

## INDICE

Prefacio	XI
Prólogo	XIII
<b>Capítulo 1. Introducción a los Sistemas Expertos</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción	1
1.2. ¿Qué es un sistema experto?	1
1.3. Ventajas de los sistemas expertos	4
1.4. Conceptos generales de los sistemas expertos	5
1.5. Características de un sistema experto	8
1.6. El desarrollo de la tecnología de sistemas expertos	10
1.7. Aplicaciones y dominios de los sistemas expertos	15
1.8. Lenguajes. Shell y herramientas	21
1.9. Elementos de un sistema experto	23
1.10. Sistema de producción	28
1.11. Paradigmas de procedimientos	32
1.12. Paradigmas que no son de procedimientos	38
1.13. Sistema neuronales ratificales	43
1.14. Sistemas expertos interconectados y aprendizaje inducido	49
1.15. Resumen	50
Problemas	50
Bibliografía	51
Una breve bibliografía histórica	54
<b>Capítulo 2. La Representación del Conocimiento</b>	<b>57</b>
2.1. Introducción	57
2.2. El significado de conocimiento	57
2.3. Producciones	60
2.4. Redes semánticas	63
2.5. Tripletas objeto – atributo – valor	66
2.6. PROLOG y redes semánticas	67
2.7. Dificultades con redes semánticas	72
2.8. Esquema	73
2.9. Marcos	74
2.10. Dificultades con los marcos	77
2.11. Lógica y conjuntos	78
2.12. Lógica de proposiciones	81
2.13. La lógica de predicado de primer orden	86
2.14. El cuantificador universal	87
2.15. El cuantificador existencial	88
2.16. Cuantificadores y conjuntos	90
2.17. Limitaciones de la lógica de predicado	91
2.18. Resumen	91
Problemas	91
Bibliografía	94
<b>Capítulo 3. Métodos de Inferencia</b>	<b>97</b>
3.1. Introducción	97
3.2. Árboles, rejillas y gráficas	97
3.3. Estado y espacios de problemas	101
3.4. Árboles y objetivos y – o	106

3.5. Lógica deductiva y silogismos	109
3.6. Reglas de inferencia	114
3.7. Limitaciones de la lógica de proposición	122
3.8. Lógica de predicado de primero orden	123
3.9. Sistemas lógicas	125
3.10. Resolución	128
3.11. Sistemas de resolución y deducción	131
3.12. Razonamiento superficial y causal	133
3.13. Resolución y lógica de predicado de primer orden	137
3.14. Encadenamiento hacia delante y hacia atrás	143
3.15. Otros métodos de inferencia	148
3.16. Metaconocimiento	156
3.17. Resumen	157
Problemas	158
Bibliografía	161
<b>Capítulo 4. Razonamiento en Condiciones de Incertidumbre</b>	165
4.1. Introducción	165
4.2. Incertidumbre	165
4.3. Tipo de error	166
4.4. Errores e inducción	168
4.5. Probabilidad clásica	169
4.6. Probabilidad experimentales y subjetivas	173
4.7. Probabilidades compuestas	175
4.8. Probabilidad condicionales	178
4.9. Razonamiento hipotético e inducción hacia atrás	183
4.10. Razonamiento temporal y cadenas de Markov	186
4.11. Particularidades de creencia	191
4.12. Suficiencia y necesidad	193
4.13. Incertidumbre en cadenas de inferencia	195
4.14. La combinación de evidencia	200
4.15. Redes de inferencia	207
4.16. La programación de probabilidades	216
4.17. Resumen	220
Problemas	220
Bibliografía	223
<b>Capítulo 5. Razonamiento Inexacto</b>	227
5.1. Introducción	227
5.2. Incertidumbre y reglas	227
5.3. Factores de certidumbre	233
5.4. Teoría de Dempster y shafer	243
5.5. Razonamiento aproximado	256
5.6. El estado de incertidumbre	300
5.7. Resumen	301
Problemas	301
Bibliografía	305
<b>Capítulo 6. Diseño de Sistemas Expertos</b>	309
6.1. Introducción	309
6.2. Selección del problema apropiado	309

6.3. Etapas del desarrollo de un sistema experto	311
6.4. Errores en etapas de desarrollo	313
6.5. Ingeniería de software y sistemas expertos	315
6.6. El ciclo de vida del sistema experto	317
6.7. Un modelo detallado de ciclo de vida	320
6.8. Resumen	325
Problemas	326
Bibliografía	326
<b>Capítulo 7. Introducción a Clips</b>	327
7.1. Introducción	327
7.2. CLIPS	328
7.3. Notación	328
7.4. Campos	330
7.5. Entrada y salida en CLIPS	333
7.6. Hechos	334
7.7. Adición y eliminación de hechos	337
7.8. Modificación y duplicación de hechos	340
7.9. El comando watch	341
7.10. La construcción deffacts	342
7.11. Los componentes de una regla	344
7.12. La agenda y ejecución	346
7.13. Comandos para manipulación de construcciones	350
7.14. El comando printout	353
7.15. Uso de varias reglas	353
7.16. El comando set-break	355
7.17. Carga y guardado de construcciones	357
7.18. Construcciones de comentario	351
7.19. Resumen	359
Problemas	360
<b>Capítulo 8. Comparación de Patrones</b>	365
8.1. Introducción	365
8.2. Variables	365
8.3. Uso múltiple de variables	366
8.4. Direcciones de hecho	367
8.5. Comodines de un solo campo	370
8.6. Mundo de Bloques	371
8.7. Comodines y variables de campo múltiple	376
8.8. Restricciones de campo	382
8.9. Funciones y expresiones	385
8.10. Suma de valores utilizando reglas	389
8.11. Función bind	391
8.12. Funciones de entrada/salida	392
8.13. Resumen	398
<b>Capítulo 9. Comparación Avanzada de Patrones</b>	405
9.1. Introducción	405
9.2. El juego de los palillos	405
9.3. Técnicas de alimentación de datos	405
9.4. Funciones de predicado	407

9.5. El elemento condicional test	407
9.6. La restricción del campo de predicado	410
9.7. La restricción del campo del valor devuelto	411
9.8. El programa palillos	412
9.9. El elemento condicional OR	413
9.10. El elemento condicional AND	415
9.11. El elemento condicional NOT	417
9.12. El elemento condicional EXITS	419
9.13. El elemento condicional FORALL	422
9.14. El elemento condicional LOGICAL	424
9.15. Comandos de uso general	428
9.16. Resumen	430
Problemas	430
<b>Capítulo 10. Diseño Modular y Control de Ejecución</b>	<b>437</b>
10.1. Introducción	437
10.2. Atributos de deftemplate	437
10.3. Prominencia	445
10.4. Fases y hechos de control	448
10.5. Uso inapropiado de la prominencia	453
10.6. El elemento condicional defmodule	456
10.7. Importación y exportación de hechos	459
10.8. Módulos y control de ejecución	463
10.9. Resumen	471
Problemas	471
<b>Capítulo 11. Eficiencia de los Lenguajes Basados en Reglas</b>	<b>477</b>
11.1. Introducción	477
11.2. El algoritmo de comparación de patrones de Rete	477
11.3. La red patrón	480
11.4. La red de unión	483
11.5. La importancia del orden de los patrones	486
11.6. Ordenamiento de patrones por eficiencia	492
11.7. Las variables de campo múltiple y la eficiencia	493
11.8. El elemento condicional test y la eficiencia	493
11.9. Restricciones integradas de comparación de patrones	495
11.10. Comparación de reglas generales con reglas específicas	496
11.11. Funciones de procedimientos	498
11.12. Reglas simples comparadas con reglas complejas	500
11.13. Carga y guardado de hechos	503
11.14. Resumen	504
<b>Capítulo 12. Ejemplos de Diseño de Sistemas Expertos</b>	<b>509</b>
12.1. Introducción	509
12.2. Factores de certidumbre	509
12.3. Árboles de decisión	513
12.4. Encadenamiento hacia atrás	526
12.5. Un problema de monitoreo	538
12.6. Resumen	554
Problemas	554
Bibliografía	556

Apéndice A. Algunas Equivalencias útiles	557
Apéndice B. Algunos cuantificadores elementales y sus significados	559
Apéndice C. Algunas propiedades de conjunto	561
Apéndice D. Información de soporte de clips	563
Apéndice E. Resumen de comandos y funciones de clips	565
Apéndice F. Clips BNF	579
Índice	585