

# Índice

|  |    |  |    |
|--|----|--|----|
| <i>Prólogo</i>   | 9  |  |    |
| Capítulo 1<br>CONCEPTOS BASICOS Y METODOLOGIA                    |    |  |    |
| 1. <b>Introducción</b>   | 11 | 3.7. Una versión simplificada del problema de localización de plantas o bodegas                        | 23 |
| 2. <b>Los campos de acción</b>                                   | 12 | 3.8. Una aplicación en un problema sencillo de la industria minera                                     | 25 |
| 3. <b>La metodología</b>   | 15 |  |    |
| 3.1. Formular el problema  | 17 |  |    |
| 3.2. Construir un modelo   | 17 |  |    |
| 3.3. Obtener una solución del modelo                             | 18 |  |    |
| 3.4. Probar el modelo  | 18 | 4. <b>Técnica y modelos</b>  | 29 |
| 3.5. Controlar e implementar la solución                         | 19 | 4.1. Técnicas  | 29 |
| 3.6. Un ejemplo de formulación de un problema simple             | 19 | 4.2. Tipos de modelos  | 29 |
|  |    | <i>Referencias bibliográficas</i>  | 30 |
| Capítulo 2<br>PROGRAMACION LINEAL - I                            |    |  |    |
| 1. <b>Introducción</b>   | 32 | 2. <b>La geometría de programación lineal: conjuntos convexos</b>                                      | 47 |
| 1.1. Ejemplo de planteamiento y solución de un problema sencillo | 32 | 3. <b>El método Simplex</b>  | 51 |
| 1.1.1. El problema   | 32 | 3.1. El problema estándar  | 51 |
| 1.1.2. Planteamiento de un modelo                                | 32 | 3.2. Desarrollo del algoritmo Simplex  | 52 |
| 1.1.3. Solución  | 33 | 3.3. El Cuadro Simplex   | 62 |
| 1.2. Planteamiento de modelos lineales                           | 36 | 3.4. Aspectos particulares en la aplicación del Simplex  | 64 |
| 1.2.1. Un problema de planeamiento de producción                 | 36 | 3.4.1. Convergencia del algoritmo  | 64 |
| 1.2.2. Un problema de mezcla de fluidos                          | 37 | 3.4.2. Soluciones básicas degeneradas y ciclaje del Simplex  | 64 |
| 1.2.3. Un problema de transporte                                 | 38 | 3.4.3. Existencia de varias soluciones óptimas   | 66 |
| 1.2.4. Un problema de inversión                                  | 39 | 3.4.4. Construcción de una primera solución básica realizable: problemas de redundancia y factibilidad | 66 |
| 1.2.5. Un problema de la minería del carbón                      | 40 | <i>Ejercicios para resolver</i>  | 72 |
| 1.2.6. Un problema de planificación de recursos hídricos         | 42 | 4. <b>El Simplex en forma matricial</b>  | 74 |
| 1.3. Suposiciones usadas al plantear modelos lineales            | 45 | 4.1. Análisis Matricial  | 74 |
| <i>Ejercicios de formulación</i>                                 | 45 | 4.2. El Simplex revisado   | 77 |
|  |    | 4.3. Algunas consideraciones computacionales   | 80 |
|  |    | <i>Referencias bibliográficas</i>  | 81 |
| Capítulo 3<br>PROGRAMACION LINEAL - II                           |    |  |    |
| 1. <b>Dualidad</b>   | 82 | 1.4. Interpretación económica de la dualidad   | 88 |
| 1.1. Ejemplos de problemas duales                                | 82 | 1.5. La dualidad y los diferentes métodos Simplex  | 91 |
| 1.2. Relaciones entre problemas duales                           | 83 | <i>Ejercicios para resolver</i>  | 91 |
| 1.3. Aspectos computacionales                                    | 86 |  |    |



|                                      |    |   |     |
|--------------------------------------|----|---|-----|
| <b>2. Análisis postoptimal</b>       | 93 | <b>3. Otros temas y extensiones</b>             | 100 |
| 2.1. Análisis de sensibilidad        | 93 | 3.1. Cotas Superiores                           | 100 |
| 2.1.1. Cambio en b                   | 93 | 3.2. Nociones sobre flujos en redes             | 104 |
| 2.1.2. Cambio en c                   | 95 | 3.2.1. Grafos y redes                           | 104 |
| 2.1.3. Adición de nuevas variables   | 96 | 3.2.2. Problemas en redes                       | 105 |
| 2.1.4. Cambios en los $a_j$          | 96 | 3.3. Programación lineal entera                 | 112 |
| 2.1.5. Adición de restricciones      | 97 | 3.3.1. Solución de Gomory para el problema puro | 112 |
| 2.2. Programación lineal paramétrica | 97 | 3.3.2. Ramificación y acotamiento               | 115 |
| <i>Ejercicios para resolver</i>      | 98 | <i>Referencias bibliográficas</i>               | 117 |

#### Capítulo 4 PROGRAMACION NO LINEAL

|  |     |   |     |
|--|-----|---|-----|
| <b>1. Introducción</b>                                   | 118 | <b>5.1. Método de direcciones factibles para optimización sin restricciones</b> | 140 |
| 1.1. La necesidad de programación no lineal              | 118 | 5.1.1. Descripción general  | 140 |
| 1.2. El problema de programación no lineal               | 120 | 5.1.2. Método del descenso más pronunciado                                      | 140 |
| <i>Problemas para resolver</i>                           | 120 | 5.1.3. Método de Davidon  | 143 |
| <b>2. Funciones convexas</b>                             | 121 | <b>5.2. Método de la secuencia de minimizaciones no restringidas</b>            | 144 |
| <i>Problemas para resolver</i>                           | 126 | <b>5.3. Programación separable</b>  | 146 |
| <b>3. Optimización sin restricciones</b>                 | 127 | <i>Problemas para resolver</i>  | 147 |
| <i>Problemas para resolver</i>                           | 129 | <b>6. Programación dinámica</b>   | 147 |
| <b>4. Optimización con restricciones</b>                 | 129 | 6.1. Un ejemplo introductorio   | 147 |
| 4.1. Método de Lagrange                                  | 129 | 6.2. El problema de programación dinámica                                       | 149 |
| 4.2. Condiciones de Kuhn-Tucker                          | 133 | 6.3. Ejemplos de uso de programación dinámica                                   | 153 |
| 4.3. Aplicación de Kuhn-Tucker a programación cuadrática | 136 | <i>Problemas para resolver</i>  | 160 |
| <i>Problemas para resolver</i>                           | 138 | <i>Referencias bibliográficas</i>   | 160 |
| <b>5. Algunos algoritmos de programación no lineal</b>   | 139 |   |     |

#### Capítulo 5 INTRODUCCION A PROCESOS ESTOCASTICOS

|  |     |  |     |
|--|-----|--|-----|
| <b>1. Nociones generales</b>   | 161 | <b>3.2. Proceso de nacimiento y muerte general</b> | 179 |
| 1.1. Definición de un proceso estocástico                                | 163 | <b>3.3. Cadenas de Markov</b>                      | 182 |
| 1.2. Definición de probabilidades y parámetros de un proceso estocástico | 165 | <i>Ejercicios para resolver</i>                    | 190 |
| 1.3. Tipos de procesos estocásticos                                      | 166 | <i>Referencias bibliográficas</i>                  | 192 |
| <i>Ejercicios para resolver</i>  | 167 |  |     |
| <b>2. Procesos de conteo</b>   | 167 | Anexo 1  |     |
| 2.1. Proceso Poisson   | 168 | SISTEMAS DE ECUACIONES                             |     |
| 2.2. Proceso de renovación   | 171 | <b>1. Existencia de soluciones</b>                 | 193 |
| <i>Ejercicios para resolver</i>  | 174 | <b>2. Soluciones básicas</b>                       | 197 |
| <b>3. Procesos de Markov o Markovianos</b>                               | 174 | Anexo 2  |     |
| 3.1. Proceso de nacimiento y muerte simple                               | 175 | RESUMEN DE PROBABILIDADES                          |     |
|  |     | <b>1. Conceptos básicos</b>                        | 201 |
|  |     | <b>2. Probabilidades</b>                           | 202 |
|  |     | <b>3. Variables aleatorias</b>                     | 203 |