

# Contenido

---

*PREFACIO* xi

*SOBRE EL USO DE LAS COMPUTADORAS* xv

## *Capítulo 1: ALGEBRA MATRICIAL* 1

- 1.1 Introducción 1
- 1.2 Igualdad, suma y multiplicación por un escalar 3
- 1.3 Multiplicación de matrices 9
- 1.4 Inversa de una matriz 23
- 1.5 Matrices separadas 36
- 1.6 Problemas varios 44

## *Capítulo 2: ALGUNAS APLICACIONES SIMPLES Y PREGUNTAS* 46

- 2.1 Introducción 46
- 2.2 Competencia entre negocios: cadenas de Markov 47
- 2.3 Crecimiento de la población: potencias de una matriz 55
- 2.4 Equilibrio en redes: ecuaciones lineales 60
- 2.5 Sistemas oscilatorios: eigenvalores 66
- 2.6 Modelos generales: mínimos cuadrados 73
- 2.7 Planeación de producción: programas lineales 81
- 2.8 Problemas varios 87

## *Capítulo 3: SOLUCION DE ECUACIONES Y CALCULO DE INVERSAS: METODOS* 90

- 3.1 Introducción 90
- 3.2 Solución de ecuaciones mediante la eliminación de Gauss 91

- 3.3 Existencia de soluciones a sistemas de ecuaciones:  
algunos ejemplos y procedimientos 104
- 3.4 Cómo encontrar una inversa mediante la eliminación de Gauss 109
- 3.5 Operaciones de renglón y matrices elementales 112
- 3.6 Selección de pivotes y eliminación de Gauss en la práctica 117
- 3.7 La descomposición-LU 127
- 3.8 Medidas de trabajo y solución de sistemas ligeramente  
modificados 138
- 3.9 Programas computacionales para la eliminación de Gauss 147
- 3.10 Problemas varios 150

**Capítulo 4: SOLUCION DE ECUACIONES Y CALCULO  
DE INVERSAS: TEORIA 153**

- 4.1 Introducción 153
- 4.2 Forma reducida de Gauss y rango 154
- 4.3 Posibilidad de solución y conjuntos de soluciones  
para sistemas de ecuaciones 162
- 4.4 Inversas y rango 171
- 4.5 Determinantes y sus propiedades 174
- 4.6 Representación de inversas y soluciones mediante  
el uso de determinantes 185
- 4.7 Problemas varios 190

**Capítulo 5: VECTORES Y ESPACIOS VECTORIALES 194**

- 5.1 Introducción; vectores geométricos 194
- 5.2 Concepto general de espacios vectoriales 201
- 5.3 Dependencia lineal e independencia lineal 208
- 5.4 Base, dimensión y coordenadas 216
- 5.5 Bases y matrices 230
- 5.6 Longitud y distancia en espacios vectoriales: normas 240
- 5.7 Angulo en los espacios vectoriales: productos interiores 245
- 5.8 Proyecciones ortogonales y bases: espacios generales  
y Gram-Schmidt 252
- 5.9 Proyecciones ortogonales y bases:  $\mathbb{R}^p$ ,  $\mathbb{C}^p$ ,  $QR$   
y mínimos cuadrados 261
- 5.10 Problemas varios 274

**Capítulo 6: TRANSFORMACIONES LINEALES Y MATRICES 277**

- 6.1 Introducción; transformaciones lineales 277
- 6.2 Representaciones matriciales de transformaciones lineales 286

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 6.3 | Normas de transformaciones lineales y matrices                     | 292 |
| 6.4 | Inversas de matrices perturbadas: condición de ecuaciones lineales | 299 |
| 6.5 | Problemas varios   | 308 |

**Capítulo 7: EIGENVALORES Y EIGENVECTORES: UNA PANORAMICA 310**

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 7.1 | Introducción  | 310 |
| 7.2 | Definiciones y propiedades básicas                                    | 316 |
| 7.3 | Eigensistemas, factorizaciones y representaciones de transformaciones | 326 |
| 7.4 | Transformaciones de semejanza; forma de Jordan                        | 332 |
| 7.5 | Matrices unitarias y semejanza unitaria; formas de Schur y diagonal   | 338 |
| 7.6 | Programas de computadora para encontrar eigensistemas                 | 351 |
| 7.7 | Condición del problema de los eigensistemas                           | 353 |
| 7.8 | Problemas varios  | 358 |

**Capítulo 8: EIGENSISTEMAS DE MATRICES SIMETRICAS, HERMITIANAS Y NORMALES, CON APLICACIONES 361**

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 8.1 | Introducción                                       | 361 |
| 8.2 | Forma y descomposición de Schur; matrices normales | 362 |
| 8.3 | Eigensistemas de matrices normales                 | 368 |
| 8.4 | Aplicación: descomposición en valores singulares   | 375 |
| 8.5 | Aplicación: mínimos cuadrados y pseudoinversa      | 385 |
| 8.6 | Problemas varios                                   | 392 |

**Capítulo 9: EIGENSISTEMAS DE MATRICES ARBITRARIAS GENERALES, CON APLICACIONES 394**

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 9.1 | Introducción  | 394 |
| 9.2 | Forma de Jordan   | 396 |
| 9.3 | Eigensistemas para matrices arbitrarias generales                       | 404 |
| 9.4 | Aplicación: evolución de sistemas discretos y potencias de matrices     | 409 |
| 9.5 | Aplicación: evolución de sistemas continuos y exponenciales de matrices | 419 |
| 9.6 | Aplicación: solución iterativa de ecuaciones lineales                   | 430 |
| 9.7 | Problemas varios  | 437 |

**Capítulo 10: FORMAS CUADRATICAS Y CARACTERIZACIONES VARIACIONALES DE EIGENVALORES 440**

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 10.1 | Introducción   | 440 |
| 10.2 | Formas cuadráticas en $\mathbb{R}^2$                     | 443 |
| 10.3 | Formas cuadráticas en $\mathbb{R}^p$ y en $\mathbb{C}^p$ | 450 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 10.4 | Valores extremos de formas cuadráticas: el principio de Rayleigh | 459 |
| 10.5 | Valores extremos de formas cuadráticas: el principio de minimax  | 468 |
| 10.6 | Problemas varios   | 474 |

*Capítulo 11: PROGRAMACION LINEAL* 479

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 11.1 | Análisis de un ejemplo sencillo          | 479 |
| 11.2 | Un programa lineal general               | 495 |
| 11.3 | Resolución de un programa lineal general | 501 |
| 11.4 | Dualidad                                 | 514 |
| 11.5 | Problemas varios                         | 524 |

*Apéndice 1: RESPUESTAS A PROBLEMAS SELECCIONADOS* 529

*Apéndice 2: BIBLIOGRAFIA* 553

*INDICE DE SIMBOLOS* 556

*INDICE ANALITICO* 559