

# Contenido

PRÓLOGO .....	xv
PRÓLOGO A LA EDICIÓN EN ESPAÑOL .....	xxi
1. PRELIMINARES .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ¿QUÉ ES UN ALGORITMO? .....	2
1.3 NOTACIÓN PARA LOS PROGRAMAS .....	7
1.4 NOTACIÓN MATEMÁTICA.....	8
1.4.1 Cálculo proposicional.....	8
1.4.2 Teoría de conjuntos.....	9
1.4.3 Enteros, reales e intervalos .....	10
1.4.4 Funciones y relaciones .....	11
1.4.5 Cuantificadores .....	11
1.4.6 Sumas y productos .....	13
1.4.7 Miscelánea.....	14
1.5 TÉCNICA DE DEMOSTRACIÓN 1: CONTRADICCIÓN.....	15
1.6 TÉCNICA DE DEMOSTRACIÓN 2: INDUCCIÓN MATEMÁTICA.....	18
1.6.1 El principio de inducción matemática.....	21
1.6.2 Un asunto completamente distinto.....	26
1.6.3 Inducción matemática generalizada.....	28
1.6.4 Inducción constructiva.....	31
1.7 RECORDATORIOS.....	35
1.7.1 Límites .....	35
1.7.2 Series sencillas .....	39
1.7.3 Combinatoria básica.....	44
1.7.4 Probabilidad elemental.....	48
1.8 PROBLEMAS .....	56
1.9 REFERENCIAS Y TEXTOS MÁS AVANZADOS .....	62

2	ALGORITMIA ELEMENTAL .....	65
2.1	INTRODUCCIÓN .....	65
2.2	PROBLEMAS Y EJEMPLARES .....	66
2.3	EFICIENCIA DE LOS ALGORITMOS.....	67
2.4	ANÁLISIS DE «CASO MEDIO» Y DE «CASO PEOR» .....	70
2.5	¿QUÉ ES UNA OPERACIÓN ELEMENTAL? .....	73
2.6	¿POR QUÉ HAY QUE BUSCAR LA EFICIENCIA? .....	76
2.7	EJEMPLOS.....	78
2.7.1	Cálculo de determinantes.....	78
2.7.2	Ordenación.....	79
2.7.3	Multiplicación de enteros muy grandes.....	80
2.7.4	Cálculo del máximo común divisor.....	82
2.7.5	Cálculo de la sucesión de Fibonacci.....	83
2.7.6	Transformada de Fourier .....	85
2.8	¿CUÁNDO QUEDA ESPECIFICADO UN ALGORITMO? .....	85
2.9	PROBLEMAS .....	86
2.10	REFERENCIAS Y TEXTOS MÁS AVANZADOS .....	89
3	NOTACIÓN ASINTÓTICA.....	91
3.1	INTRODUCCIÓN.....	91
3.2	UNA NOTACIÓN PARA “EL ORDEN DE” .....	91
3.3	OTRA NOTACIÓN ASINTÓTICA .....	98
3.4	NOTACIÓN ASINTÓTICA CONDICIONAL .....	101
3.5	NOTACIÓN ASINTÓTICA CON VARIOS PARÁMETROS.....	104
3.6	OPERACIONES SOBRE NOTACIÓN ASINTÓTICA .....	105
3.7	PROBLEMAS .....	106
3.8	REFERENCIAS Y TEXTOS MÁS AVANZADOS .....	110
4	ANÁLISIS DE ALGORITMOS.....	111
4.1	INTRODUCCIÓN.....	111
4.2	ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS DE CONTROL .....	111
4.2.1	Secuencias .....	112
4.2.2	Bucles “para” (desde).....	112
4.2.3	Llamadas recursivas.....	114
4.2.4	Bucles “mientras” y “repetir” .....	116
4.3	USO DE UN BARÓMETRO.....	118

4.4	EJEMPLOS ADICIONALES .....	120
4.5	ANÁLISIS DEL CASO MEDIO .....	126
4.6	ANÁLISIS AMORTIZADO .....	127
4.7	RESOLUCIÓN DE RECURRENCIAS.....	132
4.7.1	Suposiciones inteligentes.....	132
4.7.2	Recurrencias homogéneas .....	135
4.7.3	Recurrencias no homogéneas.....	140
4.7.4	Cambios de variable.....	148
4.7.5	Transformaciones de intervalo.....	156
4.7.6	Recurrencias asintóticas.....	157
4.8	PROBLEMAS .....	160
4.9	REFERENCIAS Y TEXTOS MÁS AVANZADOS .....	166
5	ESTRUCTURA DE DATOS .....	167
5.1	MATRICES (ARRAYS), PILAS Y COLAS .....	167
5.2	REGISTROS Y PUNTEROS (APUNTADORES) .....	170
5.3	LISTAS.....	171
5.4	GRAFOS .....	173
5.5	ÁRBOLES.....	175
5.6	TABLAS ASOCIATIVAS .....	181
5.7	MONTÍCULOS (HEAPS).....	184
5.8	MONTÍCULOS BINOMIALES.....	193
5.9	ESTRUCTURAS DE CONJUNTOS DISJUNTOS (PARTICIÓN) .....	198
5.10	PROBLEMAS .....	204
5.11	REFERENCIAS Y TEXTOS MÁS AVANZADOS .....	209
6	ALGORITMOS VORACES.....	211
6.1	DAR LA VUELTA (1).....	211
6.2	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ALGORITMOS VORACES .....	213
6.3	GRAFOS: ÁRBOLES DE RECUBRIMIENTO MÍNIMO .....	215
6.3.1	Algoritmo de Kruskal .....	217
6.3.2	Algoritmo de Prim.....	220
6.4	GRAFOS: CAMINOS MÍNIMOS.....	223
6.5	EL PROBLEMA DE LA MOCHILA (1).....	227
6.6	PLANIFICACIÓN .....	230
6.6.1	Minimización del tiempo del sistema.....	231

6.6.2	Planificación con plazo fijo.....	233
6.7	PROBLEMAS .....	242
6.8	REFERENCIAS Y TEXTOS MÁS AVANZADOS .....	245
7	DIVIDE Y VENCERÁS.....	247
7.1	INTRODUCCIÓN: MULTIPLICACIÓN DE ENTEROS MUY GRANDES .....	247
7.2	EL CASO GENERAL .....	251
7.3	BÚSQUEDA BINARIA.....	255
7.4	ORDENACIÓN .....	257
7.4.1	Ordenación por fusión.....	258
7.4.2	Ordenación rápida (Quicksort).....	260
7.5	BÚSQUEDA DE LA MEDIANA .....	266
7.6	MULTIPLICACIÓN DE MATRICES .....	272
7.7	EXPONENCIACIÓN.....	274
7.8	ENSAMBLANDO TODAS LA PIEZAS: INTRODUCCIÓN A LA CRIPTOGRAFÍA .....	279
7.9	PROBLEMAS .....	282
7.10	REFERENCIAS Y TEXTOS MÁS AVANZADOS .....	288
8	PROGRAMACIÓN DINÁMICA.....	291
8.1	DOS EJEMPLOS SENCILLOS.....	292
8.1.1	Cálculo del coeficiente binomial.....	292
8.1.2	El campeonato mundial.....	293
8.2	DEVOLVER CAMBIO (2) .....	295
8.3	EL PRINCIPIO DE OPTIMALIDAD .....	298
8.4	EL PROBLEMA DE LA MOCHILA (2).....	299
8.5	CAMINOS MÍNIMOS.....	301
8.6	MÚLTIPlicación ENCADENADA DE MATRICES.....	304
8.7	ENFOQUES QUE APLICAN RECURSIÓN .....	309
8.8	FUNCIONES CON MEMORIA.....	311
8.9	PROBLEMAS .....	312
8.10	REFERENCIAS Y TEXTOS MÁS AVANZADOS .....	317
9	EXPLORACIÓN DE LOS GRAFOS .....	319
9.1	GRAFOS Y JUEGOS: INTRODUCCIÓN .....	319
9.2	RECORRIDO DE ÁRBOLES.....	326

9.2.1	Preacondicionamiento.....	327
<b>9.3</b>	RECORRIDO EN PROFUNDIDAD: GRAFOS NO DIRIGIDOS.....	329
9.3.1	Puntos de articulación.....	332
<b>9.4</b>	RECORRIDO EN PROFUNDIDAD: GRAFOS DIRIGIDOS.....	334
9.4.1	Grafos acíclicos: ordenación topológica.....	336
<b>9.5</b>	RECORRIDO EN ANCHURA.....	337
<b>9.6</b>	VUELTA ATRÁS.....	342
9.6.1	El problema de la mochila (3).....	343
9.6.2	El problema de las ocho reinas.....	345
9.6.3	El caso general.....	348
<b>9.7</b>	RAMIFICACIÓN Y PODA.....	348
9.7.1	El problema de la asignación.....	349
9.7.2	El problema de la mochila (4).....	353
9.7.3	Consideraciones generales.....	354
<b>9.8</b>	EL PRINCIPIO DE MINIMAX.....	354
<b>9.9</b>	PROBLEMAS.....	357
<b>9.10</b>	REFERENCIAS Y TEXTOS MÁS AVANZADOS.....	363
<b>10</b>	ALGORITMOS PROBABILISTAS.....	365
<b>10.1</b>	INTRODUCCIÓN.....	365
<b>10.2</b>	PROBABILISTA NO IMPLICA INCIERTO.....	366
<b>10.3</b>	TIEMPO ESPERADO FRENTE A TIEMPO PROMEDIO.....	368
<b>10.4</b>	GENERACIÓN DE NÚMEROS PSEUDOALEATORIOS.....	369
<b>10.5</b>	ALGORITMOS PROBABILISTAS NUMÉRICOS.....	371
10.5.1	La aguja de Buffon.....	371
10.5.2	Integración numérica.....	375
10.5.3	Conteo probabilista.....	377
<b>10.6</b>	ALGORITMOS DE MONTE CARLO.....	379
10.6.1	Verificación de la multiplicación de matrices.....	380
10.6.2	Comprobación de primalidad.....	383
10.6.3	¿Puede un número ser probablemente primo?.....	387
10.6.4	Amplificación de la ventaja estocástica.....	390
<b>10.7</b>	ALGORITMOS DE LAS VEGAS.....	393
10.7.1	El problema de las ocho reinas, segunda parte.....	396
10.7.2	Selección y ordenación probabilistas.....	400
10.7.3	Tablas de dispersión universales.....	402
10.7.4	Factorización de enteros muy grandes.....	404
<b>10.8</b>	PROBLEMAS.....	409
<b>10.9</b>	REFERENCIAS Y TEXTOS MÁS AVANZADOS.....	416

11	ALGORITMOS PARALELOS.....	419
11.1	UN MODELO PARA LA COMPUTACIÓN PARALELA .....	419
11.2	TÉCNICAS BÁSICAS.....	422
11.2.1	Cómputo con un árbol binario completo .....	422
11.2.2	Duplicación de punteros .....	424
11.3	TRABAJO Y EFICIENCIA.....	428
11.4	DOS EJEMPLOS DE TEORÍA DE GRAFOS .....	431
11.4.1	Caminos mínimos .....	431
11.4.2	Componentes conexos.....	432
11.5	EVALUACIÓN DE EXPRESIONES EN PARALELO .....	435
11.6	REDES DE ORDENACIÓN EN PARALELO .....	443
11.6.1	El principio cero-uno .....	445
11.6.2	Redes de fusión en paralelo.....	446
11.6.3	Redes de ordenación mejoradas .....	448
11.7	ORDENACIÓN EN PARALELO.....	449
11.7.1	Preliminares.....	450
11.7.2	La idea clave.....	450
11.7.3	El algoritmo.....	451
11.7.4	Un esbozo de los detalles.....	452
11.8	COMENTARIOS ACKRCA DE LAS P-RAM EREW Y CRCW .....	453
11.9	CÓMPUTO DISTRIBUIDO.....	455
11.10	PROBLEMAS.....	457
11.11	REFERENCIAS Y TEXTOS MÁS AVANZADOS.....	459
12	COMPLEJIDAD COMPUTACIONAL.....	461
12.1	INTRODUCCIÓN: UN EJEMPLO SENCILLO .....	462
12.2	ARGUMENTOS DE LA TEORÍA DE LA INFORMACIÓN.....	462
12.2.1	La complejidad de la ordenación.....	466
12.2.2	La complejidad, al rescate de la algorítmica.....	470
12.3	ARGUMENTOS DEL ADVERSARIO.....	472
12.3.1	Búsqueda del máximo en una matriz .....	473
12.3.2	Comprobación de la conectividad de un grafo .....	474
12.3.3	La mediana, segunda parte .....	475
12.4	REDUCCIONES LINEALES.....	476
12.4.1	Definiciones formales .....	480
12.4.2	Reducciones entre problemas matriciales .....	482
12.4.3	Reducciones entre problemas caminos mínimos .....	487
12.5	INTRODUCCIÓN A LA NP-COMPLETITUD.....	491

12.5.1	Las clases P y NP.....	491
12.5.2	Reducciones polinómicas.....	496
12.5.3	Problemas NP completos.....	500
12.5.4	Algunas demostraciones de NP-completitud.....	504
12.5.5	Problemas NP-difíciles.....	507
12.5.6	Algoritmos no deterministas.....	508
<b>12.6</b>	UN ZOO DE CLASES DE COMPLEJIDAD.....	<b>511</b>
<b>12.7</b>	PROBLEMAS.....	<b>515</b>
<b>12.8</b>	REFERENCIAS Y TEXTOS MÁS AVANZADOS.....	<b>522</b>
<b>13</b>	<b>ALGORITMOS HEURÍSTICOS Y APROXIMADOS.....</b>	<b>525</b>
<b>13.1</b>	ALGORITMOS HEURÍSTICOS.....	526
13.1.1	Coloreado de un grafo.....	526
13.1.2	El viajante.....	528
<b>13.2</b>	ALGORITMOS APROXIMADOS.....	529
13.2.1	El viajante métrico.....	529
13.2.2	El problema de la mochila (5).....	532
13.2.3	Llenado de cajas.....	534
<b>13.3</b>	PROBLEMAS DE APROXIMACIÓN CON DIFICULTAD NP.....	536
13.3.1	Problemas de aproximación con dificultad absoluta.....	538
13.3.2	Problemas de aproximación con dificultad relativa.....	539
<b>13.4</b>	LO MISMO, PERO DISTINTO.....	541
<b>13.5</b>	ENFOQUES DE APROXIMACIÓN.....	545
13.5.1	Llenado de cajas, segunda parte.....	546
13.5.2	El problema de la mochila (6).....	547
<b>13.6</b>	PROBLEMAS.....	550
<b>13.7</b>	REFERENCIAS Y TEXTOS MÁS AVANZADOS.....	553
	REFERENCIAS.....	555
	NOTAS FINALES.....	569
	ÍNDICE ANALÍTICO.....	571