |
| 16 | TEORIA DE COLAS..... | 593 |
| 16.1. | Ejemplo prototipo..... | 594 |
| 16.2. | Estructura básica de un modelo de colas..... | 594 |
| 16.3. | Ejemplos de sistemas de colas reales..... | 599 |
| 16.4. | Papel de la distribución exponencial..... | 600 |
| 16.5. | Proceso de nacimiento y muerte..... | 606 |
| 16.6. | Modelos de colas basados en el proceso de nacimiento y muerte | 611 |
| 16.7. | Modelos de colas con distribuciones no exponenciales ... | 628 |
| 16.8. | Modelo de colas con disciplina de prioridades..... | 636 |
| 16.9. | Redes de colas..... | 640 |
| 16.10. | Conclusiones..... | 644 |
| 17 | APLICACIÓN DE LA TEORIA DE COLAS..... | 656 |
| 17.1. | Ejemplos..... | 657 |
| 17.2. | Toma de decisiones..... | 658 |
| 17.3. | Formulación de las funciones de costo-espera..... | 663 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 17.4. | Modelos de decisión..... | 667 |
| 17.5. | Evaluación del tiempo de viaje..... | 672 |
| 17.6. | Conclusiones..... | 678 |
| 18 | TEORIA DE INVENTARIOS..... | 687 |
| 18.1. | Introducción..... | 687 |
| 18.2. | Componentes de los modelos de inventarios..... | 689 |
| 18.3. | Modelos determinísticos..... | 691 |
| 18.4. | Modelos estocásticos..... | 707 |
| 18.5. | Conclusiones..... | 732 |
| 19 | PRONOSTICOS..... | 741 |
| 19.1. | Introducción..... | 741 |
| 19.2. | Técnicas subjetivas..... | 742 |
| 19.3. | Series de tiempo..... | 743 |
| 19.4. | Técnicas de pronósticos para modelos de nivel constante..... | 745 |
| 19.5. | Técnica de pronósticos para modelos con tendencia lineal..... | 748 |
| 19.6. | Técnica de pronósticos para modelos de nivel constante con efecto estacional..... | 750 |
| 19.7. | Errores de pronóstico..... | 753 |
| 19.8. | Método de Box-Jenkins..... | 754 |
| 19.9. | Regresión lineal..... | 755 |
| 19.10. | Conclusiones..... | 762 |
| 20 | PROCESOS MARKOVIANOS DE DECISIÓN Y SUS APLICACIONES..... | 768 |
| 20.1. | Introducción..... | 768 |
| 20.2. | Modelos de decisión markovianos..... | 770 |
| 20.3. | Programación lineal y políticas óptimas..... | 775 |
| 20.4. | Algoritmo de mejoramiento de un apolítica para encontrar políticas óptimas | 778 |
| 20.5. | Criterio de costos descontados | 784 |
| 20.6. | Modelo de recursos hidráulicos | 792 |
| 20.7. | Modelo de inventarios | 797 |
| 20.8. | Conclusiones..... | 802 |
| 21 | CONFIABILIDAD..... | 810 |
| 21.1. | Introducción..... | 810 |
| 21.2. | Función estructural de un sistema..... | 811 |
| 21.3. | Confiabilidad del sistema..... | 813 |
| 21.4. | Cálculo de la confiabilidad exacta del sistema..... | 815 |
| 21.5. | Cotas sobre la confiabilidad del sistema..... | 819 |
| 21.6. | Cotas sobre la confiabilidad basada en los tiempos de fracaso | 820 |
| 21.7. | Conclusiones..... | 823 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 22 | ANÁLISIS DE DECISION..... | 828 |
| 22.1. | Introducción..... | 828 |
| 22.2. | Toma de decisiones sin experimentación..... | 829 |
| 22.3. | Toma de decisiones con experimentación..... | 832 |
| 22.4. | Árboles de decisión..... | 840 |
| 22.5. | Función de utilidad..... | 843 |
| 22.6. | Ejemplo del carnaval | 843 |
| 22.7. | Conclusiones..... | 849 |
| 23 | SIMULACION..... | 856 |
| 23.1. | Ejemplos ilustrativos..... | 858 |
| 23.2. | Formulación y puesta en práctica de un modelo de simulación | 865 |
| 23.3. | Diseño experimental para simulación..... | 874 |
| 23.4. | Método regenerativo de análisis estadístico..... | 880 |
| 23.5. | Conclusiones..... | 887 |
| | APENDICES..... | 895 |
| 1 | Convexidad..... | 897 |
| 2 | Método de optimización clásica..... | 902 |
| 3 | Matrices y operaciones con matrices..... | 906 |
| 4 | Ecuaciones lineales simultáneas..... | 913 |
| 5 | Tablas..... | 916 |
| | Respuestas a problemas selectos..... | 925 |
| | Índice de autores..... | 937 |
| | Índice temático..... | 941 |
| | Instrucciones para el uso del <i>OR COURSEWARE</i>..... | 956 |