

DOS MAQUINAS DE INFERENCIAS
SOBRE DIFERENTES
IMPLANTACIONES DE UNA BASE
DE CONOCIMIENTOS

004

POR

VÍCTOR HUGO SALAZAR NOGALES

282 / 0036178

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN COMPUTACION

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE

ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN

OCTUBRE, 1986



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PARA MIS PADRES, POR SUPUESTO.

"LA EDUCACIÓN NO ES UN DERECHO. NO ES ALGO QUE SE NOS DA, QUERRÁMOSLO O NO. NO ES LA LLAVE DE LA RIQUEZA NI LA GARANTÍA DEL ÉXITO. ES LA OPORTUNIDAD DE CRECER. ES EL ARTE DE LLEGAR A SER MADUROS EMOCIONALMENTE, EN SALUD Y APTITUD FÍSICA, EN INTROSPECCIÓN ESPIRITUAL, FE RELIGIOSA, CARÁCTER, INTEGRIDAD, CONOCIMIENTO Y SABIDURÍA"

WILLIAM PEARSON TOLLEY

AGRADECIMIENTOS

DESEO DAR LAS GRACIAS A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Y EN ESPECIAL A LA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN POR LA FORMACIÓN PROFESIONAL RECIBIDA A LO LARGO DE LA ESTANCIA QUE EN ELLA TUVE.

AGRADEZCO AL M.C. JORGE GONZÁLEZ SUSTAETA LA GUÍA QUE ME BRINDÓ EN LA ELABORACIÓN DE ESTA TESIS MEDIANTE LA APORTACIÓN DE IDEAS Y LA AFINACIÓN DE LOS CONCEPTOS FINALES. TAMBIÉN QUIERO RECONOCER LAS APORTACIONES HECHAS POR EL M.C. LUIS CASTILLO HERN, CUYO ESQUELETO DE SISTEMA EXPERTO BRINDÓ GRAN PARTE DE LA INSPIRACIÓN DE ESTE TRABAJO. DE LA MISMA FORMA AGRADEZCO AL DR. RENÉ BAÑARES SUS COMENTARIOS Y SUS APORTACIONES, SOBRE TODO EN LOS ASPECTOS CONCERNIENTES A LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.

AGRADEZCO AL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS TODO EL APOYO MATERIAL DEL QUE DISPUSE EN FORMA DE RECURSOS DE CÓMPUTO Y FINANCIAMIENTO ECONÓMICO POR MEDIO DEL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA; SIN ESTE APOYO NO HUBIERA SIDO POSIBLE LA CONCLUSIÓN DEL PRESENTE TRABAJO.

DESEO DAR LAS GRACIAS A TODOS AQUELLOS COMPAÑEROS Y AMIGOS QUE DE UNA U OTRA FORMA ME AYUDARON Y ME ALENTARON PARA REALIZAR ESTA TAREA.

FINALMENTE, PERO SOBRE TODO, AGRADEZCO A MIS PADRES, NO SÓLO POR EL ESTÍMULO MORAL RECIBIDO PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO, SINO POR EL APOYO RECIBIDO DURANTE TODA MI VIDA Y POR LOS VALORES Y EL GUSTO POR EL TRABAJO QUE ME INCULCARON, Y QUE SE VEN CRISTALIZADOS EN LOGROS COMO ESTA TESIS.

INDICE

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUCCION | 2 |
| 1.1 | ANTECEDENTES | 3 |
| 1.2 | ARQUITECTURA | 7 |
| 1.3 | REPRESENTACION DEL CONOCIMIENTO | 12 |
| 1.3.1 | REDES SEMANTICAS | 16 |
| 1.3.2 | SISTEMAS DE PRODUCCION | 18 |
| 1.4 | CONTENIDO Y ALCANCE | 20 |
| 2 | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y SOLUCION PROPUESTA | 22 |
| 3 | MAQUINA DE INFERENCIAS SOBRE SEMANTICA | 26 |
| 3.1 | ESTRUCTURA DE LA RED SEMANTICA | 31 |
| 3.2 | MODELO CONCEPTUAL Y ARQUITECTURA | 34 |
| 3.3 | PROCESO INFERENCIAL | 38 |
| 3.3.1 | INFORMACION INICIAL | 39 |
| 3.3.2 | EVALUACION DE HIPOTESIS | 40 |
| 3.3.3 | INFERENCIA DE CONOCIMIENTOS | 42 |
| 3.3.4 | CALCULO DE CERTIDUMBRE | 43 |
| 3.3.5 | EXPLICACION DE RAZONAMIENTO | 45 |
| 3.3.6 | SALIDA | 46 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 4 | MAQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCION | 49 |
| 4.1 | ARQUITECTURA | 50 |
| 4.2 | MEMORIA DE TRABAJO | 53 |
| 4.3 | MEMORIA DE PRODUCCION | 55 |
| 4.4 | CONTROL DE INFERENCIA | 61 |
| 4.5 | FACILIDADES DEL INTERPRETE | 66 |
| 5 | CRITERIOS DE ANALISIS | 69 |
| 5.1 | FACILIDAD DE REPRESENTACION | 72 |
| 5.2 | ESPECTRO DE APLICACION | 75 |
| 5.3 | RENDIMIENTO | 78 |
| 5.4 | EL CASO TRIVIAL DE LA ZOOLOGIA | 80 |
| 6 | ANALISIS COMPARATIVO | 83 |
| 6.1 | FACILIDAD DE REPRESENTACION | 85 |
| 6.1.1 | FACILIDAD DE CREACION | 86 |
| 6.1.2 | INTEGRIDAD | 87 |
| 6.1.2.1 | CARACTERISTICAS DESEABLES | 88 |
| 6.1.2.2 | VENTAJAS DE REPRESENTACION | 90 |
| 6.1.3 | CLARIDAD | 91 |
| 6.1.4 | ESTRATEGIAS DE RAZONAMIENTO | 91 |
| 6.2 | ESPECTRO DE APLICACION | 96 |
| 6.3 | RENDIMIENTO | 101 |

| | | |
|-----|----------------------|-----|
| 7 | CONCLUSIONES | 106 |
| 7.1 | RECOPIACION | 106 |
| 7.2 | RESULTADOS | 107 |
| 7.3 | TRABAJOS POSTERIORES | 109 |

BIBLIOGRAFIA

APENDICES

| | |
|--|---|
| DIAGRAMA DE ESTRUCTURA Y UNA SESION CON LA MAQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMANTICA | A |
| DIAGRAMA DE ESTRUCTURA Y UNA SESION CON LA MAQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCION | B |
| BASE DE CONOCIMIENTOS EN FORMA DE RED SEMANTICA Y REGLAS DE PRODUCCION | C |

LISTA DE FIGURAS

- 1.1 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA EXPERTO
- 3.1 MODELO DE LOS NODOS TIPO PREMISA EN LA RED SEMÁNTICA
- 3.2 MODELO DE LOS NODOS TIPO CONCLUSIÓN EN LA RED SEMÁNTICA
- 3.3 MODELO CONCEPTUAL DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA Y SU MEDIO AMBIENTE
- 3.4 DIAGRAMA DE CONTROL DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA
- 4.1 ARQUITECTURA DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN
- 4.2 CONTROL DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN
- 6.1 TABLA DE ESCALA DE IMPORTANCIA RELATIVA
- 6.2 TABLA DE EVALUACIÓN DE LA FACILIDAD DE REPRESENTACIÓN
- 6.3 TABLA DE RENDIMIENTO PARA EL CASO 1
- 6.4 TABLA DE RENDIMIENTO PARA EL CASO 2

RESUMEN

SE PRESENTA LA IMPLANTACIÓN, LAS CARACTERÍSTICAS Y EL MECANISMO DE RAZONAMIENTO UTILIZADO POR UN SISTEMA EXPERTO MEDIANTE EL DESARROLLO DE DOS DIFERENTES MÁQUINAS DE INFERENCIAS SOBRE UNA MISMA BASE DE CONOCIMIENTOS: UNA EN BASE A UNA RED SEMÁNTICA Y LA OTRA EN BASE A REGLAS DE PRODUCCIÓN. ADEMÁS, SE DEFINE UN CONJUNTO DE CRITERIOS Y SE REALIZA UN ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE AMBAS MÁQUINAS DE INFERENCIAS PARA UN CASO DE ESTUDIO.

FINALMENTE SE PRESENTAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE DICHO ANÁLISIS Y SE DAN ALGUNAS CONCLUSIONES PARA EL PROBLEMA TRATADO, AL IGUAL QUE SE CONSIDERAN ALGUNOS TRABAJOS FUTUROS AL RESPECTO.

- 1 INTRODUCCIÓN
- 1.1 ANTECEDENTES
- 1.2 ARQUITECTURA
- 1.3 REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO
 - 1.3.1 REDES SEMÁNTICAS
 - 1.3.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
- 1.4 CONTENIDO Y ALCANCE

INTRODUCCIÓN

ESTE CAPÍTULO PRESENTA LOS ELEMENTOS INDISPENSABLES PARA UN MEJOR SEGUIMIENTO DE ESTA TESIS. EN UN PRINCIPIO CONSIDERA LOS ANTECEDENTES PARA LOS SISTEMAS EXPERTOS; INDICA LA ARQUITECTURA TÍPICA DE UN SISTEMA EXPERTO Y SU ESTADO DEL ARTE, PONIENDO ÉNFASIS EN LA REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO A TRATAR. FINALMENTE SE INTRODUCE EL CONTENIDO Y ALCANCE DE ESTA INVESTIGACIÓN.

EN ESTA TESIS SE TRATAN LOS SIGUIENTES PROBLEMAS:

- A) UNA BASE DE CONOCIMIENTOS REPRESENTADA EN FORMA DE REGLAS.
- B) UNA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE UNA RED ASOCIATIVA.
- C) UNA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE CONOCIMIENTO EN FORMA DE REGLAS

D) UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS.

LA MÁQUINA DE INFERENCIAS ES PARTE INHERENTE A UN SISTEMA EXPERTO. DADO EL CASO DE ESTUDIO -DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS Y SU ANÁLISIS COMPARATIVO- ES NECESARIO DEFINIR CIERTOS CONCEPTOS Y NOMENCLATURA PARA PODER FORMALIZAR UN LENGUAJE COMÚN ENTRE EL POSTULANTE Y LOS LECTORES DE ESTA TESIS. PARA UNA MEJOR COMPRESIÓN DE LA MISMA, EN LAS SIGUIENTES SECCIONES SE TRATARÁN LOS SIGUIENTES TÓPICOS: (1) ANTECEDENTES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS. (2) ARQUITECTURA DE UN SISTEMA EXPERTO. (3) REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO Y (4) CONTENIDO Y ALCANCE DE ESTE TRABAJO.

1.1 ANTECEDENTES

LA MAYORÍA DE LOS RESULTADOS PRÁCTICOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PUEDEN ATRIBUIRSE AL DISEÑO Y USO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS [TORF85]. SE HAN DADO MUCHAS DEFINICIONES EN TORNO A LOS SISTEMAS EXPERTOS [FEIG82,HAYE83,WINS84] PERO SE PUEDE DECIR QUE LOS SISTEMAS EXPERTOS SON SISTEMAS DE

PROGRAMACIÓN QUE TIENEN LA EXPERIENCIA DE UNA PERSONA O GRUPO DE PERSONAS EN UNA DISCIPLINA ESPECÍFICA, Y QUE CON ESTA EXPERIENCIA (CODIFICADA EN UNA BASE DE CONOCIMIENTOS Y UTILIZADA CON UN MODELO DE RAZONAMIENTO LLAMADO MÁQUINA DE INFERENCIAS) PUEDEN AYUDAR A RESOLVER PROBLEMAS.

ÁLGUNAS CARACTERÍSTICAS GENERALES QUE TIENEN LOS SISTEMAS EXPERTOS SON:

- RESUELVEN PROBLEMAS COMPLEJOS IGUAL O MEJOR QUE UN ESPECIALISTA.
- RAZONAN MEDIANTE MANIPULACIÓN SIMBÓLICA.
- INTERACTÚAN CON HUMANOS DE UNA MANERA "AMIGABLE", INCLUYENDO EL USO DE LENGUAJE NATURAL.
- FUNCIONAN EN PRESENCIA DE DATOS INCOMPLETOS O ERRÓNEOS Y CON REGLAS DE JUICIO INCIERTAS.
- CONTEMPLAN SIMULTÁNEAMENTE HIPÓTESIS QUE COMPITEN ENTRE SÍ.
- EXPLICAN LA RAZÓN DE SUS RESPUESTAS.
- JUSTIFICAN SUS CONCLUSIONES.

ÁLGUNOS INVESTIGADORES EN EL CAMPO DE LA LÓGICA CONSIDERAN QUE LOS SISTEMAS EXPERTOS SON SIMPLEMENTE PROGRAMAS QUE RESUELVEN PROBLEMAS MEDIANTE PARADIGMAS

PREDETERMINADOS, Y QUE CARECEN EN MAYOR O MENOR GRADO DE LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS:

- APRENDIZAJE (DE LA EXPERIENCIA PASADA).
- RECONCEPTUALIZACIÓN DE UN PROBLEMA DADO.
- ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTO GENERAL.
- SENTIDO COMÚN EN TODOS LOS DOMINIOS.
- RAZONAMIENTO POR ANALOGÍA.
- INTUICIÓN Y/O INSPIRACIÓN.

PESE A ÉSTO, LOS SISTEMAS EXPERTOS HAN RESULTADO SER HERRAMIENTAS DE SUMA UTILIDAD, ESPECIALMENTE EN ÁREAS DONDE LOS PROBLEMAS NO PUEDEN SER RESUELTOS UTILIZANDO ALGORITMOS, TALES COMO EN LA PLANFACIÓ, EN EL RAZONAMIENTO EN UN PROCESO LEGAL O JURÍDICO, EN EL DIAGNÓSTICO MÉDICO, EN LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA, EN LA TOMA DE DECISIONES FINANCIERAS O EN EL DISEÑO EN INGENIERÍA [SALD85].

EL CONOCIMIENTO QUE MANEJAN LOS SISTEMAS EXPERTOS ES DE DOS TIPOS: HECHOS Y HEURISMAS. LOS PRIMEROS CONSTITUYEN UN CUERPO DE INFORMACIÓN QUE ES EN GRAN MEDIDA COMPARTIDO Y SE EQUIPARA CON EL CONOCIMIENTO PÚBLICO DE LOS EXPERTOS HUMANOS (V.GR. LIBROS, MATERIAL IMPRESO O DE OTRO TIPO). LOS HEURISMAS SON EL CONOCIMIENTO PRIVADO, LAS REGLAS DE BUEN JUICIO, POCO DISCUTIDAS Y FALTANTES DE FORMALIZACIÓN, QUE

CARACTERIZAN EL CONOCIMIENTO DE UN EXPERTO Y QUE ES LO QUE SE PAGA CUANDO SE CONSULTA A UN ESPECIALISTA (V.GR. CONOCIMIENTO ADQUIRIDO POR EL ESPECIALISTA, DE UNA MANERA EMPÍRICA, A TRAVÉS DE LA EXPERIENCIA AL EJERCER SU DISCIPLINA).

LOS TIPOS DE TAREA O APLICACIÓN DE UN SISTEMA EXPERTO GENERALMENTE CAEN DENTRO DE ALGUNA DE LAS SIGUIENTES CATEGORÍAS [HAYE83]:

- INTERPRETACIÓN.
- PREDICCIÓN.
- DIAGNOSIS
- BÚSQUEDA DE ERRORES ('DEBUGGING').
- DISEÑO.
- PLANEACIÓN.
- MONITOREO.
- REPARACIÓN.
- INSTRUCCIÓN Y
- CONTROL.

1.2 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA EXPERTO

EXISTEN SISTEMAS EXPERTOS COMO DENDRAL [LINDBO] Y MYCIN [SHOR76] QUE FUERON CONSTRUIDOS HACE 20 AÑOS COMO SISTEMAS DE CONSULTA Y RESOLVEDORES DE PROBLEMAS. EN AQUEL ENTONCES NO SE TENÍA UNA DIVISIÓN CLARA DE LAS PARTES FUNDAMENTALES QUE CONSTITUÍAN UN SISTEMA EXPERTO Y POR LO MISMO DICHS SISTEMAS FUERON CONSTRUIDOS DE UNA FORMA MONOLÍTICA. ACTUALMENTE SE DISTINGUEN CUATRO COMPONENTES FUNDAMENTALES:

- A) UNA BASE DE CONOCIMIENTOS DE UN DOMINIO, CONSISTENTE DE HECHOS Y REGLAS HEURÍSTICAS RELACIONADAS CON LOS PROBLEMAS.
- B) UNA MÁQUINA DE INFERENCIAS O ESTRUCTURA DE CONTROL PARA EXPLOTAR LA BASE DE CONOCIMIENTOS EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.
- C) UNA MEMORIA DE TRABAJO EN DONDE SE GUARDA LA TRAYECTORIA DE LOS ESTADOS POR DONDE ATRAVIEZA EL PROBLEMA, LOS DATOS INICIALES Y LA HISTORIA RELEVANTE DE LO QUE SE HA HECHO.

d) UNA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA PARA LA INTERACCIÓN CON EL MEDIO. VER FIGURA 1.1



Fig. 1.1 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA EXPERTO

LA BASE DE CONOCIMIENTOS NO ES PRECISAMENTE UNA BASE DE DATOS ORTODOXA, SINO MÁS BIEN ES UN CONJUNTO DE CONOCIMIENTOS EXPECÍFICOS SOBRE UN ÁREA PARTICULAR DEL CONOCIMIENTO HUMANO.

EN ESTA BASE SE ENCUENTRA EL CONOCIMIENTO, REPRESENTADO POR HECHOS, HIPÓTESIS, REGLAS HEURÍSTICAS Y UNA DESCRIPCIÓN DE LOS OBJETOS QUE INTERVIENEN DE ALGUNA MANERA EN LOS PROBLEMAS COMUNES DEL ÁREA EN CUESTIÓN.

ES IMPORTANTE RESALTAR QUE CAMBIANDO LA BASE DE CONOCIMIENTOS DEL SISTEMA EXPERTO SE TIENE UN EXPERTO EN OTRA ÁREA, V.GR. EL MISMO SISTEMA PODRÍA SER CONSULTADO SOBRE ESTRUCTURAS DAÑADAS; SOBRE CÓMO REPARAR UNA MICROCOMPUTADORA; SOBRE ASUNTOS LEGALES O FISCALES; SOBRE CÓMO RECONFIGURAR UNA RED DE COMPUTADORAS; SOBRE QUÉ INVERSIONES EN LA BOLSA DE VALORES SON LAS MÁS CONVENIENTES, ETC. ESTO SIGNIFICA QUE UNA MÁQUINA DE INFERENCIAS ES ÚTIL PARA UNA CLASE DE PROBLEMAS (V.GR. DIAGNOSIS) APLICADA A VARIAS ÁREAS.

EL PROCEDIMIENTO GENERAL DE OBTENCIÓN DE RESPUESTAS A PROBLEMAS APOYÁNDOSE EN LA BASE DE CONOCIMIENTOS Y EN LA FORMULACION DEL PROBLEMA SE DENOMINA **MÁQUINA DE INFERENCIAS** DEL SISTEMA EXPERTO [CUEN85].

LA MÁQUINA DE INFERENCIAS ES LA QUE DA "VIDA" AL SISTEMA EXPERTO. SU OBJETIVO ES ORGANIZAR, CONSTRUIR Y CONTROLAR LAS POSIBLES DIRECTRICES DE RAZONAMIENTO EN BASE A ESTRATEGIAS DE SOLUCIÓN QUE ORGANIZAN Y CONTROLAN LOS ESTADOS QUE SE VAN PERMUTANDO DURANTE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.

LA MEMORIA DE TRABAJO, TAMBIÉN LLAMADA BASE DE DATOS GLOBAL [GEVAB2], ES EL CONJUNTO DE HECHOS DECLARATIVOS QUE INDICAN EL ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA (SE RECOGEN CONFORME SE EJECUTA EL PROGRAMA).

LA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA (IHM) TIENE DOS FUNCIONES PRINCIPALES: 1) LA TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN ENTRE UN ESPECIALISTA Y UNA BASE DE CONOCIMIENTOS, ES DECIR QUE EL EXPERTO "EDUQUE" DIRECTAMENTE AL PROGRAMA, FACILITANDO LA TAREA DE ENSAMBLAR Y MANTENER GRANDES CANTIDADES DE CONOCIMIENTO Y 2) LA EXPLICACIÓN AL USUARIO DE LOS CONOCIMIENTOS UTILIZADOS AL EXPLICAR EL RAZONAMIENTO SEGUIDO.

DONALD MICHIE [MICH80] SEÑALA QUE IDEALMENTE EXISTEN TRES MODOS DIFERENTES DE USUARIOS PARA UN SISTEMA EXPERTO, EN CONTRASTE AL MODO SIMPLE DE OBTENCIÓN DE RESPUESTAS A PROBLEMAS CUYA CARACTERÍSTICA ES COMÚN EN COMPUTACIÓN. LOS TRES MODOS DE USUARIO PARA UN SISTEMA EXPERTO SON:

- (1) OBTENCIÓN DE RESPUESTAS A PROBLEMAS (USUARIO COMO CLIENTE).
- (2) PERFECCIONAMIENTO O INCREMENTO DEL CONOCIMIENTO DEL SISTEMA (USUARIO COMO TUTOR).
- (3) APROVECHAMIENTO DE LA BASE DE CONOCIMIENTOS PARA USO HUMANO (USUARIO COMO ALUMNO).

LOS USUARIOS DE UN SISTEMA EXPERTO EN EL MODO (2) SON CONOCIDOS COMO "EL DOMINIO DE ESPECIALISTAS" Y NO ES POSIBLE CONSTRUIR UN SISTEMA EXPERTO SIN LA AYUDA DE ALGUNO DE ELLOS.

EN UN PROGRAMA DE COMPUTADORA CONVENCIONAL, EL CONOCIMIENTO PERTINENTE AL PROBLEMA Y LOS PROCEDIMIENTOS PARA EL USO DE ESTE CONOCIMIENTO ESTAN MEZCLADOS, DE TAL MANERA QUE ES DIFÍCIL CAMBIAR EL PROGRAMA. EN UN SISTEMA EXPERTO EL PROGRAMA ES EN SÍ MISMO UN INTERPRETADOR, O BIEN, UN SISTEMA GENERAL DE RAZONAMIENTO QUE PUEDE SER CAMBIADO, DEBIDO A QUE SIMPLEMENTE SE PUEDE AUMENTAR O QUITAR ELEMENTOS DE SU BASE DE CONOCIMIENTOS.

LA PRIMERA GENERACIÓN DE SISTEMAS EXPERTOS FUE CONSTRUIDA POR INVESTIGADORES CON EXTENSIVO ADIESTRAMIENTO EN LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL; A ESTAS PERSONAS SE LES LLAMÓ "INGENIEROS DEL CONOCIMIENTO". CON LA SEGUNDA GENERACIÓN DE SISTEMAS EXPERTOS VINO EL DESARROLLO DE LAS HERRAMIENTAS PARA CONSTRUIR SISTEMAS EXPERTOS. ESTAS HERRAMIENTAS PROVEEN GENERALMENTE UNA MÁQUINA DE INFERENCIAS, UNA INTERFAZ SIMPLE, Y UN MÉTODO SIMPLE PARA LA REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO.

EL ESTADO DEL ARTE EN LOS SISTEMAS EXPERTOS AHORA PROVEE MÚLTIPLES TÉCNICAS DE REPRESENTACIÓN, SOFISTICADAS INTERFACES CON EL USUARIO Y PODEROSAS HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO. ESTO PERMITE A LOS PROGRAMADORES DESARROLLAR SISTEMAS EXPERTOS SIN REQUERIR AÑOS DE ENTRENAMIENTO EN LA INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO [CUIB86].

1.3 REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

LA REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO ES UNA DE LAS ÁREAS MÁS ACTIVAS EN INVESTIGACIÓN DENTRO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA ACTUALIDAD, Y VERSA SOBRE EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DEL CONOCIMIENTO ASÍ COMO EL DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS QUE EFECTÚAN LA MANIPULACIÓN "INTELIGENTE" DE ESTAS ESTRUCTURAS Y QUE PERMITEN HACER INFERENCIAS [BARR81].

IGNORANDO LOS ASPECTOS PSICOLÓGICOS DEL CONOCIMIENTO, SE PROPONE UN POSIBLE CONJUNTO DE TIPOS DE CONOCIMIENTO QUE SE PODRÍA NECESITAR OPERATIVAMENTE EN LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA QUE UN SISTEMA EXPERTO SE COMPORTE "INTELIGENTEMENTE". EL CONJUNTO SE DESCRIBE A CONTINUACIÓN:

- 1) OBJETOS.
- 2) EVENTOS.
- 3) EJECUCIÓN.

4) META-CONOCIMIENTO.

TÍPICAMENTE PENSAMOS ACERCA DEL CONOCIMIENTO EN FORMA DE HECHOS SOBRE OBJETOS EN EL MUNDO A NUESTRO ALREDEDOR. POR CONSIGUIENTE DEBEMOS TENER MANERAS DE REPRESENTAR **OBJETOS**, CLASES DE **OBJETOS** (O CATEGORIAS DE ESTOS) Y DESCRIPCIONES DE **OBJETOS**.

TAMBIÉN SABEMOS SOBRE **EVENTOS** Y ACCIONES QUE OCURREN; ADEMÁS DE LOS OBJETOS PER SE, ES NECESARIO REPRESENTAR NOCIONES DE TEMPORALIDAD Y SECUENCIA DE **EVENTOS**, ASÍ COMO RELACIONES DE CAUSA-EFECTO.

EL COMPORTAMIENTO LLEVA EN SÍ CONOCIMIENTO DE CÓMO HACER LAS COSAS Y LA HABILIDAD CON QUE SE DESEMPEÑA SU **EJECUCIÓN**.

TAMBIÉN TENEMOS CONOCIMIENTO ACERCA DE LO QUE CONOCEMOS; ESTO ES **META-CONOCIMIENTO**. COMÚNMENTE SABEMOS SOBRE EL ORIGEN, LA CANTIDAD Y CONFIABILIDAD DEL CONOCIMIENTO SOBRE UN TEMA EN PARTICULAR.

LA CONSIDERACIÓN CON MAYOR IMPORTANCIA PARA COMPARAR LOS ESQUEMAS DE REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO ES EL EVENTUAL USO DE ÉSTE. EL USO DEL CONOCIMIENTO POR PROGRAMAS IMPLICA 3 ETAPAS:

- APRENDIZAJE. LA ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTO LLEVA EN SÍ EL PROCESO DE RELACIONAR LO NUEVO CON LO QUE YA SABEMOS.
- RECUPERACIÓN. RECONOCER EL CONOCIMIENTO RELEVANTE ES CRUCIAL CUANDO EL SISTEMA "CONOCE" MUCHAS COSAS. LAS IDEAS FUNDAMENTALES SOBRE RECUPERACIÓN DE INFORMACIÓN QUE SE HAN DESARROLLADO EN SISTEMAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL SON DE LIGAS, MECANISMOS DE HERENCIA Y JERARQUÍA.
- RAZONAMIENTO. CUANDO A UN SISTEMA SE LE PREGUNTA ALGO QUE NO CONOCE EXPLÍCITAMENTE, DEBE RAZONAR; EL SISTEMA DEBE SER CAPAZ DE INFERIR Y VERIFICAR UNA MAYOR CANTIDAD DE HECHOS DE LOS QUE LE HAN SIDO DADOS EXPLÍCITAMENTE; PARA ELLO SE HAN DESARROLLADO DISTINTOS TIPOS DE RAZONAMIENTO: 1) FORMAL (LÓGICA MATEMÁTICA), 2) POR PROCEDIMIENTO (MODELO ARITMÉTICO), 3) POR ANALOGÍA, 4) POR GENERALIZACIÓN Y ABSTRACCIÓN Y 5) EN META-NIVEL (CONOCIMIENTO ACERCA DE LO QUE CONOCEMOS) [BARR81].

UN BUEN SISTEMA PARA REPRESENTAR ESTRUCTURADAMENTE EL CONOCIMIENTO DEBE CONTENER LO SIGUIENTE:

- A) ADECUACIÓN DE REPRESENTACIÓN: HABILIDAD DE REPRESENTAR TODAS LAS CLASES DE CONOCIMIENTO NECESARIAS EN UN DOMINIO.

- B) ADECUACIÓN INFERENCIAL: HABILIDAD DE MANIPULAR LAS ESTRUCTURAS DE REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO, DE MODO QUE DERIVE NUEVAS ESTRUCTURAS CORRESPONDIENTES A NUEVOS CONOCIMIENTOS INFERIDOS DE ANTIGUOS CONOCIMIENTOS.
- C) EFICIENCIA ADQUISICIONAL: HABILIDAD DE ADQUIRIR NUEVA INFORMACIÓN FÁCILMENTE.
- D) NIVEL DE REPRESENTACIÓN: EN CUALQUIERA DE LAS REPRESENTACIONES QUE ESCOJAMOS DEBEMOS DECIDIR EN QUÉ NIVEL DE DETALLE VAMOS A REPRESENTAR NUESTRO CONOCIMIENTO Y CUÁLES DEBEN SER NUESTRAS REPRESENTACIONES PRIMITIVAS. TAMBIEN DEBEMOS DECIDIR SI DEBERÁ HABER UN NÚMERO PEQUEÑO DE REPRESENTACIONES A GRAN DETALLE O UN NÚMERO GRANDE DE REPRESENTACIONES DE VARIOS NIVELES.

EXISTEN VARIAS TÉCNICAS DE REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO TALES COMO LA BÚSQUEDA DE ESPACIO-ESTADO, LA LÓGICA, LAS REDES SEMÁNTICAS, LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, ETC. [BARR81].

NO DESCRIBIREMOS TODAS LAS TÉCNICAS DE REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO POR SALIRSE DEL CONTEXTO DE ESTA TESIS, SINO ÚNICAMENTE LAS DOS ÚLTIMAS.

1.3.1 REDES SEMÁNTICAS

DESARROLLADAS POR QUILLIAN EN 1968, LAS REDES SEMÁNTICAS FUERON INVENTADAS COMO UN MODELO PSICOLÓGICO EXPLÍCITO DE LA MEMORIA ASOCIATIVA HUMANA. UNA RED CONSISTE DE NODOS REPRESENTANDO OBJETOS, CONCEPTOS O EVENTOS Y DE LIGAS O ARCOS DIRIGIDOS ENTRE LOS NODOS, REPRESENTANDO INTERRELACIONES. CONSIDERANDO EL EJEMPLO DE LAS AVES:



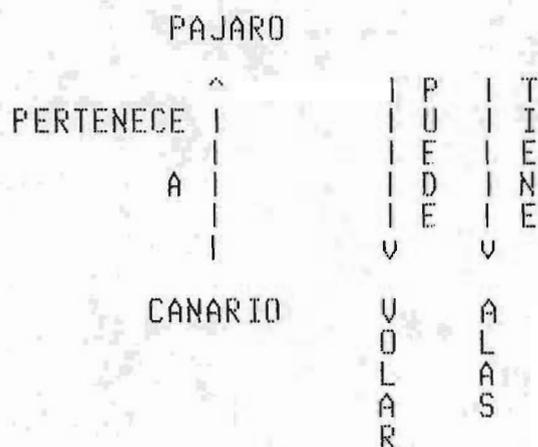
DONDE PAJARO Y ALAS SON NODOS REPRESENTANDO CONJUNTOS O CONCEPTOS Y TIENE ES EL NOMBRE DE EL ARCO ESPECIFICANDO SU RELACIÓN.

ENTRE OTRAS POSIBLES ESPECIFICACIONES DE ESTE FRAGMENTO DE RED SE TIENE LA ORACIÓN:

"TODOS LOS PAJAROS TIENEN ALAS Y PUEDEN VOLAR"

LA HABILIDAD DE APUNTAR DIRECTAMENTE A HECHOS RELEVANTES ES PARTICULARMENTE IMPORTANTE CON LOS "ES" Y "SUBCONJUNTO" O "PERTENECE A", LOS CUALES ESTABLECEN UNA JERARQUÍA DE

HERENCIA DE PROPIEDADES EN LA RED, I.E. EN EL SEGMENTO.



SE PUEDE INTERPRETAR COMO: "DADO QUE EL CANARIO ES PÁJARO Y EL PÁJARO TIENE ALAS Y PUEDEN VOLAR, ENTONCES EL CANARIO TIENE ALAS Y PUEDE VOLAR".

LA INTERPRETACIÓN (SEMÁNTICA) DE LAS ESTRUCTURAS DE LA RED DEPENDEN SÓLAMENTE DEL PROGRAMA QUE LOS MANIPULA. NO EXISTEN ESTÁNDARES SOBRE SU SIGNIFICADO. POR ESTA MISMA RAZÓN, LAS INFERENCIAS OBTENIDAS POR LA MANIPULACIÓN DE LA RED NO SON NECESARIAMENTE VÁLIDAS COMO SERÍAN EN UN ESQUEMA BASADO EN UN SISTEMA LÓGICO.

LA PRINCIPAL VENTAJA DE LAS REDES SEMÁNTICAS ES QUE SE PUEDEN REPRESENTAR ASOCIACIONES IMPORTANTES ENTRE OBJETOS DE MANERA EXPLÍCITA Y CONCISA. HECHOS RELEVANTES SOBRE UN OBJETO O CONCEPTO SE PUEDEN INFERIR DE LOS NODOS A LOS CUALES ESTÁN LIGADOS DIRECTAMENTE SIN UNA BÚSQUEDA A TRAVÉS

DE UNA BASE DE DATOS.

1.3.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

OTRA DE LAS TÉCNICAS DE REPRESENTAR EL CONOCIMIENTO AMPLIAMENTE USADA SON LAS REGLAS, INTEGRADAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN. ESTE MÉTODO PROPUESTO POR A. NEWELL EN 1972 PARA SU MODELO DEL PROCESO COGNOSCITIVO HUMANO [BARR81], ES ESENCIALMENTE UN CONJUNTO DE REGLAS (MEMORIA DE PRODUCCIÓN) QUE CONTIENEN UN PAR PATRÓN-ACCIÓN QUE OPERA EN UNA MEMORIA DE CONCEPTOS RELEVANTES (MEMORIA DE TRABAJO).

UN MECANISMO INTERACTIVO DE CONTROL (MANEJADOR DE REGLAS) EXTRAE Y PRUEBA CADA REGLA, EJECUTANDO LA PARTE DE ACCIÓN SÓLO SI LA PARTE DE PATRÓN CORRESPONDE A UN ESTADO DEL CONTEXTO [FORG81].

ESTA FORMA DE REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO HA DEMOSTRADO SER UNA MANERA MUY APROPIADA DE REPRESENTAR EN FORMA HOMOGÉNEA EL CONOCIMIENTO Y FACILITA LA EXTRACCIÓN DEL MISMO.

LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN SE USAN EN GRAN VARIEDAD DE APLICACIONES Y EXTENSIVAMENTE EN LOS SISTEMAS EXPERTOS. ADEMÁS, SE HAN DESARROLLADO DIVERSOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ABSTRACTOS PARA FACILITAR LA CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS EXPERTOS [TORF85].

EN ALGUNOS SISTEMAS EXPERTOS SE USAN MEDIDAS PROBABILÍSTICAS, UTILIZANDO TÉCNICAS BAYESIANAS, QUE CONSTITUYEN UN CONCEPTO SENCILLO E INTELIGIBLE PARA LOS EXPERTOS, AUNQUE EXISTEN ALGUNOS DESACUERDOS CON RESPECTO A SU IDONEIDAD TEÓRICA [CUFN85].

OTROS SISTEMAS EXPERTOS USAN FACTORES DE CERTEZA ("CERTAINITY FACTORS") QUE CALIFICAN A LOS DATOS Y A LAS REGLAS. EL FACTOR DE CERTEZA DE UNA REGLA INDICA LA CONFIABILIDAD DE SU CONCLUSIÓN, SUPONIENDO QUE SE CUMPLAN LAS CONDICIONES. DE IGUAL MANERA, SI LAS CONDICIONES SON INCIERTAS, EL FACTOR DE CERTEZA SE REDUCE CONSECUENTEMENTE. ASÍ SE PUEDEN PROPAGAR LOS FACTORES DE CERTEZA A LO LARGO DE UNA CADENA DE REGLAS PARA PRODUCIR UN FACTOR DE CERTEZA PARA LA CONCLUSIÓN FINAL [TORF85].

1.4 CONTENIDO Y ALCANCE

LOS CAPÍTULOS 3, 4 Y 6 MUESTRAN EL CASO DE ESTUDIO: UNA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA, UNA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN Y UN ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS. EL ANÁLISIS COMPARATIVO ESTÁ SUSTENTADO EN EL CAPÍTULO 5.

EL CAPÍTULO 2, INTRODUCE EL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA QUE NOS OCÚPA, PROPONIENDO ADEMÁS UNA SOLUCIÓN.

EL CAPÍTULO 3 DESCRIBE EL PASO DEL MODELO CONCEPTUAL AL OPERATIVO (PROGRAMACION) DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE LA RED SEMÁNTICA. EL CAPÍTULO 4 CONTIENE, AL IGUAL QUE EL 3, LA IMPLEMENTACIÓN PERO AHORA DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS.

EL CAPÍTULO 5 PRESENTA LOS CRITERIOS DE ANÁLISIS QUE SE UTILIZARÁN EN EL CAPÍTULO SIGUIENTE Y QUE SE TOMAN PRINCIPALMENTE DE LOS PUNTOS EN COMÚN Y EN LAS DIFERENCIAS QUE PRESENTAN AMBAS MÁQUINAS DE INFERENCIAS.

EL CAPÍTULO 6 CONSIDERA EL ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS DOS PROCEDIMIENTOS GENERALES DE OBTENCIÓN DE RESPUESTAS PARA EL MISMO PROBLEMA.

EL CAPÍTULO 7 RESUME LOS RESULTADOS DE ESTA OBRA Y SUGIERE ÁREAS PARA ESTUDIOS FUTUROS.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y
SOLUCIÓN PROPUESTA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y SOLUCIÓN PROPUESTA

ESTE CAPÍTULO ENMARCA A LA PROPOSICIÓN GENERAL DE LA TESIS CON EL CONTENIDO DE LA PROBLEMÁTICA, EL PROPÓSITO, LA IMPORTANCIA Y LA JUSTIFICACIÓN DE ESTA INVESTIGACIÓN. TAMBIÉN MENCIONA LA SOLUCIÓN AL PROBLEMA Y LA PROPONE EN FORMA CRONOLÓGICA.

EL PROBLEMA QUE NOS OCUPA EN ESTE TRABAJO ES CONTAR CON UNA HERRAMIENTA QUE NOS PERMITA LA MANIPULACIÓN FÁCIL, EFICIENTE, CONFIABLE Y SEGURA DE ESTRUCTURAS DE DATOS QUE REPRESENTAN CONOCIMIENTO. ESTA HERRAMIENTA ES LA MÁQUINA DE INFERENCIAS DE UN SISTEMA EXPERTO.

SE PIENSA EN DOS DISTINTAS IMPLANTACIONES DE ESTA MÁQUINA DE INFERENCIAS: UNA RED SEMÁNTICA Y UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN.

LA HIPÓTESIS DIRECTRIZ DE ESTA TESIS GRAVITA EN TORNO A ESTAS DOS IMPLANTACIONES -MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA Y MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN- Y UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE AMBAS. EL ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS NO PERSIGUE DESCUBRIR "NUEVAS COSAS" QUE A PRIORI SE CONOCEN, DADA LA NATURALEZA DE LAS TÉCNICAS PROPIAS DE CADA IMPLANTACIÓN, NI SIQUIERA DE CONFIRMAR O DESMENTIR LO QUE EN LA LITERATURA SE HALLA AL RESPECTO. DE ESTA MANERA LA PROPOSICIÓN DE ESTA INVESTIGACIÓN ES LA DE **"EJEMPLIFICAR Y EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE LAS DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS PARA UN CASO ESPECÍFICO"**.

LOS PROBLEMAS TRATADOS SERÁN ENTONCES UNA MÁQUINA DE INFERENCIAS EN BASE A UNA RED SEMÁNTICA, UNA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN, UN CONJUNTO DE CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS Y UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE AMBAS MÁQUINAS DE INFERENCIAS. ESTOS PROBLEMAS CONSTITUYEN EL NÚCLEO DE LA TESIS, Y A PESAR DE QUE TODOS REVISTEN POR IGUAL IMPORTANCIA, SE PODRÍA DESLINDAR ENTRE LA IMPLANTACIÓN DE LAS DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS Y EL ANÁLISIS COMPARATIVO COMO LOS PROBLEMAS DE MAYOR PESO Y LOS CRITERIOS DE ANÁLISIS COMO DE MENOR PESO.

EL PROPÓSITO DE ESTE TRABAJO ES EL ESTUDIO DE LA FILOSOFÍA Y ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS EXPERTOS, LA REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO BAJO LA FORMA DE LAS REDES

SEMÁNTICAS Y LOS SISTEMAS BASADOS EN REGLAS, ESPECÍFICAMENTE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, Y LA ELABORACIÓN DE DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS REALES.

LA IMPORTANCIA QUE TIENE EL PROBLEMA DENTRO DEL ÁREA DE LOS SISTEMAS EXPERTOS ES LA EVALUACIÓN DE DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS DISTINTAS PARA UN CASO DE ESTUDIO; LA ELABORACIÓN DE UN CONJUNTO DE CRITERIOS PARA EVALUAR Y COMPARAR POR SEPARADO AL MECANISMO INFERENCIAL, Y NO COMO PARTE DE UN TODO, DADO QUE, DESDE LA ÓPTICA DE UN USUARIO "TÍPICO", AL UTILIZAR UN SISTEMA EXPERTO ES CON LA MÁQUINA DE INFERENCIAS CON QUIÉN SE TIENE CONTACTO; LA UTILIZACIÓN EN PARALELO DE DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS EN UN SISTEMA EXPERTO, LA PRIMERA (SISTEMA DE PRODUCCIÓN) PARA PROBAR RUTAS ÓPTIMAS, Y LA SEGUNDA (RED SEMÁNTICA) PARA REALIZAR, EN BASE A LAS RUTAS YA PROBADAS, UN ACCESO MÁS RÁPIDO PARA EL USUARIO Y, POR SUPUESTO, LA IMPLANTACIÓN, TANTO DE UN ALGORITMO PARA UNA RED SEMÁNTICA, COMO PARA UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN PASCAL.

DADO EL PROPÓSITO (MOTIVACIÓN SUBJETIVA) E IMPORTANCIA (TRASCENDENCIA OBJETIVA) DE ESTA INVESTIGACIÓN, PENSAMOS QUE LA ELABORACIÓN DE ESTA TESIS SE JUSTIFICA.

LA SOLUCIÓN QUE PROPONEMOS ES ENTONCES LA DE REALIZAR, EN PRIMERA INSTANCIA, LA IMPLANTACIÓN DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA. EN SEGUNDA, LA IMPLANTACIÓN DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE

PRODUCCIÓN. POSTERIORMENTE EN BASE A LAS CARACTERÍSTICAS COMPARTIDAS Y DIFERENCIAS, ELABORAREMOS UN PARADIGMA PARA EVALUAR A LAS DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS. POR ÚLTIMO REALIZAREMOS EL ANÁLISIS COMPARATIVO.

- 3 MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA
- 3.1 ESTRUCTURA DE LA RED SEMÁNTICA
- 3.2 MODELO CONCEPTUAL Y ARQUITECTURA
- 3.3 PROCESO INFERENCIAL
 - 3.3.1 INFORMACIÓN INICIAL
 - 3.3.2 EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS
 - 3.3.3 INFERENCIA DE CONOCIMIENTOS
 - 3.3.4 CÁLCULO DE CERTIDUMBRE
 - 3.3.5 EXPLICACIÓN DE RAZONAMIENTO
 - 3.3.6 SALIDA

MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA

EL PROPÓSITO DE ESTE CAPÍTULO ES PRESENTAR PRIMERAMENTE ALGUNOS CONCEPTOS DE LAS REDES SEMÁNTICAS. POSTERIORMENTE SE DEFINE LA ESTRUCTURA DE LA RED A UTILIZAR. SE MUESTRA ADEMÁS EL MODELO CONCEPTUAL Y ARQUITECTURA DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA. PARA FINALIZAR, SE DESCRIBE EL PROCESO INFERENCIAL DE ESTA IMPLANTACIÓN EN ESPECIAL.

SI EN EL MUNDO SOBRE EL QUE EJERCEMOS NUESTRO SENTIDO COMÚN EXISTEN OBJETOS O CONCEPTOS Y SUS RELACIONES, PUEDE RESULTAR NATURAL EL REPRESENTAR A LOS OBJETOS COMO CÍRCULOS O NODOS Y A LAS RELACIONES COMO LIGAS O FLECHAS [WINS84].

EXISTE UNA GRAN VARIEDAD DE TIPOS DE REDES, DADA LA VARIEDAD DE TIPOS DE CONOCIMIENTO NECESARIO PARA CADA SISTEMA.

SIN EMBARGO UNA RED, EN GENERAL, NO PUEDE SER UNA RED SEMÁNTICA¹ SI NO ESTÁ REFERIDA A OBJETOS O A CONCEPTOS.

NO OBSTANTE, CUANDO SÓLAMENTE EXISTE UNA ASOCIACIÓN LIBRE DE OBJETOS O CONCEPTOS A UNA ESTRUCTURA DE RED, LA SEMÁNTICA ES A TAL EXTREMO IMPRECISA QUE CUALQUIER MANIPULACIÓN QUE SE EJECUTE SOBRE ELLA GENERARÁ CONCLUSIONES FORMALMENTE INADMISIBLES [NEGR85].

LA FACILIDAD CON LA CUAL ES POSIBLE HACER DEDUCCIONES ACERCA DE LA JERARQUÍA HEREDITARIA, ES UNA DE LAS RAZONES DE LA POPULARIDAD DE LAS REDES SEMÁNTICAS COMO REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO.

MUCHOS SISTEMAS PARA LA REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO, TALES COMO ÁRBOLES O ESTRUCTURAS DE "REJILLAS", PUEDEN SER CONSIDERADOS REDES SEMÁNTICAS, PORQUE SUS CARACTERÍSTICAS DE NOCIÓN DE UNA JERARQUÍA TAXONÓMICA EXPLÍCITA, I.E. LA CATEGORIZACIÓN DE CLASES DE OBJETOS EN UN MUNDO, PUEDE SER REPRESENTADA [BRAC83].

LA ESPINA DORSAL DE LA JERARQUÍA ES DADA POR UNA ESPECIE

INTENDIÉNDOSE COMO SEMÁNTICA AL SIGNIFICADO INCORPORADO EN
ARREGLO SIMBÓLICO PERMITIDO POR LA ESPECIFICACIÓN DE LOS
NOMBRES DE DICHO ARREGLO Y EL CÓMO DEBERÁN SER UBICADOS
(TAXIS).

DE LIGA DE "HERENCIA" ENTRE LOS OBJETOS REPRESENTADOS COMO "NODOS" EN ALGUNOS SISTEMAS Y "ESTRUCTURAS" ("FRAMES") EN OTROS. ESTAS LIGAS FRECUENTEMENTE LLAMADAS "IS-A" (TAMBIÉN CONOCIDAS COMO "IS", "SUPERC", "AKO", "SUBSET", ETC.), HAN SIDO TAL VEZ EL ELEMENTO MÁS ESTABLE QUE HAN DESARROLADO LAS REDES SEMÁNTICAS A TRAVÉS DE LOS AÑOS.

UNA JERARQUÍA ES-UN ("IS-A") ASUME QUE TODOS LOS HECHOS AFIRMADOS ACERCA DE LOS NODOS SUPERIORES EN LA JERARQUÍA PUEDEN SER CONSIDERADOS AFIRMADOS PARA LOS NODOS INFERIORES TAMBIÉN, SIN TENER QUE REPRESENTAR EXPLÍCITAMENTE ESTAS AFIRMACIONES EN LOS NODOS INFERIORES, ÉSTO ES LLAMADO "PROPIEDAD DE HERENCIA".

LAS LIGAS DE RELACIÓN ENTRE LOS NODOS INDICAN SÓLO RELACIONES BINARIAS Y SI SE DESEA INFORMACIÓN ADICIONAL ACERCA DE UN NODO SE TIENE QUE RECURRIR A TÉCNICAS DE LÓGICA TALES COMO LA LÓGICA DE PRIMER ORDEN O LÓGICA DE PREDICADOS; ÉSTO ES POSIBLE MEDIANTE ARCOS DE SALIDA LLAMADOS "CASE FRAME" LOS CUALES ESPECIFICAN VARIOS ARGUMENTOS PARA EL VALOR DEL PREDICADO.

UN PROBLEMA DE LAS REDES SEMÁNTICAS ES QUE NO HAY DISTINCIÓN ENTRE UN INDIVIDUO Y CLASES DE INDIVIDUO, I.E. QUE EXISTEN NODOS QUE HEREDAN PROPIEDADES QUE NO DEBERÍAN DE HEREDAR (TIENEN PROBLEMAS PARA MANEJAR EXCEPCIONES). SIN EMBARGO ESTE PROBLEMA SE HA RESUELTO EN LENGUAJES COMO SRL² [WRIG83].

EN LAS REDES SEMÁNTICAS NO HAY UNA SEMÁNTICA FORMAL O ESTRUCTURA GENERAL COMO EN LÓGICA, EL SIGNIFICADO ASIGNADO A UNA ESTRUCTURA DE RED DEPENDE SÓLAMENTE DEL PROCESO QUE LA MANIPULE. EXISTE UNA GRAN VARIEDAD DE SISTEMAS DE REDES QUE USAN PROCEDIMIENTOS TOTALMENTE DIFERENTES PARA HACER INFERENCIAS.

SIN EMBARGO EL MECANISMO DE RAZONAMIENTO USADO POR LA MAYORÍA DE SISTEMAS DE REDES SEMÁNTICAS ESTÁ BASADO EN EL APAREAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE REDES "MATCHING NETWORK

EL LENGUAJE DE REPRESENTACIÓN DE ESQUEMAS, "SCHEMA REPRESENTATION LANGUAGE" (SRL), ES UN LENGUAJE CREADO EN CMU POR J. M. WRIGHT Y MARK S. FOX PARA EXPLORAR EL PROBLEMA DE LA INFERENCIA, ENTRE OTRAS RAZONES.

LOS ESQUEMAS SON TAMBIÉN CONOCIDOS COMO ESTRUCTURAS DE "FRAMES" DE MINSKY, A PESAR DE QUE A NEWELL Y SIMON SE LES CONSIDERA LOS PRIMEROS EN PROPONER ESTE TIPO DE REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO.

STRUCTURES" [BARR81]. UN FRAGMENTO DE RED ES CONSTRUIDO, REPRESENTANDO UNA BÚSQUEDA O PREGUNTA. ENTONCES EL APAREO SE HARÁ EN LA ESTRUCTURA PRINCIPAL DE LA RED PARA CORROBORAR SI TAL OBJETO EXISTE. LOS NODOS VARIABLES DEL FRAGMENTO DE RED SON LIGADOS AL PROCESO DE APAREO PARA LOS VALORES QUE SE PUDIERAN TENER EN LA ESTRUCTURA GENERAL Y ASÍ APAREAR PERFECTAMENTE, I.E. CONTESTAR SATISFACTORIAMENTE LA PREGUNTA O BÚSQUEDA. UN BUEN EJEMPLO ES EL SISTEMA SNIFFER [FIKE77], EL CUAL TIENE EL PODER GENERAL DE UN TEOREMA DE DEMOSTRACIÓN EN FORMA DE RED DE TRABAJO, PARA HACER DEDUCCIONES DE UNA BASE DE DATOS. ÉSTE SISTEMA ES CAPAZ DE UTILIZAR CONOCIMIENTOS HEURÍSTICOS CONTENIDOS EN PROCEDIMIENTOS LLAMADOS "FUNCIONES DE SELECCIÓN", LAS CUALES NOS DICEN QUÉ ELEMENTOS DE LA RED DEBERÍAN SER APAREADOS PRIMERO Y CÓMO APAREAR AL ELEMENTO SELECCIONADO. ESTA HEURÍSTICA PERMITE PROCEDER AL SISTEMA EN UN CAMINO DIRECTO Y SENSIBLE CUANDO LA CANTIDAD DE INFORMACIÓN EN LA BASE DE DATOS LLEGA A SER MUY GRANDE Y LAS ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN CIEGA, COMO LA EXTENSIÓN O APAREO SISTEMÁTICO, SON INÚTILES PORQUE TOMAN DEMASIADO TIEMPO PARA RESPONDER.

3.1 ESTRUCTURA DE LA RED SEMÁNTICA

LA VERSIÓN OPERATIVA DE LA BASE DE CONOCIMIENTOS QUE UTILIZA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA, ES LA RESULTANTE DEL PROTOTIPO HÍBRIDO QUE CONSISTE EN LA TRANSFORMACIÓN DEL CONOCIMIENTO DESCRITO EN REGLAS A UNA RED SEMÁNTICA. DICHA INFORMACIÓN INTERACTÚA CON EL EXPERTO PARA OBTENER INFORMACIÓN NO CONTENIDA EN LAS REGLAS, COMO APUNTAORES A BASES DE DATOS O REFERENCIAS A SIRVIENTES³ Y DEMONIOS⁴, ASÍ COMO LAS RUTAS EN LOS ÁRBOLES DE

LOS SIRVIENTES SON PROCEDIMIENTOS QUE ESTÁN EXPLÍCITOS LAS LIGAS EXTERNAS A LOS NODOS, Y SE ACTIVAN CUANDO SE PIDE AYUDA ESPECÍFICAMENTE POR SU NOMBRE [CAST86].

LOS DEMONIOS SON PROCEDIMIENTOS "SI NECESITAMOS" ('IF NEEDED'), QUE ESTÁN IMPLÍCITOS EN LAS LIGAS EXTERNAS A LOS NODOS, ASÍ QUE PUEDEN SER INVOCADOS AUTOMÁTICAMENTE, ESTO ES ESTÁN LISTOS PARA SER USADOS CUANDO SE NECESITEN, MÁS QUE CUANDO SE PIDE AYUDA ESPECÍFICAMENTE POR SU NOMBRE [INS84].

SOLUCIÓN. AL PROCESAR CADA REGLA SE INCLUYE LA INFORMACIÓN EXTRA NECESARIA PARA COMPLETAR LA BASE DE CONOCIMIENTOS EN FORMA DE RED SEMÁNTICA. LA ESTRUCTURA PARA LOS NODOS DE PREMISAS SE MUESTRA EN LA FIGURA 3.1



FIG. 3.1 MODELO DE LOS NODOS TIPO PREMISA EN LA RED SEMANTICA

POR CADA CONCLUSIÓN DE LAS REGLAS ES CREADO UN NODO EN LA RED ASOCIATIVA CON LA ESTRUCTURA REPRESENTADA EN LA FIGURA 3.2

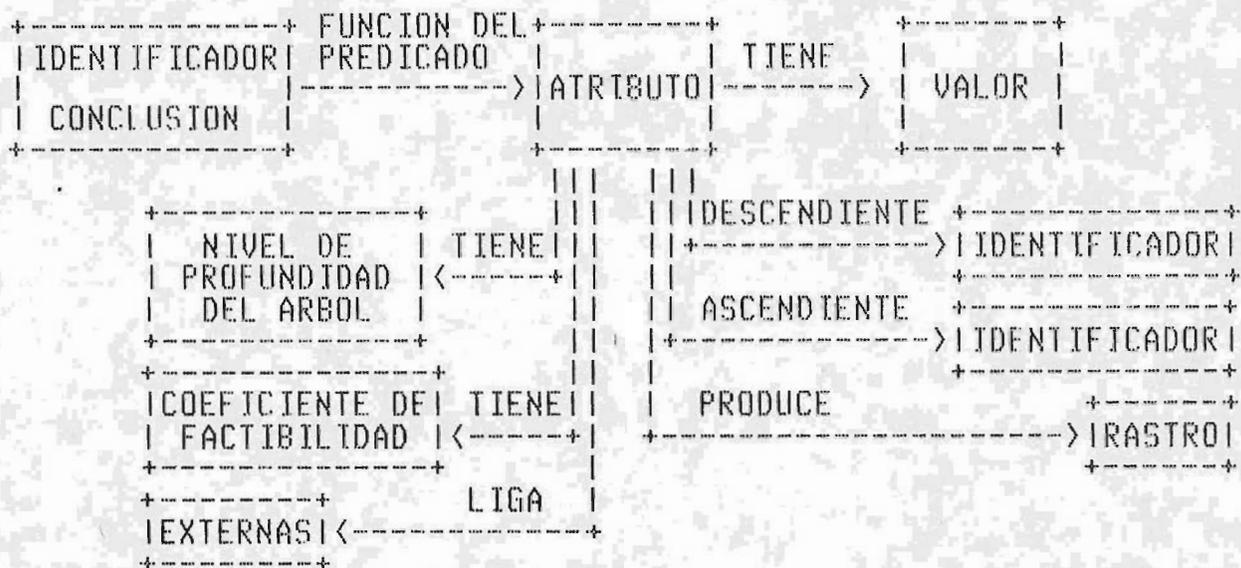


FIG. 3.2 MODELO DE LOS NODOS TIPO CONCLUSION EN LA RED SEMANTICA

UNA VEZ QUE SE TIENE CREADA LA BASE DE CONOCIMIENTO Y LA MEMORIA DE TRABAJO EN BLANCO, EL USUARIO PUEDE INICIAR UNA SESIÓN CON LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA.

3.2 MODELO CONCEPTUAL Y ARQUITECTURA

EL PRINCIPAL OBJETIVO DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA ES UTILIZAR EL CONOCIMIENTO TRANSFORMADO DE REGLAS A UNA RED SEMÁNTICA TOMANDO COMO INFRAESTRUCTURA LIGAS DE RELACIÓN TANTO INTERNAS COMO EXTERNAS DADAS POR UN MAPEO AUTOMÁTICO Y POR EL EXPERTO HUMANO, PARA QUE DICHO CONOCIMIENTO ÉSTE AL ALCANCE DE LOS USUARIOS EN UN TIEMPO DE RESPUESTA ADECUADO (VER FIGURA 3.3).

MAQUINA DE INFERENCIA SOBRE RED SEMANTICA

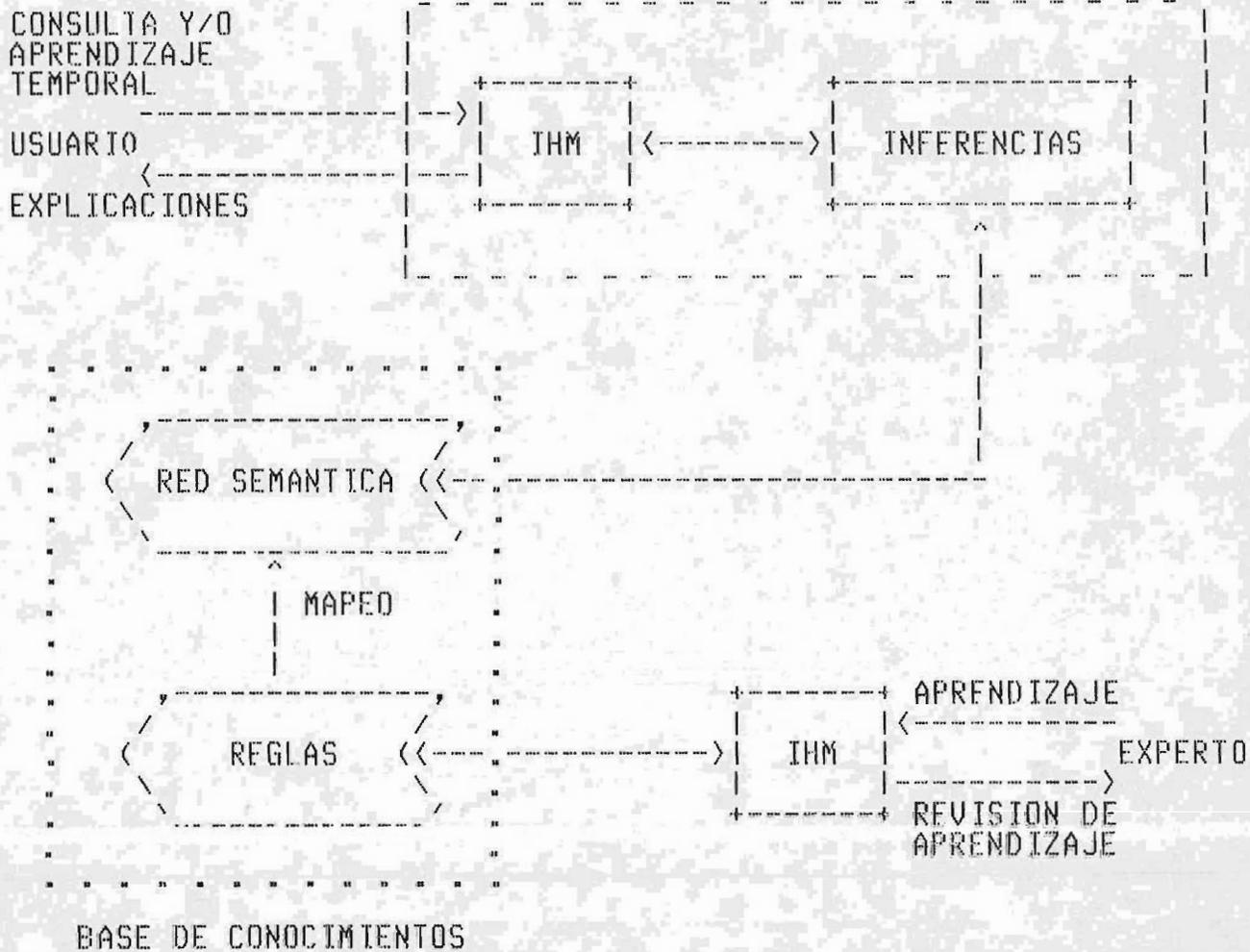


FIG. 3.3 MODELO CONCEPTUAL DE LA MAQUINA DE INFERENCIA SOBRE RED SEMANTICA Y SU MEDIO AMBIENTE

LOS PROPÓSITOS DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA SON LOS SIGUIENTES:

- OBTENER INFORMACIÓN INICIAL RELEVANTE AL CASO.
- DIRIGIR LA BÚSQUEDA DE UNA SOLUCIÓN A TRAVÉS DE LAS RUTAS TRAZADAS EN LA RED SEMÁNTICA.
- EVALUAR HIPÓTESIS PARA ESCOGER RUTAS.
- HACER EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD PARA CADA REGLA.
- JUSTIFICAR EL RAZONAMIENTO USADO PARA LLEGAR A UNA CONCLUSIÓN.
- REALIZAR APRENDIZAJE TEMPORAL PARA REALIZAR SUGERENCIAS A REVISAR POR EL ESPECIALISTA.

PARA COADYUVAR TAL FIN, LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA ESTÁ FORMADA POR SIETE PROGRAMAS PRINCIPALES, A SABER: EL DE CONTROL PRINCIPAL, EL DE INFORMACIÓN INICIAL, EL DE EXPLICACIÓN DEL RAZONAMIENTO SEGUIDO, EL DEL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD, EL DE INFERENCIAS EN CONOCIMIENTOS, EL DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS, Y EL DE SALIDA (VER FIGURA 3.4).

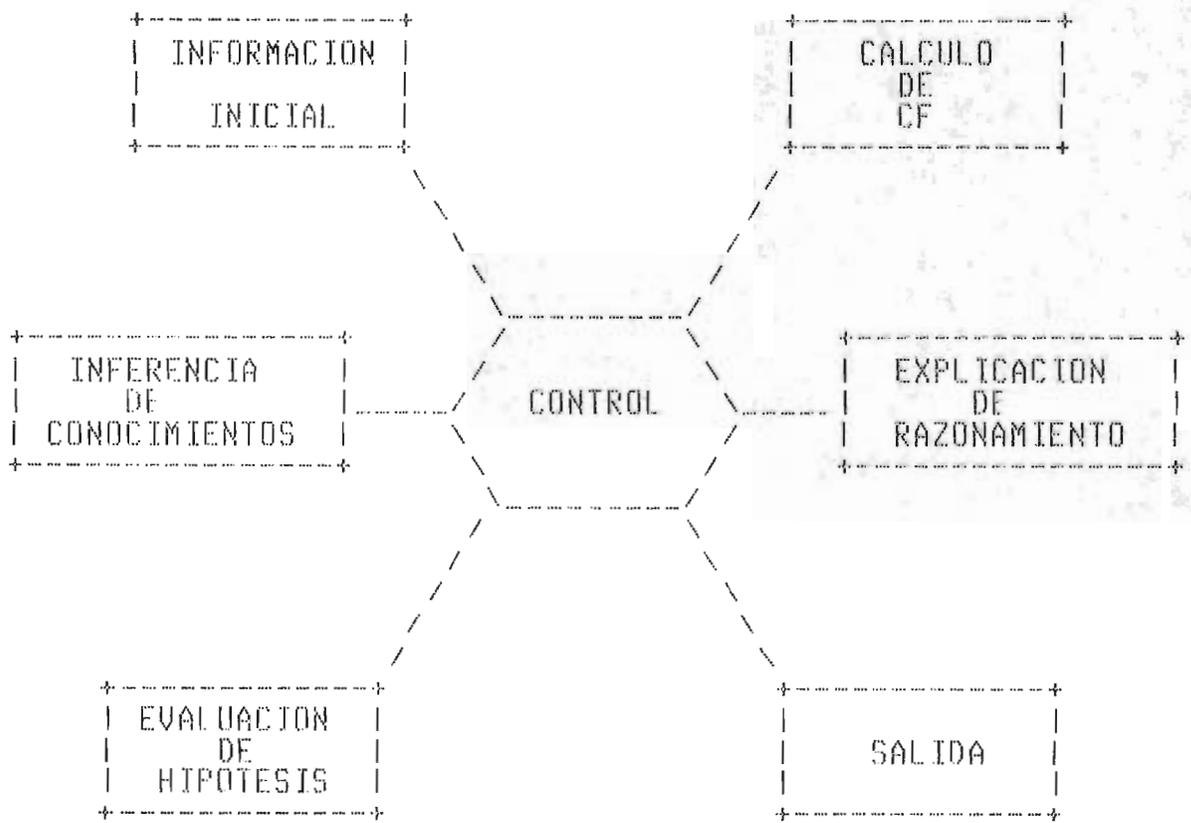


FIG. 3.4 DIAGRAMA DE CONTROL DE LA MAQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMANTICA

3.3 PROCESO INFERENCIAL

LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA INTERACTÚA CON EL USUARIO A TRAVÉS DE SU PROGRAMA DE CONTROL PRINCIPAL CADA VEZ QUE EMPIEZA UNA SESIÓN DE CONSULTA A LA BASE DE CONOCIMIENTOS IMPLEMENTADA EN FORMA DE RED SEMÁNTICA.

EL PROGRAMA PREGUNTA AL USUARIO CON QUÉ BASE DE CONOCIMIENTO DESEA TRABAJAR. UNA VEZ DISPONIBLE LA BASE DE CONOCIMIENTO, LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA LE PREGUNTA AL USUARIO SI TIENE INFORMACIÓN INICIAL; SI LA TIENE, LLAMA AL PROGRAMA DE INFORMACIÓN INICIAL (INFINIC*) PARA SU PROCESO.

ENSEGUIDA EL PROGRAMA DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS EVAHIP* CONSIDERARÁ POSTIBLES RUTAS DE SOLUCIÓN. AL REGRESAR DE EVAHIP, LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA CUENTA CON UNA RUTA QUE SEGUIR PARA TRATAR DE SOLUCIONAR EL PROBLEMA EN CUESTIÓN, O EN SU CASO PARA DECLARARSE INCOMPETENTE.

Á CONTINUACIÓN EL CONTROLADOR LLAMA AL PROGRAMA INFCON*, EL CUAL LLEVA A CABO EL CUESTIONAMIENTO DEL USUARIO PARA ACUMULAR EVIDENCIA, Y CADA VEZ QUE LLEGUE A UNA CONCLUSIÓN LLAMARÁ AL PROGRAMA QUE CALCULA EL COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD CÁLCF* PASÁNDOLE EL IDENTIFICADOR DE LA REGLA QUE USÓ, OBTENIÉNDOSE ASÍ LA VERACIDAD DE LA CONCLUSIÓN OBTENIDA.

SI LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA NO LLEGA A UNA SOLUCIÓN, REGRESA AL PROGRAMA EVÁHIP PARA REPLANTEAR LA RUTA Y REPITE EL CICLO ARRIBA DESCRITO.

EL PROGRAMA EXPRAZ* EXPLICA LA LÍNEA DE RAZONAMIENTO SEGUIDA A PETICIÓN DEL USUARIO.

3.3.1 INFORMACIÓN INICIAL

ESTE PROGRAMA ES ACTIVADO POR EL CONTROLADOR DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA AL INICIAR UNA SESIÓN, SI EXISTE INFORMACIÓN INICIAL QUE PROCESAR. EMPIEZA POR PREGUNTARLE AL USUARIO SOBRE QUÉ TÓPICOS -CONJUNTO DE REGLAS QUE SE UTILIZARÁN COMO ESPACIO DE POSIBLE SOLUCIÓN- VA A DAR INFORMACIÓN, SI NO LOS CONOCE, SE LOS DESPLIEGA. Á

VER APÉNDICE A.

CONTINUACIÓN LE DESPLIEGA LOS SUBTÓPICOS ASOCIADOS AL TÓPICO Y LE PREGUNTA DE QUÉ SUBTÓPICOS SE TRATA, PREGUNTÁNDOLE POSTERIORMENTE LA INFORMACIÓN.

LA ELECCIÓN DE UN TÓPICO Y SUBTÓPICO ES OPCIONAL Y SÓLO SIRVE PARA DELIMITAR EL ESPACIO DE BÚSQUEDA. DE NO EXISTIR ESTA DELIMITACIÓN, LA MÁQUINA DE INFERENCIA DETERMINA EL ESPACIO.

DADA LA INFORMACIÓN INICIAL LA COMPARA CON LAS REGLAS. REALIZA LA BÚSQUEDA EMPEZANDO POR LAS REGLAS ASOCIADAS AL SUBTÓPICO, DESPUÉS DEL TÓPICO Y POR ÚLTIMO REALIZA UNA BÚSQUEDA EXHAUSTIVA SI ES PERTINENTE.

CUANDO TODA LA INFORMACIÓN INICIAL ES PROCESADA, RETORNA EL CONTROL AL PROGRAMA PRINCIPAL. EL RESULTADO FUE OPERADO SOBRE LA RED SEMÁNTICA DONDE SE TIENEN LAS BANDERAS DE LAS PREMISAS DADAS ENCENDIDAS Y LOS COEFICIENTES DE FACTIBILIDAD PROCESADOS EN LAS CONCLUSIONES.

LA INFORMACIÓN INICIAL NO ENCONTRADA LA GUARDA EN FORMA DE CARACTERÍSTICAS Y LAS APRENDE TEMPORALMENTE, PARA SU POSTERIOR CONSULTA CON EL ESPECIALISTA.

3.3.2 EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS

LA EVALUACIÓN DE LAS RUTAS A SEGUIR (HIPÓTESIS) CORRESPONDE A ESTE PROGRAMA, EL CUAL REvisa QUÉ INFORMACIÓN HAY EN LA MEMORIA DE TRABAJO, IDENTIFICA EN QUÉ REGLAS HAY MÁS INFORMACIÓN Y DECIDE UNA RUTA A SEGUIR.

UNA RUTA ES UNA SECUENCIA DE PREGUNTAS QUE NOS LLEVAN POR UN CAMINO PREFIJADO POR LAS REGLAS. EVAHIP TOMARÁ LA RUTA CON MÁS VIABILIDAD BASÁNDOSE EN LA INFORMACIÓN INICIAL. LA RUTA CON MÁS PROBABILIDAD DE ÉXITO ES LA QUE CUENTA CON MÁS PREMISAS PROBADAS. DE ESTA FORMA LA HIPÓTESIS A PROBAR ES LA CONCLUSIÓN DE LA REGLA A LA QUE LE FALTAN MENOS PREMISAS POR PROBAR.

ESTE PROGRAMA ACCESA LA MEMORIA DE TRABAJO PARA REVISAR LA INFORMACIÓN DISPONIBLE, IDENTIFICA LOS NODOS QUE TIENEN BANDERA DE VERDADERO Y UN COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD SIGNIFICATIVO (COMO POSIBLE ALTERNATIVA). POSTERIORMENTE RELACIONA DE QUÉ REGLAS SE TRATA, IDENTIFICA DE QUÉ SUBTÓPICO O TÓPICO TIENE INFORMACIÓN Y LLEVA EL ORDEN CRONOLÓGICO DEL CASO EN CUESTIÓN.

DECIDE QUÉ RUTA EXPLORAR BASÁNDOSE EN DOS CRITERIOS QUE ALTERNA:

- 1) BÚSQUEDA DE PROFUNDIDAD

2) BÚSQUEDA DE ANCHURA.

EN LA BÚSQUEDA DE PROFUNDIDAD SE SIGUE A FONDO UNA RUTA, MIENTRAS QUE EN LA DE ANCHURA SE PREGUNTA SOBRE LAS PREMISAS DE LOS SUBTÓPICOS-TÓPICOS QUE IDENTIFICA COMO PROBABLES PARA UNA MEJOR RUTA A SEGUIR EN LA BÚSQUEDA DE PROFUNDIDAD (RUTA DE MEJOR EVIDENCIA).

DESPUÉS QUE SE AGOTA LA BÚSQUEDA DE ANCHURA (NO HAY MÁS TÓPICOS POR LOS QUE PREGUNTAR) Y LA BÚSQUEDA DE PROFUNDIDAD NO LIEGA A NINGUNA CONCLUSIÓN, LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA SE DECLARA INCOMPETENTE.

3.3.3 INFERENCIA DE CONOCIMIENTOS

EL RECORRIDO DE LA RED SEMÁNTICA PARA HACER ACOPIO DE INFORMACIÓN CORRESPONDE A ESTE PROGRAMA Y LO HACE EN FUNCIÓN DE LA RUTA O REGLAS SELECCIONADAS EN LA EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS. RECIBE COMO ENTRADA DOS TIPOS DE INFORMACIÓN EXCLUYENTES:

- (1) UN SUBTÓPICO O TÓPICO.
- (2) UNA RUTA A SEGUIR.

EN (1) TRATA DE OBTENER MEDIANTE UNA INTERACCIÓN CON EL USUARIO INFORMACIÓN RELEVANTE A LAS REGLAS SOBRE UN SUBTÓPICO O TÓPICO EN PARTICULAR. NO SIGUE UNA RUTA HASTA EL FINAL, SINO ÚNICAMENTE ACUMULA INFORMACIÓN. TOMA LOS NÚMEROS DE REGLA Y POR CADA UNO PREGUNTA ACERCA DE SUS PREMISAS.

PARA (2) RECIBE UNA REGLA QUE TIENE UNA RUTA PREDEFINIDA PARA LLEGAR A UNA SOLUCIÓN EN BASE A LIGAS CREADAS COMO POSIBLES ÁRBOLES DE SOLUCIÓN. EN CADA NODO DE LA RED EXISTEN LIGAS A LAS REGLAS MÁS PROBABLES A EJECUTAR, EN LOS DOS CASOS: DE SER FALSO Y DE SER VERDADERO. DEPENDIENDO DE LAS RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS, INFCON DECIDIRÁ CUAL ES LA SIGUIENTE PREGUNTA.

A TRAVÉS DE ESTA RUTA PODRÍA O NO LLEGAR A UNA SOLUCIÓN, PERO SIEMPRE ENCONTRARÁ UN FIN DE RUTA (HOJAS DEL ÁRBOL) EN DONDE REGRESA AL CONTROLADOR PRINCIPAL.

3.3.4 CÁLCULO DE CERTIDUMBRE

EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CERTIDUMBRE O FACTIBILIDAD (CF) DE LAS CONCLUSIONES DE UNA REGLA LO REALIZA EL PROGRAMA CALCF.

ESTE PROGRAMA RECIBE UN NÚMERO DE REGLA, ACCESA ESTA REGLA Y LE APLICA LAS FÓRMULAS DEL CÁLCULO DE COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD VALIÉNDOSE DE LA PROPORCIÓN DE PARTICIPACIÓN (PP) DE CADA PREMISA EN LA CONCLUSIÓN PARA LA REGLA QUE SE ESTÉ PROCESANDO. EL COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD ES SIEMPRE POSITIVO Y VARÍA DE 0 A 1.

PARA PREMISAS QUE TIENEN CONECTOR LÓGICO "AND", EL CF_T SE PUEDE DEFINIR EN FORMA DE SUCESIÓN FINITA DE LA MANERA SIGUIENTE:

$$CF_T = \sum_{i=1}^n (CF_i)(PP_i)$$

DONDE I INDEXA LAS N PREMISAS QUE DETERMINAN LA CONCLUSIÓN, BAJO LA SIGUIENTE RESTRICCIÓN:

$$\sum_{i=1}^n PP_i = 1$$

PARA PREMISAS QUE TIENEN CONECTOR LÓGICO "OR" EL COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD DE LA CONCLUSIÓN CF_T SE OBTIENE DE LA MANERA SIGUIENTE:

$$CF_T = \text{MAX}((CF_I)(PP_I))$$

DONDE I ($0 < I \leq N$) REPRESENTA A LAS PREMISAS DE LA REGLA QUE DETERMINAN LA CONCLUSIÓN Y N ES LA ÚLTIMA PREMISA DE LA REGLA.

LOS COEFICIENTES DE FACTIBILIDAD NO TIENEN IMPACTO ALGUNO EN EL PROCESO DE INFERENCIA, I.E. SÓLO PONDERAN LA FACTIBILIDAD O GRADO DE CERTIDUMBRE DE LAS CONCLUSIONES.

3.3.5 EXPLICACIÓN DE RAZONAMIENTO

ESTE PROGRAMA ES ACTIVADO CUANDO EL USUARIO SELECCIONA LOS COMANDOS DE "RESUMEN", "CARACTERÍSTICAS", "CÓMO", "PORQUÉ" O "PARA QUÉ". EN RESPUESTA A LOS TRES ÚLTIMOS COMANDOS, EXPRAZ MUESTRA LA ÚLTIMA REGLA UTILIZADA PARA LLEGAR A DONDE ESTÁ. A CONTINUACIÓN DESPLIEGA LA CONCLUSIÓN, LAS PREMISAS QUE CONOCE Y LAS QUE LE FALTA PREGUNTAR.

CUANDO RECIBE EL COMANDO "RESÚMEN", DESPLIEGA EL TEXTO DE LAS PREMISAS DE TODAS LAS REGLAS QUE HA TRATADO DE PROBAR, CON SU COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD, ASÍ COMO A LAS CONCLUSIONES A LAS QUE HA LLEGADO. POR ÚLTIMO DESPLIEGA LA REGLA QUE TRATA DE PROBAR Y REANUDA CON LA PREGUNTA QUE

ORIGINÓ EL COMANDO "RESÚMEN".

CUANDO RECIBE EL COMANDO "CARACTERÍSTICAS", EN PRIMERA INSTANCIA TRATA DE ENCONTRAR UNA LIGA EXTERNA DE CARACTERÍSTICAS, SI LA ENCUENTRA, DESPLIEGA EL CONTENIDO O CEDE EL CONTROL A LA DIRECCIÓN DE LA LIGA. DESPUÉS HACE LO MISMO CON LA CONCLUSIÓN, SI NO HAY INFORMACIÓN DESPLIEGA LAS PREMISAS QUE LO HAN LLEVADO A DONDE ESTÁ.

3.3.6 SALIDA

ESTE PROGRAMA ES LLAMADO CUANDO SE LLEGÓ AL FINAL DE UNA SESIÓN, YA SEA QUE HUBO SOLUCIÓN O NO. CUANDO HUBO SOLUCIÓN SE LE PREGUNTA AL USUARIO SI DESEA CONTINUAR EN OTRO CASO O SALIR DEL SISTEMA. EN CASO DE QUE DESFE CONTINUAR CON OTRA SESIÓN SE ACTIVA LA RUTINA INCLZ* PARA INICIALIZAR LA MEMORIA DE TRABAJO ASOCIADA A CADA REGISTRO DE LA BASE DE CONOCIMIENTO. RECIBE EL PUNTO INICIAL Y DE AHÍ LIMPIA LOS VALORES DE LOS REGISTROS ASOCIADOS A ESA RUTA. SI DESEA TERMINAR LA SESIÓN, REGRESA LA RESPUESTA AL CONTROLADOR DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA. DE OTRA MANERA SI DESEA UNA EXPLICACIÓN, SE EJECUTA EL COMANDO

"RESUMEN".

EN CASO DE NO HABER LLEGADO A UNA CONCLUSIÓN, SE LE PREGUNTA SI DESEA CAMBIAR ALGUNA RESPUESTA. SI ES ASÍ SE LE PRESENTAN LAS REGLAS QUE SE USARON SIGUIENDO EL ORDEN DE LAS MÁS BÁSICAS A LAS MÁS COMPLEJAS. SE SIGUE DE ESTA FORMA HASTA RECIBIR UNA SEÑAL DE ALTO, TOMÁNDOSE ÉSTO COMO INFORMACIÓN INICIAL Y SE EMPIEZA UNA NUEVA SESIÓN.

4 MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN

4.1 ARQUITECTURA

4.2 MEMORIA DE TRABAJO

4.3 MEMORIA DE PRODUCCIÓN

4.4 CONTROL DE INFERENCIA

4.5 FACILIDADES DEL INTERPRETE

MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN.

INICIALMENTE, EL PROPÓSITO DE ESTE CAPÍTULO ES DEFINIR ALGUNOS CONCEPTOS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, EN SEGUNDA MOSTRAMOS LA ARQUITECTURA UTILIZADA PARA LA IMPLANTACIÓN DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN. PRESENTAREMOS LA ESTRUCTURA PARTICULAR TANTO DE LA MEMORIA DE TRABAJO COMO PARA LA MEMORIA DE PRODUCCIÓN, PARA FINALMENTE EXPLICAR CÓMO SE LLEVA A CABO EL CONTROL PARA INFERIR Y LAS FACILIDADES QUE OFRECE EL INTÉRPRETE UTILIZADO PARA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS.

EL MODELO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN (SUBCONJUNTO DE LOS SISTEMAS BASADOS EN REGLAS) PROVIENE DE LA TEORÍA DE LA AUTOMATIZACIÓN Y DE LA PSICOLOGÍA COGNOSCITIVA. EL MODELO BÁSICO FUE LA ASOCIACIÓN ESTÍMULO-RESPUESTA PRESUPUESTO EN TODO COMPORTAMIENTO ANIMAL. DE UNA MANERA SIMILAR, LOS TEÓRICOS EN COMPUTACIÓN HAN ENCONTRADO CONVENIENTE, PARA CIERTAS APLICACIONES, DESCRIBIR EL COMPORTAMIENTO

COMPUTACIONAL EN TÉRMINOS DE ESTADOS Y TRANSICIONES ENTRE ESTOS; UN CONJUNTO DE REGLAS PUEDE DEFINIR LAS TRANSICIONES, I.E., CÓMO PASAR DE UN ESTADO A OTRO.

NUESTRA IMPLANTACIÓN DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN ESTÁ BASADA EN EL PARADIGMA DE OPS5 [BROW85] Y EN EL SISTEMA DE REGLAS PROPUESTO POR WINSTON Y HORN [WINS84-B].

4.1 ARQUITECTURA

UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ES UN PROGRAMA COMPUESTO POR DECLARACIONES CONDICIONALES LLAMADAS **PRODUCCIONES**. ESTAS PRODUCCIONES OPERAN SOBRE OBJETOS REPRESENTADOS EN UNA BASE DE DATOS GLOBAL LLAMADA **MEMORIA DE TRABAJO**. LAS PRODUCCIONES SON GUARDADAS EN UNA MEMORIA SEPARADA LLAMADA **MEMORIA DE PRODUCCIÓN**. LA PRODUCCIÓN ES SIMILAR A LAS DECLARACIONES IF-THEN DE LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN CONVENCIONAL: UNA PRODUCCIÓN QUE CONTIENE N CONDICIONES C_1 HASTA C_N Y M ACCIONES A_1 HASTA A_M SIGNIFICA

CUANDO LA MEMORIA DE TRABAJO SEA TAL QUE

C_1 HASTA C_N SEAN VERDADERAS, LAS
ACCIONES A_1 HASTA A_M DEBERÁN SER
EJECUTADAS.

EL CONTROL DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ES GOBERNADO POR EL CICLO **RECONOCE-ACTÚA**, UN SIMPLE CICLO ITERATIVO EN EL CUAL LAS REGLAS CON ANTECEDENTES SATISFECHOS SON HALLADAS CUANDO TODAS LAS CONDICIONES EN UNA REGLA SON SATISFECHAS POR LA SITUACIÓN ACTUAL; EN ESTE CASO SE DICE QUE LA REGLA ES APAREADA. SÓLO UNA REGLA ES SELECCIONADA EN CASO DE HABER MÁS DE UNA REGLA APAREADA (RESOLUCIÓN DE CONFLICTO), EN TAL CASO, SUS ACCIONES SON REALIZADAS (ACTUAR). CUANDO LAS ACCIONES SON REALIZADAS, SE DICE QUE LA REGLA ES DISPARADA, POR ANALOGÍA CON EL DISPARO DE NEURONAS. VER FIG. 4.1.



FIG. 4.1 ARQUITECTURA DE LA MAQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCION

LOS SISTEMAS DE PRODUCCION DIFIEREN DE LOS PROGRAMAS CONVENCIONALES EN DOS ASPECTOS. EL PRIMERO ES QUE EL SISTEMA DE PRODUCCION USA UN METODO DIFERENTE PARA CODIFICAR UN ESTADO DE COMPUTACION. UN PROGRAMA CONVENCIONAL CODIFICA UN ESTADO ASIGNANDO VALORES A VARIABLES LOCALES Y GLOBALES. UN SISTEMA DE PRODUCCION CODIFICA UN ESTADO COLOCANDO EXPRESIONES EN LA MEMORIA DE TRABAJO GLOBAL DEL SISTEMA. LA OTRA DIFERENCIA ENTRE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION Y LOS PROGRAMAS CONVENCIONALES, ES LA FORMA EN QUE EL FLUJO DE CONTROL ES MANEJADO. UN PROGRAMA CONVENCIONAL UTILIZA UNA

EJECUCIÓN SECUENCIAL PARA DECLARACIONES MÁS UN NÚMERO DE CONSTRUCTORES DE CONTROL COMO LLAMADAS A SUBROUTINAS Y SALTOS CONDICIONALES. UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN USA LA SATISFACCIÓN DE ANTECEDENTES. CADA ANTECEDENTE DE UNA PRODUCCIÓN ES UNA DESCRIPCIÓN DE UN ESTADO EN EL CUAL LA PRODUCCIÓN ES APLICABLE; EL ANTECEDENTE LLEGA A SER VERDADERO CUANDO HAY ALGUNA INFORMACIÓN EN LA MEMORIA DE TRABAJO QUE LA PRODUCCIÓN PUEDA PROCESAR. CUANDO EL CONTROL DEL SISTEMA REALIZA EL PROCESO DE APAREO, EN REALIDAD ESTÁ BUSCANDO UNA PRODUCCIÓN QUE SEPA CÓMO PROCESAR LOS DATOS QUE ESTÁN EN LA MEMORIA DE TRABAJO. CUANDO SE ENCUENTRA QUÉ PRODUCCIÓN UTILIZAR Y SE EJECUTA SU CONSECUENTE, LA MEMORIA DE TRABAJO ES CAMBIADA, Y ASÍ, EN EL SIGUIENTE CICLO, EL INTÉRPRETE REALIZA EL APAREO OTRA VEZ PARA ENCONTRAR UNA PRODUCCIÓN QUE PUEDE MANEJAR LOS DATOS NUEVOS.

4.2 MEMORIA DE TRABAJO

LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN CONTIENE UNA BASE DE DATOS GLOBAL LLAMADA MEMORIA DE TRABAJO, LA CUAL CONSISTE EN UN CONJUNTO DE ESTRUCTURAS DE SÍMBOLOS CONSTANTES. LA CLASE DE ESTRUCTURA DE SÍMBOLOS QUE PUEDEN OCURRIR EN LA MEMORIA DE TRABAJO SON OBJETOS CON PARES ASOCIADOS **ATRIBUTO-VALOR**. UTILIZANDO LA NOTACIÓN BNF¹, LOS ELEMENTOS SON REPRESENTADOS DE LA FORMA SIGUIENTE:

$\langle \text{ELEMENTO} \rangle ::= \langle \text{OBJETO} \rangle \{ \langle \text{ATRIBUTO} \rangle \langle \text{VALOR} \rangle \}^+$

$\langle \text{OBJETO} \rangle ::= \langle \text{IDENTIFICADOR} \rangle$

$\langle \text{ATRIBUTO} \rangle ::= \langle \text{IDENTIFICADOR} \rangle$

$\langle \text{VALOR} \rangle ::= \langle \text{IDENTIFICADOR} \rangle | \{ \langle \text{NÚMERO} \rangle \}^+$

$\langle \text{IDENTIFICADOR} \rangle ::= \{ \langle \text{ALFANUMÉRICO} \rangle \}^+$

$\langle \text{NÚMERO} \rangle ::= \langle \text{REAL} \rangle | \langle \text{ENTERO} \rangle$

$\langle \text{ALFANUMÉRICO} \rangle ::= \langle \text{LETRA} \rangle \langle \text{SEC-SIMB} \rangle | \langle \text{ENTERO} \rangle \langle \text{SEC-SIMB} \rangle |$

$\langle \text{ESPECIAL} \rangle \langle \text{SEC-SIMB} \rangle$

$\langle \text{SEC-SIMB} \rangle ::= \langle \text{LETRA} \rangle \langle \text{SEC-SIMB} \rangle | \langle \text{ENTERO} \rangle \langle \text{SEC-SIMB} \rangle |$

$\langle \text{ESPECIAL} \rangle \langle \text{SEC-SIMB} \rangle | \emptyset$

$\langle \text{ENTERO} \rangle ::= 1|2|3|...|9|0$

$\langle \text{REAL} \rangle ::= \{ \text{CONJUNTO DE LOS NÚMEROS REALES} \}$

UTILIZA LA NOTACIÓN "BACKUS-NAUR FORM" MODIFICADA, TENIENDO EL MÁS DE KLEENE ("KLEENE PLUS"), QUE DENOTA UNA O MÁS OCURRENCIAS DE UN ELEMENTO NO TERMINAL. VER [78].

<LETRA> ::= A|B|C|...|Z

<ESPECIAL> ::= +|-|*|,|:|&|/|\|'|#|@|.|!|

\$|%|?|<|>|'|(|)|{|}|}|!

EL SÍMBOLO "^" (QUILATE) ES EL OPERADOR QUE DISTINGUE EL ATRIBUTO DE LOS VALORES, V.GR. LA DECLARACIÓN QUE EL ÁCIDO SULFÚRICO ES UN ÁCIDO INCOLORO, PUEDE SER REPRESENTADO POR EL ELEMENTO ATRIBUTO-VALOR:

MATERIAL ^NOMBRE H2SO4 ^COLOR INCOLORO ^CLASE ACIDO

LOS ELEMENTOS EN LA MEMORIA DE TRABAJO PUEDEN VARIAR DINÁMICAMENTE EN EL TIEMPO DE EJECUCIÓN ("RUN TIME"). LOS ELEMENTOS DE ATRIBUTO-VALOR PUEDEN GANAR O PERDER PARES ATRIBUTO-VALOR.

LOS OBJETOS EN LA MEMORIA DE TRABAJO PUEDEN SER CREADOS, MODIFICADOS O BORRADOS POR UNA VARIEDAD DE RAZONES. LA CREACIÓN DE LOS ELEMENTOS EN LA MEMORIA DE TRABAJO QUE REPRESENTAN HECHOS, USUALMENTE SIGUEN A INFERENCIA MÁS GRANDE, MIENTRAS QUE LA MODIFICACIÓN DE ARGUMENTOS CORRIGE AL CONOCIMIENTO EXISTENTE NO RELEVANTE. ENTRE LAS CAUSAS PARA BORRAR UN HECHO ESTÁ INCLUIDA LA PROPUESTA DE OLVIDARLO (CUANDO UN HECHO ES DEMASIADO VIEJO PARA SER DE INTERÉS), SU PERTENENCIA A UN CONJUNTO IRRELEVANTE (SI UN HECHO FUE EL RESULTADO DE UN ESTADO INTERMEDIO) Y SU REDUNDANCIA (CUANDO UN HECHO CONTIENE TODA LA INFORMACIÓN QUE EL HECHO ACTUAL REALIZA, ASÍ EL HECHO ANTERIOR ES AHORA SUPERFLUO).

4.3 MEMORIA DE PRODUCCIÓN

LAS REGLAS O PRODUCCIONES EN LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS TIENEN LA FORMA <ANTECEDENTE> ----> <CONSECUENTE>, DONDE EL ANTECEDENTE ES UNA DESCRIPCIÓN PARCIAL DE LOS ELEMENTOS DE LA MEMORIA DE TRABAJO Y EL CONSECUENTE ES UNA O MÁS ACCIONES PARA SER TOMADAS SI EL ANTECEDENTE APAREC A LA MEMORIA DE TRABAJO. LAS REGLAS SON REPRESENTADAS MEDIANTE LA NOTACIÓN BNF DE LA FORMA SIGUIENTE:

```
<REGLA> ::= P: <NOMBRE-REGLA> <ANTECEDENTE> ----> <CONSECUENTE>
<ANTECEDENTE> ::= { <CONDICIÓN> }+
<CONDICIÓN> ::= <PATRÓN>
<PATRÓN> ::= <OBJETO> { ^ <ATRIBUTO> <VALOR> }+
<CONSECUENTE> ::= { <ACCIÓN> }+
<ACCIÓN> ::= ( <MAKE> <OBJETO> { ^ <ATRIBUTO> <VALOR> }+ ) |
              ( <MODIFY> <NÚMERO-PATRÓN> { ^ <ATRIBUTO> <VALOR> }+ ) |
              ( <REMOVE> <NÚMERO-PATRÓN> ) |
              ( <WRITE> { <VALOR> }+ )
<MAKE> ::= MAKE <RTRN>
```

<RTRN> ::= {RETORNO DE CARRO}

<OBJETO> ::= <IDENTIFICADOR>

<ATRIBUTO> ::= <IDENTIFICADOR>

<VALOR> ::= <IDENTIFICADOR> | {<NÚMERO>}+

<IDENTIFICADOR> ::= {<ALFANUMÉRICO>}+

<ALFANUMÉRICO> ::= <LETRA><SEC-SIMB> | <ENTERO><SEC-SIMB> |
<ESPECIAL><SEC-SIMB>

<SEC-SIMB> ::= <LETRA><SEC-SIMB> | <ENTERO><SEC-SIMB> |
<ESPECIAL><SEC-SIMB> | Ø

<NÚMERO> ::= <REAL> | <ENTERO>

<NÚMERO-PATRÓN> ::= <ENTERO>

<ALFANUMÉRICO> ::= <LETRA> | <ENTERO> | <ESPECIAL>

<ENTERO> ::= 1|2|3|...|9|0

<REAL> ::= {CONJUNTO DE LOS NÚMEROS REALES}

<LETRA> ::= A|B|C|...|Z

<ESPECIAL> ::= +|-|*|,|&|/|\|'|#|@|.|;|\$|
_|!|?|<|>|'|(|)|{|}|}|

LOS VALORES EN LOS ANTECEDENTES Y CONSECUENTES PUEDEN SER SÍMBOLOS O VARIABLES. EN LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN UNA VARIABLE ES UN IDENTIFICADOR QUE PUEDE COMENZAR CON ">" O "<" V. GR. >NOMBRE O <NOMBRE.

SE UTILIZA ">" CUANDO A LA VARIABLE SE LE ASIGNA SU VALOR Y SÓLO EN LOS ANTECEDENTES. EL SÍMBOLO "<" SE UTILIZA PARA DENOTAR A UNA VARIABLE YA ASIGNADA, Y SE PUEDE USAR TANTO EN LOS ANTECEDENTES COMO EN LOS CONSECUENTES V.GR.

P IDENTIFICA-14

:

ANIMAL ^NOMBRE >IND ^ES AVE

ANIMAL ^NOMBRE <IND ^NO-PUEDE VOLAR

ANIMAL ^NOMBRE <IND ^COLOR BLANCO-Y-NEGRO

ANIMAL ^NOMBRE <IND ^PUEDE NADAR

-->

MAKE

ANIMAL ^NOMBRE <IND ^ES PINGUINO

LA REGLA ARRIBA DESCRITA ES UNA REGLA CON SINTAXIS PROPIA DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN.

EL INTÉRPRETE DETERMINA SI UN PATRÓN APAREA A UN DATO COMPARANDO LOS SUBELEMENTOS DEL PATRÓN CON LOS SUBELEMENTOS CORRESPONDIENTES DEL DATO. TODOS LOS SUBELEMENTOS DE LA CONDICIÓN DEBEN APAREAR A LOS CORRESPONDIENTES SUBELEMENTOS DEL DATO, DE ACUERDO CON LAS SIGUIENTES REGLAS: (1) UN SÍMBOLO CONSTANTE SÓLO APAREA A UNA CONSTANTE IGUAL. (2)

UNA VARIABLE APAREA CUALQUIER SÍMBOLO, PERO SI UNA VARIABLE OCURRE VARIAS VECES EN UN ANTECEDENTE, TODAS LAS VECES QUE OCURRA LA MISMA VARIABLE DEBE APAREAR EL MISMO VALOR.

SE DICE QUE UNA VARIABLE CONTIENE A UN ELEMENTO SI LO APAREA. ASÍ POR EJEMPLO, EL PATRÓN

```
MATERIAL ^CLASE ACIDO ^NOMBRE >MAT
```

DEBERÁ APAREAR AL ELEMENTO

```
MATERIAL ^NOMBRE H2SO4 ^COLOR INCOLORO ^CLASE ACIDO
```

CORRESPONDIENDO MAT A H2SO4. (NOTE QUE NO ES NECESARIO QUE EL PATRÓN DESCRIBA TODOS LOS ATRIBUTOS DEL DATO.)

LOS TIPOS DE ACCIÓN DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN SON MAKE, REMOVE, MODIFY Y WRITE.

MAKE CREA Y ADICIONA UN NUEVO ELEMENTO A LA MEMORIA DE TRABAJO. U.GR.

MAKE

```
MATERIAL ^NOMBRE H2SO4 ^COLOR INCOLORO ^CLASE ACIDO
```

DEBERÁ ADICIONAR A LA MEMORIA DE TRABAJO

MATERIAL ^NOMBRE H2SO4 ^COLOR INCOLORO ^CLASE ACIDO

REMOVE BORRA UN ELEMENTO DE LA MEMORIA DE TRABAJO. LA ACCIÓN

REMOVE 1

DEBERÁ BORRAR EL ELEMENTO APAREADO POR LA PRIMERA CONDICIÓN DEL ANTECEDENTE.

MODIFY CAMBIA UN SUBELEMENTO DE UN ELEMENTO EXISTENTE. LA ACCIÓN

MODIFY 1 ^ESTADO PENDIENTE

DEBERÁ CAMBIAR

META ^ESTADO ACTIVO ^NECESITA PROCESO

A

META ^ESTADO PENDIENTE ^NECESITA PROCESO

WRITE DESPLIEGA INFORMACIÓN EN LA TERMINAL DEL USUARIO. LA ACCIÓN

WRITE ¡CUÁL ES EL NUEVO COLOR DEL ¡(INDI?¡

DEBERÁ COMENZAR UNA LÍNEA DESPLEGANDO EL TEXTO ENTRE "¡" Y EL VALOR DE LA VARIABLE IND; SI IND= ACIDO ENTONCES EL DESPLEGADO SERÁ:

PROMPT>> CUÁL ES EL NUEVO COLOR DEL ACIDO ?

A CONTINUACIÓN SE MUESTRA EL FORMATO DE UNA REGLA TÍPICA DE PRODUCCIÓN. ESTA REGLA ES USADA PARA COORDINAR LA ACTIVIDAD DEL SISTEMA COMO UN TODO. LA REGLA ESCENCIALMENTE DICE QUE SI EL SISTEMA TRATA DE COORDINAR SUS ACTIVIDADES Y NO HA DECIDIDO EL MEJOR ORDEN PARA SUS SUBTAREAS, ENTONCES DEBERÁ DETERMINAR EL ORDEN.

P COORDINACION

:

META ^NOMBRE COORDINACION ^ESTADO ACTIVO

META ^NOMBRE ORDENAR-TAREAS ^ESTADO NO-COMENZADO

--->

MODIFY 2 ^ESTADO ACTIVO

MODIFY 1 ^ESTADO PENDIENTE

4.4 CONTROL DE INFERENCIA

EL INTÉRPRETE DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN EJECUTA LAS SIGUIENTES OPERACIONES:

1. DETERMINA CUÁLES DE LAS REGLAS TIENEN SATISFECHOS SUS ANTECEDENTES. (ESTE PASO ES LLAMADO "APAREO").
2. SELECCIONA UNA REGLA CON SUS ANTECEDENTES SATISFECHOS. SI NINGUNA REGLA TIENE SATISFECHOS SUS ANTECEDENTES, DETIENE LA EJECUCIÓN. (ESTE PASO ES LLAMADO "RESOLUCIÓN DE CONFLICTO").
3. REALIZA LAS ACCIONES DE LA REGLA SELECCIONADA. (ESTE PASO ES LLAMADO "ACTO").
4. REGRESA AL PRIMER PASO.

ESTA ESTRUCTURA DE CONTROL PUEDE SER PENSADA COMO LAS SECUENCIAS DE ACCIONES QUE EL USUARIO LLENA A DESEO MEDIANTE LA MEMORIA DE PRODUCCIÓN, PARA QUE EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN SÍ MISMO DETERMINE QUÉ CONTROL Y ESTRATEGIAS SERÁN USADAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA.

EL CONTROL EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN PUEDE SER IMPLEMENTADO USANDO OBJETOS EXPLÍCITOS, I.E. ELEMENTOS EN LA MEMORIA DE TRABAJO QUE DESIGNEN ESTADOS DESEADOS. TODA REGLA EN EL SISTEMA CONTIENE UN PATRÓN PARA APAREAR A UNA CLASE PARTICULAR DE META, Y POR LO TANTO CADA REGLA DISPARA SÓLO CUANDO LAS METAS DE ESE TIPO SE ENCUENTRAN EN LA MEMORIA DE TRABAJO. V. GR. EL PRIMER PATRÓN EN LA REGLA "P COORDINACION" MUESTRA APAREO DE LA META DEL TIPO COORDINACION Y LA REGLA ENTONCES SE EJECUTA SÓLO CUANDO UNA META ACTIVA DE ESTE TIPO ESTÁ EN LA MEMORIA DE TRABAJO. UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ES CAPAZ DE DIRECCIONAR SU PROCESO PONIENDO METAS DENTRO DE LA MEMORIA DE TRABAJO Y QUITÁNDOLAS CUANDO SEA APROPIADO PARA LA ESTRATEGIA QUE SERÁ USADA. V. GR. LA REGLA "P COORDINACION" PRODUCE EL SISTEMA PARA ATENDER A UNA NUEVA TAREA-GENERADORA COMO UNA SECUENCIA PREDETERMINADA PARA SER PROCESADA MÁS TARDE, PONIENDO LA META ORDENAR-TAREAS DENTRO DE LA MEMORIA DE TRABAJO Y HACIÉNDOLA ACTIVA.

AUNQUE LAS REGLAS PUEDEN SER ESCRITAS PARA HACER TODO EL PROCESAMIENTO DE METAS NECESARIO PARA IMPLEMENTAR CUALQUIER ESTRATEGIA DE CONTROL, SE HA ENCONTRADO CONVENIENTE EL PROVEER AL INTÉRPRETE CON LA CAPACIDAD DE HACER PARTE DE ESTE PROCESO AUTOMÁTICAMENTE. ÉSTA ES UNA DE LAS RAZONES DE SER DE LA "RESOLUCIÓN DE CONFLICTO". ENTRE LAS FUNCIONES DE LA RESOLUCIÓN DE CONFLICTO ESTÁ CONTEMPLADO QUE LAS SUBMETAS SEAN PROCESADAS ANTES QUE LAS SUPERMETAS, PERMITIENDO AL

SISTEMA CONOCER CUÁNDO TIENE QUE TERMINAR DE PROCESAR UNA META PARTICULAR Y DE ESTA MANERA PREVENIR CIERTA CLASE DE CICLOS ITERATIVOS.

EN TODA PROPUESTA GENERAL DE LENGUAJES DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, EL APAREO DE PATRONES VS. DATOS ES CRUCIAL Y AFECTA TODOS LOS ASPECTOS DEL DISEÑO, DESDE LA ESTRUCTURA DE CONTROL HASTA LA REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS. SI BIEN LA REPRESENTACIÓN DE OBJETOS, EN EL MODELO DE WINSTON Y HORN [WINS84-B] ES UNA FORMA SEMEJANTE AL LENGUAJE NATURAL, LA REPRESENTACIÓN QUE OFRECE OPS5 [BROW85] ES MÁS RESTRINGIDA AL RESPECTO, PERO OFRECE MAYOR PODER DEFINICIONAL DE LOS OBJETOS A REPRESENTAR COMO RELACIONES DE ATRIBUTO-VALOR.

PARA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN, LA RESOLUCIÓN DE CONFLICTO REALIZA DOS FUNCIONES. PRIMERO DETERMINA SI LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DEBERÍA PARAR Y SI NO, ELIGE UNA REGLA PARA SER EJECUTADA EN LA PARTE DE "ACTUAR". ESTA FUNCIÓN SE REALIZA APLICANDO SEIS REGLAS EN ORDEN LLAMADAS REGLAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTO O METARREGLAS Y QUE SON:

- I) DETIENE EL PROGRAMA SI NO HAY REGLAS APAREADAS.
- II) NO CONSIDERA LAS REGLAS QUE SE HAN EJECUTADO PREVIAMENTE CON LOS MISMOS APAREOS.

- II) ORDENA LAS REGLAS BASÁNDOSE EN EL ELEMENTO MÁS RECIENTE DE LA MEMORIA DE TRABAJO QUE APAREE AL PRIMER ELEMENTO DE CONDICIÓN DE LA REGLA.
- IV) EN ESTA IMPLANTACIÓN SE CONSIDERAN LAS REGLAS EN PARES. SI AMBAS REGLAS SON IGUALMENTE RECIENTES PARA III), ELIGE LA REGLA QUE APAREE AL OBJETO MÁS RECIENTE PARA TODA LA REGLA.
- V) SI MÁS DE UNA REGLA PERMANECE DESPUES DE APLICAR LA METARREGLA IV), SE HACE UNA SELECCIÓN ARBITRARIA DE UNA REGLA A EJECUTAR DE ENTRE LAS QUE ESTÁN COMPTTIENDO.

ESTAS METARREGLAS ESTÁN BASADAS EN LA ESTRATEGIA DE SELECCIÓN MEA ("MEANS-ENDS ANALYSIS"), SEGÚN LA ESPECIFICACIÓN DE OPSS [BROW85], PARA EL TRATAMIENTO DEL CONJUNTO EN CONFLICTO. ESTA ESTRATEGIA ES TOMADA POR OPSS PARA FACILITAR EL ORDEN EN EL MANEJO DE SUBMETAS. VER FIG. 4.2.

--- FLUJO DE DATOS
 === FLUJO DE CONTROL

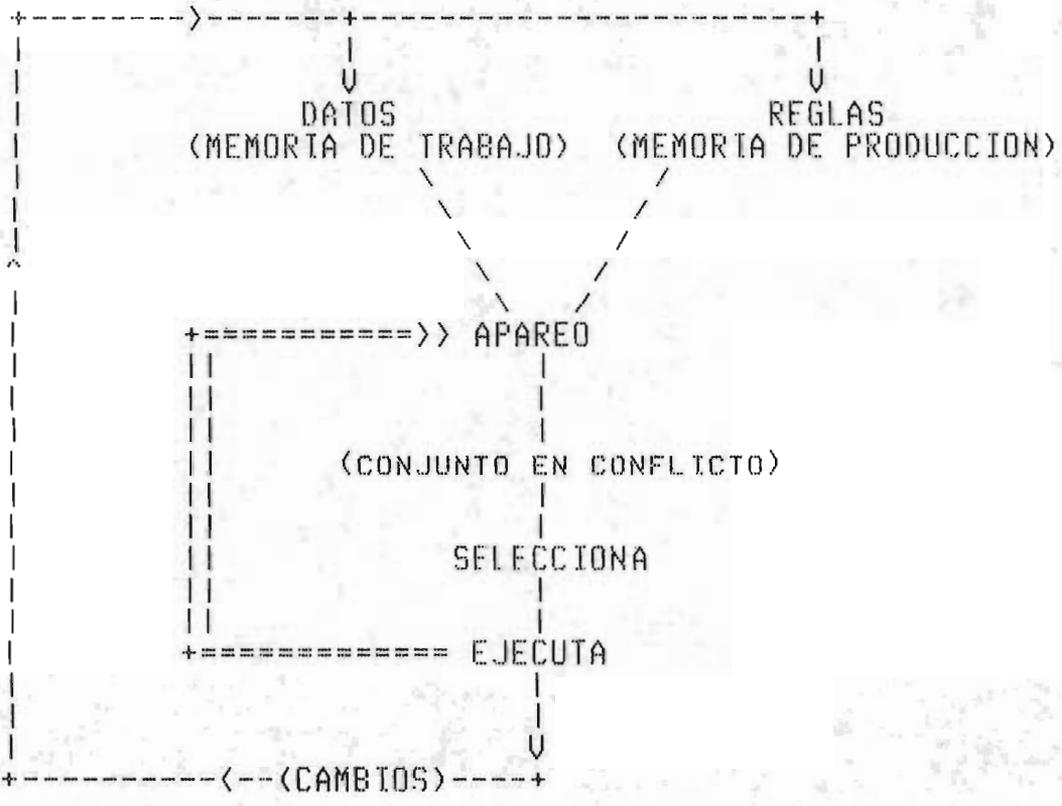


FIG. 4.2 CONTROL DE LA MAQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCION

SI EL PRIMER ELEMENTO DE CONDICIÓN DE UNA REGLA ES SIEMPRE UN ELEMENTO META, ENTONCES ES MÁS FÁCIL EVITAR QUE EL SISTEMA SEA DISTRAIDO POR UN ELEMENTO DE LA MEMORIA DE TRABAJO MÁS RECIENTE QUE NO SEA ESA META, I.E. AL COMPARAR AL PRIMER ELEMENTO DE CONDICIÓN LO QUE EN VERDAD SE HACE ES COMPARAR QUE LA META SEA LA ACTUAL Y NO OTRA.

4.5 FACILIDADES DEL INTÉRPRETE

LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN TIENE UN INTÉRPRETE INDEPENDIENTE DE SU CICLO DE CONTROL. ESTE INTÉRPRETE PERMITE REALIZAR CIERTOS COMANDOS PARA EXAMINAR LOS ESTADOS DEL SISTEMA, MODIFICAR LA MEMORIA DE TRABAJO Y CARGAR ARCHIVOS EXTERNOS. ESTE ÚLTIMO CONJUNTO DE COMANDOS NOS FACILITA EL MODO DE ACCESO PARA TRABAJAR CON DISTINTAS BASES DE CONOCIMIENTO (MEMORIAS DE PRODUCCIÓN) Y/O DISTINTOS CONJUNTOS DE DATOS INICIALES (MEMORIAS DE TRABAJO); BRINDANDONOS DE ESTA FORMA UNA MAYOR COMODIDAD PARA TRABAJAR.

EL INTÉRPRETE DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN PERMITE RASTREAR CORRIDAS. SE PUEDEN EXAMINAR ALGUNOS ESTADOS DEL SISTEMA COMO LAS REGLAS APAREADAS, LAS REGLAS DISPARADAS, LOS ELEMENTOS MÁS RECIENTES APAREADOS PARA TODA LA REGLA, ASÍ COMO PARA EL PRIMER PATRÓN DEL ANTECEDENTE. PARA LA MEMORIA DE TRABAJO SE PUEDE CAMBIAR, AGREGAR O BORRAR ELEMENTOS; CARGAR DIFERENTES ARCHIVOS CON CONDICIONES INICIALES Y MOSTRAR EL ESTADO DE LA MEMORIA DE TRABAJO, ANTES Y DESPUÉS DE CADA CORRIDA.

LAS FACILIDADES QUE PRESENTA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN PARA CREAR UN "AMBIENTE" MÁS PRÁCTICO SE VE REFORZADO CON UN MÓDULO DE AYUDA, QUE DESCRIBE LA SINTAXIS DE LOS COMANDOS PERMITIDOS (VER APÉNDICE B).

- 5 CRITERIOS DE ANÁLISIS
- 5.1 FACILIDAD DE REPRESENTACIÓN
- 5.2 ESPECTRO DE APLICACIÓN
- 5.3 RENDIMIENTO
- 5.4 EL CASO TRIVIAL DE LA ZOOLOGÍA

CRITERIOS DE ANÁLISIS

ESTE CAPÍTULO CONSIDERA EL CONJUNTO DE CRITERIOS EN LOS CUALES SE SUSTENTARÁ EL ANÁLISIS COMPARATIVO DESCRITO EN EL SIGUIENTE CAPÍTULO, HACIENDO ÉNFASIS EN LAS AFINIDADES Y DIFERENCIAS DE LAS DOS IMPLEMENTACIONES DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS, ASÍ COMO EN LA IMPORTANCIA DE TAL COMPARACIÓN. FINALMENTE SE PRESENTA LA APLICACIÓN ELEGIDA PARA LA COMPARACIÓN.

LA EVALUACIÓN DE SISTEMAS EXPERTOS ES UN TÓPICO QUE HA SIDO MÍNIMAMENTE CONSIDERADO; SIN EMBARGO, DICHA EVALUACIÓN, YA SEA FORMAL O INFORMAL, ES UN ELEMENTO IMPORTANTE EN EL DESARROLLO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS. LA EVALUACIÓN PERMITE UN PROCESO DE RETROALIMENTACIÓN, EN EL CUAL LOS RESULTADOS SIRVEN COMO BASE PARA REFINAMIENTOS ITERATIVOS DE UN SISTEMA EXPERTO.

LA EVALUACIÓN POR PARTE DE LOS EXPERTOS AYUDA A DETERMINAR QUÉ TAN EXACTO ES EL CONOCIMIENTO CONTENIDO EN EL SISTEMA, ASÍ COMO LAS RECOMENDACIONES O CONCLUSIONES QUE EL SISTEMA PUEDE OFRECER. LA EVALUACIÓN POR PARTE DE LOS USUARIOS DETERMINA LA UTILIDAD DEL SISTEMA, SI PRODUCE RESULTADOS ÚTILES, SU FACILIDAD PARA LA INTERACCIÓN, LA CLARIDAD Y VEROSIMILITUD DE SUS RESULTADOS, SU EFICIENCIA Y VELOCIDAD, ASÍ COMO SU CONFIABILIDAD [GASC83].

LAS EVALUACIONES Y COMPARACIONES SON DE GRAN AYUDA PARA DETERMINAR SI UN SISTEMA EXPERTO CUMPLE LAS METAS Y REQUERIMIENTOS ORIGINALES, AÚN CUANDO NO HAY UNA METODOLOGÍA BIEN DEFINIDA AL RESPECTO, PUESTO QUE HACER UNA EVALUACIÓN O COMPARACIÓN SIGUE SIENDO UN ARTE MÁS QUE UNA CIENCIA [GASC83].

LAS EVALUACIONES TRADICIONALES DE SOFTWARE SE ORIENTAN AL CONTROL DE CALIDAD, PARA DETERMINAR QUÉ TAN CORRECTO, COMPLETO, CONFIABLE, EFICIENTE, SEGURO, DE FÁCIL USO, MANTENIBLE, PROBABLE, FLEXIBLE, TRANSPORTABLE, GENERAL, ÍNTEGRO, CLARO Y ECONÓMICO ES UN SISTEMA DE PROGRAMACIÓN [GONZ86].

LA EVALUACIÓN QUE NOSOTROS HAREMOS ESTARÁ MÁS ORIENTADA A ESTABLECER UNA COMPARACIÓN DE DOS PRODUCTOS EXISTENTES PARA DETERMINAR, POR EJEMPLO, CUÁL ES MÁS ACCESIBLE A UN USUARIO; EN CUÁL ES MÁS FÁCIL CREAR UNA BASE DE CONOCIMIENTOS Y DE QUÉ TIPO; QUÉ MECANISMOS DE INFERENCIA SON MÁS APROPIADOS.

LAS DOS IMPLANTACIONES DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS -RED ASOCIATIVA Y SISTEMA DE PRODUCCIÓN- SERÁN EVALUADAS MEDIANTE UN ANÁLISIS COMPARATIVO QUE COADYUVARÁ PARA EJEMPLIFICARLAS MEJOR.

PARA REALIZAR LA COMPARACIÓN DE DICHAS IMPLANTACIONES, ES NECESARIO UN CONJUNTO DE CRITERIOS A UTILIZAR. DICHOS CRITERIOS ESTARÁN SUSTENTADOS EN UN MODELO CUALITATIVO-CUANTITATIVO BASADO EN EL PARADIGMA EXPRESADO POR KARNA EN [KARN85] CON ADECUACIONES A NUESTRO PROBLEMA PARTICULAR. LOS CRITERIOS A CONSIDERAR SERÁN:

- FACILIDAD DE REPRESENTACIÓN.
- ESPECTRO DE APLICACIÓN.
- RENDIMIENTO.

ESTOS CRITERIOS, SUS ATRIBUTOS Y EXPLICACIÓN SERÁN PRESENTADOS EN LAS SIGUIENTES SECCIONES DE ESTE CAPÍTULO. CON ESTOS SE DEFINIRÁ LA INFRAESTRUCTURA PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS EN EL CAPÍTULO SEIS. EN DICHO CAPÍTULO SE DESCRIBIRÁN LOS CRITERIOS EN UNA FORMA CUALITATIVA Y CUANTITATIVA PARA AYUDAR A UNA MEJOR EJEMPLIFICACIÓN DE LAS DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS CONSIDERADAS EN ESTE TRABAJO.

5.1 FACILIDAD DE REPRESENTACIÓN

EN ESTE PUNTO SE CONSIDERARÁ LA FACILIDAD DE CREACIÓN DE UNA BASE DE CONOCIMIENTO, I.E. EL TRABAJO IMPLICADO PARA DESARROLLAR UNA BASE DE CONOCIMIENTO EN LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN Y PLASMAR EL MISMO CONOCIMIENTO PARA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE LA RED SEMÁNTICA. ESTE ATRIBUTO RESULTA RELEVANTE PUESTO QUE REPRESENTA CON FIDELIDAD EL CRITERIO EN CUESTIÓN -FACILIDAD DE REPRESENTACIÓN- Y AYUDA AL USUARIO A PONDERAR LAS DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS.

EL SEGUNDO ATRIBUTO A CONSIDERAR REFLEJARÁ QUÉ TAN COMPLETO ES EL CONOCIMIENTO QUE MANEJARÁ CADA MÁQUINA DE INFERENCIAS. ESTE ATRIBUTO LO DENOMINEREMOS INTEGRIDAD Y TIENE DOS SUBDIVISIONES: 1) CARACTERÍSTICAS DESEABLES Y 2) VENTAJAS DE REPRESENTACIÓN. LAS CARACTERÍSTICAS DESEABLES ESTÁN CONFORMADAS POR :

- MODULARIDAD DEL CONOCIMIENTO.
- FLEXIBILIDAD DE LA BASE DE CONOCIMIENTO.

- REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO HEURÍSTICO.
- MANEJO DE INCERTIDUMBRE.

UNA CARACTERÍSTICA QUE ES FRECUENTEMENTE USADA PARA COMPARAR LA REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO ES LA MODULARIDAD. LA MODULARIDAD SE REFIERE AL SIGNIFICADO DE LAS ESTRUCTURAS DE LA BASE DE CONOCIMIENTO INDEPENDIEMENTE DEL CONTEXTO EN EL CUÁL EL CONOCIMIENTO SE USE O DE LA INTERACCIÓN DE DICHAS ESTRUCTURAS. LA FLEXIBILIDAD DE LA BASE DE CONOCIMIENTO TRATA LO RELACIONADO A LA FACILIDAD DE ADICIONAR O MODIFICAR EL CONOCIMIENTO YA EXISTENTE. EL CONOCIMIENTO HEURÍSTICO ES DE SUMA IMPORTANCIA DENTRO DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS, PUESTO QUE ES EL QUE MANEJA DIRECTAMENTE AL PROCESO INFERENCIAL. SIN TAL CONOCIMIENTO HEURÍSTICO LA INFERENCIA NO TENDRÍA TANTO PODER, O HABRÍA UNA EXPLOSIÓN COMBINATORIA DE INFERENCIAS. EL CONOCIMIENTO HEURÍSTICO ES EL QUE DETERMINA EL "ESTILO" DE INFERIR PARA UNA MÁQUINA DE INFERENCIAS. EL MANEJO DE INCERTIDUMBRE ES OTRA CARACTERÍSTICA DESEABLE PARA UNA MÁQUINA DE INFERENCIAS. CUANDO EL CRITERIO DEL EXPERTO HUMANO SUELE SER INCOMPLETO, Y LAS EVIDENCIAS DISPONIBLES PARA LA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA NO SON DEL TODO CLARAS, LA TÉCNICA MÁS VIABLE DE SOLUCIÓN DESARROLLADA POR LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL ES EL FACTOR DE CERTIDUMBRE. ESTE FACTOR DE CERTIDUMBRE INDICA EL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS DATOS AL TRABAJAR CON CONOCIMIENTO IMPRECISO O

INCOMPLETO. LA MÁQUINA DE INFERENCIAS PUEDE ENTONCES PROPAGAR CERTEZA ACERCA DE LAS INFERENCIAS, JUNTO CON LOS RESULTADOS DE DICHAS INFERENCIAS.

LAS VENTAJAS DE REPRESENTACIÓN SON AQUELLAS CARACTERÍSTICAS DE REPRESENTACIÓN O ESTRUCTURAS DEL CONOCIMIENTO INTRÍNSECAS A CADA MÁQUINA DE INFERENCIAS. DICHAS VENTAJAS SON REPRESENTATIVAS DE LAS CARACTERÍSTICAS QUE SE DESEAN EVALUAR.

EL TERCER ATRIBUTO PARA LA FACILIDAD DE REPRESENTACIÓN ES LA CLARIDAD DEL CONOCIMIENTO REPRESENTADO. ESTE PUNTO ES IMPORTANTE PARA EL USUARIO, PUESTO QUE REFLEJA LA CLARIDAD DEL CONOCIMIENTO USADO POR LA MÁQUINA DE INFERENCIAS EN CUESTIÓN, SIN NECESIDAD DE TENER CONOCIMIENTOS PROFUNDOS DE LA ESTRUCTURA DE REPRESENTACIÓN UTILIZADA.

EL CUARTO Y ÚLTIMO ATRIBUTO CORRESPONDE A LAS ESTRATEGIAS DE RAZONAMIENTO. ESTE ATRIBUTO REVISTE ESPECIAL IMPORTANCIA, PUES EN EL SE SUSTENTA LA ORGANIZACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y CONTROL DEL MÉTODO DE SOLUCIÓN QUE UTILIZA CUALQUIER MÁQUINA DE INFERENCIAS. EL MÉTODO DE SOLUCIÓN INVOLUCRA LA BÚSQUEDA PARA UNA SOLUCIÓN A TRAVÉS DE UN ESPACIO DE ESTADO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE OPERADORES, DONDE EL ESPACIO DE ESTADO (EL POSIBLE ESTADO EN LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA) CONSISTE EN UN ESTADO INICIAL, UN ESTADO META Y ESTADOS INTERMEDIOS.

5.2 ESPECTRO DE APLICACIÓN

EN ESTE CRITERIO SE ANALIZARÁ QUÉ MÁQUINA DE INFERENCIAS SE ADAPTA MEJOR A QUÉ TIPO DE PROBLEMA. TANTO LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA COMO LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN SERÁN ANALIZADAS POR SEPARADO, DENTRO DE LAS APLICACIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS. ESTAS APLICACIONES FUERON TRATADAS EN LA INTRODUCCIÓN, PERO SERÁN DESCRITAS CON MAYOR DETALLE EN ESTE PUNTO.

LAS APLICACIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS APARECEN EN MUCHAS DISCIPLINAS. SIN EMBARGO NO TODAS LAS TAREAS SON RECOMENDABLES PARA LA FORMULACIÓN DE SISTEMAS EXPERTOS. LA SIGUIENTE LISTA ES UNA LISTA PARCIAL DE CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE POSIBLES APLICACIONES POTENCIALES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS [HAYE83]:

- HAY EXPERTOS RECONOCIDOS EN EL CAMPO, LOS CUALES REALIZAN SU TRABAJO MEJOR QUE LOS NOVICIOS.

- LO REFERENTE AL DOMINIO DEL CONOCIMIENTO ES ENSEÑADO MEDIANTE LA PRÁCTICA A LOS NEÓFITOS, QUIENES LLEGAN A CONVERTIRSE EN EXPERTOS POR MEDIO DE SUS PROPIAS REGLAS Y CONOCIMIENTOS EMPÍRICOS.
- TRABAJOS TÍPICOS SON REALIZADOS POR UN EXPERTO EN POCOS MINUTOS EN LUGAR DE VARIAS HORAS.
- LOS TRABAJOS QUE SON ESENCIALMENTE DE CONOCIMIENTO, REQUIEREN DE UN RAZONAMIENTO EN MÚLTIPLES NIVELES DE ABSTRACCIÓN.
- LAS SOLUCIONES ALGORÍTMICAS SON IMPRÁCTICAS, O RESULTAN EXCESIVAMENTE FORZADAS, O REQUIEREN DE PROGRAMAS MUY ESPECIALIZADOS.
- EXISTEN BENEFICIOS SUBSTANCIALES AL APLICAR EL CONOCIMIENTO DE UN EXPERTO A CADA UNA DE LAS TAREAS.

UN SISTEMA RESULTANTE DEBERÁ TENER LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS:

- UTILIDAD. EL SISTEMA EXPERTO DEBE SER CAPAZ DE REALIZAR FUNCIONES ÚTILES. LA UTILIDAD DEPENDE DEL DOMINIO Y TAREA PARA LA CUAL EL SISTEMA EXPERTO ESTÁ DESARROLLADO.
- DESEMPEÑO. EL SISTEMA EXPERTO DEBE TENER UN ALTO NIVEL DE FUNCIONAMIENTO, CONFIABILIDAD Y EXACTITUD SOBRE UN RANGO DE CASOS DE APLICACIÓN. ESTO REQUIERE QUE EL

SISTEMA EXPERTO TENGA CONOCIMIENTO ESPECIALIZADO, QUE SEPARA A LOS EXPERTOS HUMANOS DE LOS NOVICIOS.

- TRANSPARENCIA. UN SISTEMA EXPERTO ES TRANSPARENTE SI PUEDE SER ENTENDIDO POR LA GENTE QUE LO USA. PARA TENER ESTA CARACTERÍSTICA, EL SISTEMA EXPERTO DEBE SER CAPAZ DE EXPLICAR SUS ACCIONES Y RAZONAMIENTO AL USUARIO.

LAS TAREAS GENÉRICAS QUE EJECUTAN LOS SISTEMAS EXPERTOS [KANT84] SON:

- DERIVACIÓN.
- DIAGNOSIS.
- MONITOREO.
- PREDICCIÓN.
- DISEÑO.
- PLANEACIÓN.
- BUSQUEDA DE ERRORES ("DEBUGGING").
- REPARACIÓN.
- INSTRUCCIÓN.

- CONTROL.
- ANÁLISIS.
- APRENDIZAJE/DESCUBRIMIENTO/FORMACIÓN DE CONCEPTO..
- SIMULACIÓN.
- CONSULTORÍA.
- LENGUAJES Y HERRAMIENTAS PARA CONSTRUIR SISTEMAS..
- HERRAMIENTAS PARA LA ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTO..

5.3 RENDIMIENTO

EL CRITERIO DE RENDIMIENTO SE REFIERE A QUÉ MÁQUINA DE INFERENCIAS PUEDE SER MÁS EFICIENTE EN LA BÚSQUEDA DE UNA SOLUCIÓN. ESTE CRITERIO SE BASA EN TRES ATRIBUTOS:

- TIEMPO DE CPU.

- TIEMPO DE RESPUESTA.
- CONSUMO DE OTROS RECURSOS

LOS ATRIBUTOS DE TIEMPO DE CPU Y TIEMPO DE RESPUESTA REQUEREN DE UNA CONSIDERACIÓN ESPECIAL, PUESTO QUE LA VELOCIDAD DE EJECUCIÓN PARA CADA UNA DE LAS MÁQUINAS DE INFERENCIAS DEPENDE EN GRAN MEDIDA DE LA EFICIENCIA DE LA IMPLANTACIÓN, ES BASTANTE DIFÍCIL DECIR CUÁL ES LA MEJOR IMPLANTACIÓN, PUESTO QUE CADA MÁQUINA DE INFERENCIAS TIENE RASGOS QUE LA DISTINGUEN DE LA OTRA, Y PORQUE CADA IMPLANTACIÓN SE PUEDE MEJORAR. POR ESTO NO SE PUEDE HACER CONCLUSIONES DETERMINANTES ACERCA DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN VERSUS LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE LA RED ASOCIATIVA DIRECTAMENTE POR LA RAPIDEZ DEL TIEMPO DE CORRER ("RUN TIME"). PARA EL USUARIO TÍPICO, SIN EMBARGO, DICHA RAPIDEZ LE PROPORCIONA INFORMACIÓN BASTANTE ÚTIL. EL USUARIO PROMEDIO ES ÚNICAMENTE CAPAZ DE HACER SU "MEJOR ESFUERZO" PARA RESOLVER UN PROBLEMA. DICHO USUARIO NO TIENE NECESARIAMENTE LA INFORMACIÓN QUE EL DISEÑADOR DE LA MÁQUINA INFERENCIAL TENDRÍA PARA RESOLVER EL MISMO PROBLEMA Y PROBABLEMENTE NO SERÁ CAPAZ DE REPRESENTAR DICHO PROBLEMA TAN EFICIENTEMENTE COMO EL DISEÑADOR. CON ÉSTO EN MENTE, LA RAPIDEZ ESPERADA SERÁ UNA PRUEBA TÍPICA PARA RESOLVER EL PROBLEMA A COMPARAR [RILE86].

EL ATRIBUTO DE CONSUMO DE OTROS RECURSOS COMPRENDE LOS SIGUIENTES PUNTOS:

- MEMORIA PRINCIPAL.
- MEMORIA SECUNDARIA.
- NÚMERO DE OPERACIONES DE ENTRADA/SALIDA.

LA MEMORIA PRINCIPAL COMPRENDE LA CANTIDAD DE MEMORIA ASIGNADA A CADA MÁQUINA DE INFERENCIAS. LA MEMORIA SECUNDARIA SE REFIERE AL TAMAÑO DE LA BASE DE CONOCIMIENTO Y ARCHIVOS AFINES. EL NÚMERO DE OPERACIONES DE ENTRADA/SALIDA REFLEJA EL NÚMERO DE OPERACIONES, TANTO DIRECTAS COMO DE "BUFFER", DE ENTRADA/SALIDA REALIZADAS POR LA MÁQUINA DE INFERENCIAS EN TURNO.

.4 EL CASO TRIVIAL DE LA ZOOLOGÍA

DADO EL CASO EN ESTUDIO, SE HA ESCOGIDO EL CONNOTADO "MUNDO ANIMAL", PARA OBTENER CONSISTENCIA Y OBJETIVIDAD EN EL ANÁLISIS COMPARATIVO. NUESTRO PROBLEMA IMPLICA LA

IDENTIFICACIÓN DE ANIMALES A PARTIR DEL CONOCIMIENTO DE
ALGUNAS DE SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

EN UN CASO EL PROBLEMA SERÁ RESUELTO PROCESANDO REGLAS
IF-THEN O REGLAS DE PRODUCCIÓN; EN EL OTRO CASO, EL PROBLEMA
SERÁ RESUELTO PROCESANDO UNA RED SEMÁNTICA, QUE ES UNA
"TRADUCCIÓN" DE LAS REGLAS DE PRODUCCIÓN.

- 6 ANÁLISIS COMPARATIVO
- 6.1 FACILIDAD DE REPRESENTACIÓN
 - 6.1.1 FACILIDAD DE CREACIÓN
 - 6.1.2 INTEGRIDAD
 - 6.1.2.1 CARACTERÍSTICAS DESEABLES
 - 6.1.2.2 VENTAJAS DE REPRESENTACIÓN
 - 6.1.3 CLARIDAD
 - 6.1.4 ESTRATEGIAS DE RAZONAMIENTO
- 6.2 ESPECTRO DE APLICACIÓN
- 6.3 RENDIMIENTO

ANÁLISIS COMPARATIVO

EL ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN Y LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA ES MOSTRADO EN ESTE CAPÍTULO. LOS CRITERIOS DE TAL ANÁLISIS FUERON PRESENTADOS EN EL CAPÍTULO CINCO. CADA CRITERIO Y SUS ATRIBUTOS SE PRESENTAN DE MANERA CUALITATIVA Y CUANTITATIVA PARA TENER UNA MEJOR VISIÓN DE CADA MÁQUINA DE INFERENCIAS Y SUS ALCANCES.

EL CONOCIMIENTO DE UN DOMINIO PUEDE TOMAR MUCHAS FORMAS. EL TRABAJO DE LA REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL HA INVOLUCRADO EL DISEÑO DE VARIAS CLASES DE ESTRUCTURAS DE DATOS PARA GUARDAR INFORMACIÓN EN PROGRAMAS DE COMPUTADORA, ASÍ COMO EL DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS QUE PERMITEN UNA MANIPULACIÓN "INTELIGENTE" DE ESAS ESTRUCTURAS DE DATOS PARA REALIZAR INFERENCIAS [BARR81].

CUANDO EL CONOCIMIENTO ES CONSOLIDADO, FIJADO Y FORMALIZADO ES MÁS APROPIADO PARA RESOLVER UN TIPO DE PROBLEMA QUE OTRO. SIN EMBARGO, LA EFICIENCIA SERÁ DEPENDIENTE DE LA REPRESENTACIÓN DE DICHO CONOCIMIENTO EX PROFESO PARA SU MECANISMO DE INFERENCIA.

DOS COMENTARIOS ACERCA DEL ANÁLISIS COMPARATIVO: EL PRIMERO, PARA ESTABLECER QUE LA FINALIDAD DE ESTE ANÁLISIS COMPARATIVO NO ES MOSTRAR QUÉ MÁQUINA DE INFERENCIAS ES MEJOR, SINO PONDERAR CADA UNA PARA UN CASO ESPECÍFICO; SEGUNDO, LOS RESULTADOS AQUÍ PRESENTADOS NOS AUXILIAN A EJEMPLIFICAR CARACTERÍSTICAS COMPARTIDAS ASÍ COMO DIFERENCIAS DE LAS MÁQUINAS DE INFERENCIAS EN ESTUDIO QUE POSIBLEMENTE PUDIERAN RESULTAR OBVIAS A PRIORI, PERO UN TANTO LEJANAS Y NO DEL TODO CLARAS..

EN LAS SECCIONES SIGUIENTES SE PRESENTAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CRITERIOS DE FACILIDAD DE REPRESENTACIÓN, ESPECTRO DE APLICACIÓN Y RENDIMIENTO, ASÍ COMO SUS ATRIBUTOS CORRESPONDIENTES.

6.1 FACILIDAD DE REPRESENTACIÓN

LA CREACIÓN DE UNA BASE DE CONOCIMIENTOS ES EL PROBLEMA MEDULAR PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA EXPERTO. SU FACILIDAD DE CREACIÓN POR PARTE DEL USUARIO, LA INTEGRIDAD DE LA BASE DE CONOCIMIENTOS, SUS VENTAJAS DE REPRESENTACIÓN Y SU CLARIDAD SON ATRIBUTOS DEL CRITERIO DE ANÁLISIS EN CUESTIÓN -FACILIDAD DE REPRESENTACIÓN-. LAS ESTRATEGIAS DE RAZONAMIENTO PARA CADA MÁQUINA DE INFERENCIAS SON IGUALMENTE ATRIBUTOS REPRESENTATIVOS DE LA CARACTERÍSTICA QUE SE DESEA EVALUAR.

CADA UNO DE ESTOS ATRIBUTOS ES TRATADO EN LAS SIGUIENTES SUBSECCIONES. AL FINAL DE ELLAS SE MUESTRA LA TABLA 6.1 DONDE A CADA ATRIBUTO SE LE ASIGNA UN FACTOR DE IMPORTANCIA RELATIVA. FINALMENTE SE HACE UNA EVALUACIÓN PARA LAS DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS EN BASE A DICHO FACTOR DE IMPORTANCIA (TABLA 6.2). CABE SEÑALAR QUE DICHO FACTOR FUE DETERMINADO EMPÍRICAMENTE EN BASE A CONSIDERACIONES HECHAS A LO LARGO DE ESTA INVESTIGACIÓN.

6.1.1 FACILIDAD DE CREACIÓN

MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA

EL TRABAJO PARA LA CREACIÓN DE LA BASE DE CONOCIMIENTOS UTILIZADA POR LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA IMPLICA:

- CAPTURAR EL CONOCIMIENTO EN FORMA DE REGLAS DE PRODUCCIÓN.
- MAPEAR LAS REGLAS DE PRODUCCIÓN A UNA RED SEMÁNTICA.
- LIGAR LAS PREMISAS CON LAS CONCLUSIONES DE UNA REGLA Y ÉSTAS A SU VEZ CON PREMISAS DE OTRAS REGLAS, DETERMINANDO DE ESTA FORMA QUÉ REGLAS SERÁN HOJAS, RAÍCES O PARTE DEL ÁRBOL DE SOLUCIÓN. SE DEBE ASIGNAR A CADA PREMISA UNA PROPORCIÓN DE PARTICIPACIÓN PARA LA CONCLUSIÓN EN CUESTIÓN.

MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN

PARA ESTA MÁQUINA DE INFERENCIAS, EL CONOCIMIENTO ES CAPTADO DIRECTAMENTE EN FORMA DE REGLAS DE PRODUCCIÓN, DONDE SE DEBE TENER CUIDADO EN REPRESENTAR EL CONOCIMIENTO COMO UNA SECUENCIA DE OBJETOS Y PARES ATRIBUTO-VALOR.

6.1.2 INTEGRIDAD

LA INTEGRIDAD DE UNA BASE DE CONOCIMIENTO ES FACTOR IMPORTANTE PARA ANALIZAR UNA MÁQUINA DE INFERENCIAS. EL ATRIBUTO DE INTEGRIDAD LO HEMOS DIVIDIDO EN:

- CARACTERÍSTICAS DESEABLES Y
- VENTAJAS DE REPRESENTACIÓN.

Á SU VEZ, LAS CARACTERÍSTICAS DESEABLES LAS HEMOS SECCIONADO EN:

- MODULARIDAD DEL CONOCIMIENTO,
- FLEXIBILIDAD DE LA BASE DE CONOCIMIENTOS,
- REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO HEURÍSTICO Y
- MANEJO DE INCERTIDUMBRE.

ESTAS SUBDIVISIONES DEL ATRIBUTO INTEGRIDAD DE UNA BASE DE CONOCIMIENTOS SERÁN TRATADAS EN ORDEN PARA CADA MÁQUINA DE INFERENCIAS EN LOS PÁRRAFOS SIGUIENTES.

6.1.2.1 CARACTERÍSTICAS DESEABLES

MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA

SEGÚN [BARR81], SI SE PIENSA EN LAS ESTRUCTURAS DE DATOS EN UN PROGRAMA COMO PIEZAS DEL CONOCIMIENTO, ENTONCES ADICIONAR NUEVAS ESTRUCTURAS DE DATOS ES COMO ADICIONAR CONOCIMIENTO AL SISTEMA. LA MODULARIDAD SE REFIERE A LA HABILIDAD DE CREAR, MODIFICAR O BORRAR ESTRUCTURAS DE DATOS INDIVIDUALES, INDEPENDIENTEMENTE DEL RESTO DE LA BASE DE CONOCIMIENTOS.

BAJO ESTE PUNTO DE VISTA, PODEMOS DECIR QUE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA NO ES MODULAR.

LA FLEXIBILIDAD DE CONOCIMIENTO QUE MANEJA ESTA MÁQUINA ES LA INCORPORACIÓN DE UNA O VARIAS REGLAS QUE SE DESEAN INCLUIR EN LA RED SEMÁNTICA, DIRECTAMENTE EN EL PROCESO DE MAPEO DE REGLAS A RED, SIN TENER QUE CARGARLAS EN FORMA DE REGLAS DE PRODUCCIÓN CON ANTELACIÓN Y POSTERIORMENTE GENERAR UNA NUEVA RED QUE CONTENGA LA ADICIÓN DE LAS NUEVAS REGLAS.

EL CONOCIMIENTO HEURÍSTICO PARA ESTA MÁQUINA DE INFERENCIAS CONSISTE EN UNA BÚSQUEDA DE ANCHURA EN PRIMERA INSTANCIA, EN DONDE SE SELECCIONA LA RUTA DE MEJOR EVIDENCIA EN BASE A LAS PREMISAS VERDADERAS DADAS POR EL USUARIO EN FORMA DE CONDICIONES INICIALES O RESPUESTAS A PREGUNTAS

HECHAS POR LA MÁQUINA DE INFERENCIAS. UNA VEZ ESCOGIDA LA RUTA A SEGUIR, SE REALIZA UNA BÚSQUEDA DE PROFUNDIDAD, I.E. SE RECORRE TODA LA RUTA PARA TRATAR DE LLEGAR A UN NODO HOJA.

LA IMPLANTACIÓN DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA CONTEMPLA EL MANEJO DE INCERTIDUMBRE MEDIANTE UN COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD PARA CADA PREMISA, QUE SE REFLEJA EN EL CONSECUENTE DE CADA REGLA.

MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN

DE ACUERDO A LA DEFINICIÓN DE MODULARIDAD POR [BARRS1], LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN SI ES MODULAR.

LA FLEXIBILIDAD QUE OFRECE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN SE DEBE A LA FACILIDAD DE PODER AUMENTAR O CORREGIR DIRECTAMENTE LAS REGLAS, ACCESANDO SIMPLE Y LLANAMENTE LA MEMORIA DE PRODUCCIÓN.

ESTA MÁQUINA DE INFERENCIAS CONTIENE UN CONJUNTO DE METARREGLAS PARA LA RESOLUCIÓN DE CONFLICTO, EL CUAL ES PARTE ESCENCIAL PARA EL CICLO RECONOCE-ACTÚA. DICHO CICLO ES EL CONTROLADOR DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN.

LA IMPLANTACIÓN DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN NO CONTEMPLA EL MANEJO DE INCERTIDUMBRE.

6.1.2.2 VENTAJAS DE REPRESENTACIÓN

MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA

LAS PRINCIPALES VENTAJAS DE REPRESENTACIÓN EN LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA SON LOS OBJETOS, CONCEPTOS O SITUACIONES REPRESENTADAS POR NODOS Y LAS RELACIONES ESTÁTICAS ENTRE ELLOS POR MEDIO DE ARCOS O LIGAS. LA REPRESENTACIÓN DE DEMONIOS ES INCLUIDA EN ESTAS VENTAJAS, DE LA MISMA MANERA QUE LA HERENCIA DE VALORES PARA NODOS DIRECTAMENTE LIGADOS.

MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN

LAS MAYORES VENTAJAS DE REPRESENTACIÓN PARA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN ES QUE LAS CONDICIONES EN LAS CUALES CADA REGLA ES APLICABLE SON EXPLÍCITAS, REFUERZA LA REPRESENTACIÓN HOMOGÉNEA DEL CONOCIMIENTO Y PERMITE INTERACCIÓN NO PLANEADA PERO ÚTIL, NO SÓLO CUANDO EL PROGRAMADOR PREDICE QUE SERÁ ÚTIL.

6.1.3 CLARIDAD

EL ATRIBUTO DE CLARIDAD PARA EL CRITERIO DE FACILIDAD DE REPRESENTACIÓN DE UNA BASE DE CONOCIMIENTO ES RELEVANTE PARA EL USUARIO. DICHA CLARIDAD ES EVALUADA SIN RECURRIR AL CONOCIMIENTO DE LA GRAMÁTICA UTILIZADA Y POR SUPUESTO A SU FORMA MÁS PRIMITIVA, SIN FORMATEO DE IMPRESIÓN.

CONSIDERAMOS QUE LA BASE DE CONOCIMIENTO QUE UTILIZA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN, POR SER MODULAR Y NO RECURRIR A NINGÚN FORMATO DE IMPRESIÓN, ES MÁS CLARA PARA EL USUARIO QUE LA EMPLEADA POR LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA (VER APÉNDICE C).

6.1.4 ESTRATEGIAS DE RAZONAMIENTO

LA MÁQUINA DE INFERENCIAS ES EL MANEJADOR DEL SISTEMA EXPERTO. SU PROPÓSITO ES ORGANIZAR, CONSTRUIR Y CONTROLAR LAS POSIBLES ESTRATEGIAS DE RAZONAMIENTO. EL MODELO DE PROBLEMA-SOLUCIÓN Y SUS MÉTODOS DE SOLUCIÓN ORGANIZAN Y CONTROLAN LAS ETAPAS QUE SE VAN ORDENANDO PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.

UN MODELO PODEROSO Y COMÚN ES ENCADENAR LAS REGLAS PARA FORMAR ALGUNA ESTRATEGIA DE RAZONAMIENTO [CAST85].

SI EL ENCADENAMIENTO SE INICIA A PARTIR DE UN CONJUNTO DE CONDICIONES Y SE NUEVE HACIA ALGUNA CONCLUSIÓN, EL MÉTODO ES LLAMADO ENCADENAMIENTO HACIA DELANTE ("FORWARD CHAINING"). POR OTRO LADO, SI LA CONCLUSIÓN SE CONOCE, PERO LA TRAYECTORIA A LA CONCLUSIÓN ES DESCONOCIDA, ENTONCES TRABAJAMOS HACIA ATRÁS Y EL MÉTODO SE CONOCE COMO ENCADENAMIENTO HACIA ATRÁS ("BACKWARD CHAINING").

OTRO MODELO PODEROSO DE PROBLEMA-SOLUCIÓN ES EL RETROCESO ("BACKTRACKING"). EL RETROCESO ES USADO CUANDO SE DETERMINA QUE UN CAMINO DE SOLUCIÓN INFECTIBLE HA SIDO SEGUIDO. EL RETROCESO RETIRA O REVISA DECISIONES PREVIAS¹.

LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA UTILIZA LAS SIGUIENTES ESTRATEGIAS DE RAZONAMIENTO: ENCADENAMIENTO HACIA DELANTE, PARA EL RECORRIDO DE UNA RUTA Y RETROCESO CUANDO LA RUTA ELEGIDA EN PRIMERA INSTANCIA NO ES LA CORRECTA.

'FORWARD CHAINING', 'BACKWARD CHAINING' Y 'BACKTRACKING' NO FORMAN EL UNIVERSO DE ESTRATEGIAS DE RAZONAMIENTO, PERO SON LAS PERTINENTES AL CASO DE ESTUDIO. PARA MAYOR INFORMACIÓN VER [HEND85].

LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN
UTILIZA LAS SIGUIENTES ESTRATEGIAS DE RAZONAMIENTO:
ENCADENAMIENTO HACIA DELANTE, ENCADENAMIENTO HACIA ATRÁS,
DEPENDIENDO DE LA MEMORIA DE PRODUCCIÓN ÚNICAMENTE Y
RETROCESO EN LA RESOLUCIÓN DE CONFLICTO CUANDO LA REGLA
SELECCIONADA YA HA SIDO DISPARADA CON LOS MÍSMOS OBJETOS
APAREADOS.

TABLA 6.1
 ESCALA DE IMPORTANCIA RELATIVA

| FACTOR DE IMPORTANCIA RELATIVA | DEFINICION |
|--------------------------------|--|
| 0.3 | FACILIDAD DE CREACION |
| 0.3 | INTEGRIDAD |
| 0.2 | CARACTERISTICAS DESEABLES |
| 0.06 | MODULARIDAD DEL CONOCIMIENTO |
| 0.04 | FLEXIBILIDAD DE LA BASE DE CONOCIMIENTO |
| 0.04 | REPRESENTACION DEL CONOCIMIENTO HEURISTICO |
| 0.06 | MANEJO DE INCERTIDUMBRE |
| 0.1 | VENTAJAS DE REPRESENTACION |
| 0.1 | CLARIDAD |
| 0.3 | ESTRATEGIAS DE RAZONAMIENTO |
| 0.1 | "BACKWARD CHAINING" |
| 0.1 | "FORWARD CHAINING" |
| 0.1 | "BACKTRACKING" |

TABLA 6.2

EVALUACION DE LA FACILIDAD DE REPRESENTACION

| | MAQUINA DE INFERENCIAS | |
|--|------------------------|----------------------|
| | RED SEMANTICA | REGLAS DE PRODUCCION |
| FACILIDAD DE CREACION | | * |
| INTEGRIDAD | | |
| CARACTERISTICAS DESEABLES | | |
| MODULARIDAD DEL CONOCIMIENTO | | * |
| FLEXIBILIDAD DE LA BASE DE CONOCIMIENTO | * | * |
| REPRESENTACION DEL CONOCIMIENTO HEURISTICO | * | * |
| MANEJO DE INCERTIDUMBRE | * | |
| VENTAJAS DE REPRESENTACION | * | * |
| CLARIDAD | | * |
| ESTRATEGIAS DE RAZONAMIENTO | | |
| "BACKWARD CHAINING" | | * |
| "FORWARD CHAINING" | * | * |
| "BACKTRACKING" | * | * |
| TOTAL DEL FACTOR DE IMPORTANCIA RELATIVA | 0.44 | 0.94 |

6.2 ESPECTRO DE APLICACIÓN

EL RANGO DE APLICACIONES POTENCIALES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS CUBRE UN AMPLIO ESPECTRO DE PROBLEMAS DESDE DERIVACIÓN O INTERPRETACIÓN HASTA FORMACIÓN O GENERACIÓN. EN LOS PROBLEMAS DE DERIVACIÓN, LAS CONDICIONES Y LA DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA SON DADAS COMO PARTE DE LA DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN (META). EL SISTEMA EXPERTO COMPLETA LA DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN APLICANDO EL CONOCIMIENTO DISPONIBLE Y LAS REGLAS CON LAS CUALES LOS DATOS Y CONDICIONES INICIALES SON BIEN INTEGRADAS EN LA SOLUCIÓN. COMO UN EJEMPLO, EN LOS PROBLEMAS DE DERIVACIÓN, COMO LA DEMOSTRACIÓN DE TEOREMAS, UNA HIPÓTESIS DE SOLUCIÓN ES FORMULADA POR EL SISTEMA EXPERTO INTENTANDO PROBAR EL TEOREMA APLICANDO REGLAS PARA LOS DATOS CONOCIDOS. APLICACIONES REPETIDAS DE REGLAS TRANSFORMAN LA DECLARACIÓN DEL PROBLEMA (ESTADO INICIAL) HASTA EL ESTADO SOLUCIÓN.

EN LOS PROBLEMAS DE FORMACIÓN, SE DAN CONDICIONES (OBLIGADAS) EN FORMA DE PROPIEDADES QUE LA SOLUCIÓN, COMO UN TODO, DEBE SATISFACER. LAS SOLUCIONES CANDIDATAS ESTÁN GENERADAS Y PROBADAS CONTRA ESPECIFICACIONES OBLIGADAS. EXISTEN DOS SUBCLASES: SATISFACCIÓN OBLIGADA, EN LA CUAL LA SOLUCIÓN SÓLO NECESITA SATISFACER UN CONJUNTO DE HECHOS OBLIGADOS; Y OPTIMACIÓN, DONDE UN INTENTO ES HECHO PARA ENCONTRAR LA SOLUCIÓN ÓPTIMA. EL DISEÑO DE UN PLAN, OBJETO, O SISTEMA SE ADAPTA A ESTE PARADIGMA. LA MAYORÍA DE LOS PROBLEMAS NO SON PROBLEMAS PUROS DE FORMACIÓN O DERIVACIÓN, SINO QUE LIGAN DE ALGUNA MANERA LAS TÉCNICAS DE AMBAS CATEGORÍAS USADAS EN LA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA.

LA SIGUIENTE LISTA DE TIPOS DE PROBLEMAS CUBRE EL ESPECTRO DE APLICACIONES PARA LOS SISTEMAS EXPERTOS.

- DERIVACIÓN (ANÁLISIS DE DATOS). INFIERE LA DESCRIPCIÓN DE UNA SITUACIÓN SIMBÓLICA DE UN REGISTRO DE DATOS.
- DIAGNOSIS. INFIERE ERRORES EN UN SISTEMA A PARTIR DE OBSERVACIONES SOLICITADAS.
- MONITOREO. OBSERVACIÓN CONTINUA DE UN CONJUNTO DE VARIABLES CON EL OBJETO DE DETECTAR SITUACIONES ANORMALES O TENDENCIAS ANORMALES.

- PREDICCIÓN. INFIERE (PROBABILÍSTICAMENTE) POSIBLES CONSECUENCIAS A PARTIR DE UNA SITUACIÓN DADA.
- DISEÑO. CONFIGURA OBJETOS BAJO RESTRICCIONES.
- PLANEACIÓN. DISEÑA ACCIONES PARA CONSEGUIR METAS.
- BÚSQUEDA DE ERRORES ("DEBUGGING"). PRESCRIBE REMEDIOS A ERRORES.
- REPARACIÓN. DESARROLLA (BUSCA ERRORES) Y EJECUTA UN PLAN PARA ADMINISTRAR UN REMEDIO PRESCRITO.
- INSTRUCCIÓN. DIAGNOSTICA, BUSCA ERRORES Y CORRIGE LAS ACCIONES DEL ESTUDIANTE.
- CONTROL. INTERPRETA, CORRIGE Y MONITOREA EL COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA.
- ANÁLISIS (INTERPRETACIÓN CON MÁS MODELOS FUNDAMENTALES Y MENOS SEÑALES).
- APRENDIZAJE/DESCUBRIMIENTO/FORMACIÓN DE CONCEPTO.
- SIMULACIÓN.
- CONSULTORÍA (USUALMENTE PARA UNA DE LAS FUNCIONES ARRIBA DESCRITAS).

- LENGUAJES Y HERRAMIENTAS PARA CONSTRUIR SISTEMAS.
- HERRAMIENTAS PARA LA ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTO.

LAS REDES SEMÁNTICAS EN GENERAL SE APLICAN A PROBLEMAS DE DERIVACION, DONDE LAS CONDICIONES DEL PROBLEMA SON DESCRITAS COMO PARTE DE LA SOLUCIÓN; ESTA DESCRIPCIÓN ES COMPLETADA POR EL USO DE REGLAS, ASÍ QUE LOS HECHOS DADOS COMO CONDICIONES INICIALES DEL PROBLEMA SON INTEGRADAS DENTRO DE LA SOLUCIÓN. LOS PROBLEMAS QUE NORMALMENTE SE CLASIFICAN DENTRO DEL ESPECTRO DE DERIVACIÓN SON:

1. INTERPRETACIÓN. LOS DATOS DADOS SON ANALIZADOS PARA DETERMINAR SU SIGNIFICADO.
2. DIAGNOSIS. EL PROBLEMA CONSISTE EN HALLAR EL ESTADO DE UN SISTEMA BASADO EN LA INTERPRETACIÓN DE DATOS, LOS CUALES PUEDEN SER IMPRECISOS.
3. MONITOREO. UN CONJUNTO DE SEÑALES SON INTERPRETADAS CONTINUAMENTE, Y LOS CAMBIOS REQUERIDOS SON HECHOS DEPENDIENDO DEL ESTADO EN EL CUAL EL SISTEMA COMIENZA A MONITOREARSE.

EN CONTRAPOSICIÓN A LAS REDES SEMÁNTICAS, EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, LOS PROBLEMAS SON DEL TIPO DE FORMACION, EN LOS CUALES LAS CONDICIONES DEL PROBLEMA SON DADAS EN FORMA DE PROPIEDADES QUE LA SOLUCIÓN, COMO UN TODO, DEBE

SATISFACER. LOS PROBLEMAS DE FORMACIÓN SON USUALMENTE EJEMPLOS DEL PARADIGMA "GENERACIÓN-Y-PRUEBA": EN EL CUAL UN CANDIDATO POSIBLE DE SOLUCIÓN ES GENERADO POR UNA PARTE DEL SISTEMA Y ES ENTONCES PROBADO PARA VER SI ES ADECUADO CON OTRA PARTE DEL SISTEMA. LOS PROBLEMAS QUE NORMALMENTE SE CLASIFICAN DENTRO DE FORMACIÓN SON [FENV84] :

1. ELABORACIÓN. EL OBJETIVO ES ESTABLECER UN PROGRAMA DE ACCIONES QUE SON REQUERIDAS PARA LLEVAR A CABO CIERTAS METAS.
2. DISEÑO. DISEÑO INVOLUCRA LA SELECCIÓN DE UN SISTEMA FÍSICO PARA REALIZAR CIERTA FUNCIÓN.

ASÍ LAS REDES SEMÁNTICAS SE UTILIZAN PREFERENTEMENTE PARA PROBLEMAS DE DERIVACIÓN POR SU CAPACIDAD DECLARATIVA, I.E. LA CAPACIDAD DE REPRESENTAR OBJETOS Y SUS RELACIONES; MIENTRAS QUE LOS PROBLEMAS DEL TIPO DE FORMACIÓN REQUIEREN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PARA SU REPRESENTACIÓN, DEBIDO A LA FACILIDAD DE EJECUTAR ESTRATEGIAS, AGENDAS PARA CONTROL DE PROCESOS, Y EN GENERAL, MÉTODOS DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.

CABE SEÑALAR QUE, SIN EMBARGO, SE PUEDEN RESOLVER PROBLEMAS DE DERIVACIÓN UTILIZANDO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.

3 RENDIMIENTO

PARA EL CRITERIO DE RENDIMIENTO DE LAS DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS, SE HA SELECCIONADO DOS CASOS DE IDENTIFICACIÓN DE UN ANIMAL VERTEBRADO A PARTIR DE UN CONJUNTO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS. DICHO CONJUNTO DE CARACTERÍSTICAS CORRESPONDE A LA INFORMACIÓN O DATOS INICIALES CON LOS CUALES LAS DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS, POR SEPARADO Y CON TÉCNICAS DISTINTAS, NOS DÁN COMO RESULTADO LA IDENTIFICACIÓN DE UN ANIMAL AL CUAL CORRESPONDE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS INICIALES. EL CASO UNO CORRESPONDE A LA IDENTIFICACIÓN DE UN LEOPARDO, Y EL CASO DOS A LA IDENTIFICACIÓN DE UN TIGRE (VER APÉNDICES A Y B RESPECTIVAMENTE).

LOS RESULTADOS DEL RENDIMIENTO PARA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA Y LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN SE MUESTRAN EN LA TABLA 6.3 Y 6.4²

COMO COMENTARIOS ADICIONALES PODEMOS MENCIONAR:

MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN PUEDE MANEJAR UN NOMBRE ASIGNADO AL ANIMAL EN CUESTIÓN, MIENTRAS QUE EN LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA EL NOMBRE DEL ANIMAL ES TÁCITO.

REGLA UNO PARA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA CORRESPONDE A LAS REGLAS 1 Y 2 DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN.

REGLA CINCUENTA Y DOS ES EXCLUSIVA DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN.

NÚMERO DE LINEAS DE CÓDIGO PARA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA ES DE 2,571.

NÚMERO DE LINEAS DE CÓDIGO PARA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN ES DE 1,460.

TABLA 6.3
RENDIMIENTO PARA EL CASO 1

| | | CONSUMO DE OTROS RECURSOS | | | | |
|--|--|---------------------------|----------------|----------------|------------------------|--------------------------------|
| | | TIEMPO [MM:SS.CC] | RES- PUESTA | PRIN- CIPAL | SECUN- DARIA | NO. DE OPERA- CIONES DE E/S |
| | | CPU | | | BUFFER | DIRECTAS |
| M A Q U I N A R I E | S E M A N T I C A | 42.98 | 4:12.48 | 42 | * 2,167 + 888 | 141 1997 |
| I N F I R M I C I S | P E R O D I C I D I C I O N | 6:10.42 | 11:13.85 | 21 | 8.5 98 | 22 |

* ES EL TAMAÑO TOTAL, COMPRENDIENDO LOS ARCHIVOS DE REGLAS, RED Y METACONOCIMIENTO.

+ ES EL TAMAÑO "ACTIVO" EN UNA SESIÓN, QUE COMPRENDE LOS ARCHIVOS DE RED Y METACONOCIMIENTO.

TABLA 6.4

RENDIMIENTO PARA EL CASO 2

| | | CONSUMO DE OTROS RECURSOS | | | | |
|---|--|---------------------------|----------------|----------------|------------------------|--------------------------------|
| | | TIEMPO [MM:SS.CC] | RES- PUESTA | PRIN- CIPAL | SECUN- DARIA | NO. DE OPERA- CIONES DE E/S |
| | | CPU | | | BUFFER | DIRECTAS |
| M A Q U I N A I D E | S E R V I C I O | 38.52 | 3:16.47 | 47 | * 2,167 + 888 | 137 1833 |
| I N F I R I N I C I S | P E R D I D U C C I O N | 2:59.02 | 6:15.67 | 21 | 8.5 68 | 19 |

* ES EL TAMAÑO TOTAL, COMPRENDIENDO LOS ARCHIVOS DE REGLAS, RED Y METACONOCIMIENTO.

+ ES EL TAMAÑO "ACTIVO" EN UNA SESIÓN, QUE COMPRENDE LOS ARCHIVOS DE RED Y METACONOCIMIENTO.

| | |
|-----|----------------------|
| 7 | CONCLUSIONES |
| 7.1 | RECOPILACIÓN |
| 7.2 | RESULTADOS |
| 7.3 | TRABAJOS POSTERIORES |

CONCLUSIONES

3.1 RECOPIACIÓN

LA MÁQUINA DE INFERENCIAS, COMO PARTE CONSTITUTIVA DE UN SISTEMA EXPERTO, ES UNA HERRAMIENTA PODEROSA EN LA MANIPULACIÓN DE ESTRUCTURAS DE DATOS QUE REPRESENTAN CONOCIMIENTOS, CONSTITUYENDO ASÍ UN MODELO DE RAZONAMIENTO.

EN ESTE TRABAJO HEMOS DESARROLLADO DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS: LA PRIMERA SOBRE UNA RED SEMÁNTICA Y LA SEGUNDA EN BASE A UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN, PARA DESPUÉS REALIZAR UN ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE AMBAS MÁQUINAS PARA UN CASO ESPECÍFICO DE APLICACIÓN.

EL PARADIGMA PARA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA FUE PRESENTADO EN EL CAPÍTULO TRES. LA IMPLANTACIÓN DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN SE EXPRESO EN EL CAPÍTULO CUATRO. ASÍ MISMO HEMOS PROPUESTO UN CONJUNTO DE CRITERIOS A EVALUAR EN LAS DOS MÁQUINAS Y FINALMENTE UN ANÁLISIS COMPARATIVO FUE REALIZADO.

ESTA INVESTIGACIÓN EN EL CAMPO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS CONTEMPLA LA EVALUACIÓN PARA DOS MÁQUINAS DE INFERENCIAS -RED SEMÁNTICA Y SISTEMA DE PRODUCCIÓN- CON EL OBJETIVO DE TENER UNA MEJOR VISIÓN DE ESTOS MECANISMOS DEDUCTIVOS POR SEPARADO, ASÍ COMO UNA PONDERACIÓN DE CARACTERÍSTICAS Y ATRIBUTOS PROPIOS DE CADA MÁQUINA PARA LA SOLUCIÓN DE UN PROBLEMA EN ESPECIAL.

2 RESULTADOS

LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS COMPARATIVO PARA EL CRITERIO DE FACILIDAD DE REPRESENTACIÓN DE UNA BASE DE CONOCIMIENTO MUESTRAN UN BALANCE A FAVOR DE LA MÁQUINA DE

INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN EN CUANTO A CREACIÓN; MODULARIDAD Y FLEXIBILIDAD DE LA BASE DE CONOCIMIENTO; CLARIDAD Y, ESTRATEGIAS DE RAZONAMIENTO.

EN LO CONCERNIENTE AL ESPECTRO DE APLICACIÓN LOS RESULTADOS OBTENIDOS FUERON LOS ESPERADOS Y DEBIDAMENTE SUSTENIADOS EN EL CAPÍTULO SEIS.

EN CUANTO AL RENDIMIENTO, LOS RESULTADOS CONSEGUIDOS MUESTRAN QUE LA IMPLANTACIÓN DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA ES MUCHO MÁS RÁPIDA Y CONSUME MENOS TIEMPO DE CPU PARA EL PROBLEMA EN ESTUDIO -DERIVACIÓN- QUE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN. PODRÍA PENSARSE QUE MEJORANDO LA IMPLANTACIÓN, I.E., AUMENTANDO CÓDIGO PARA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS PODRÍA DESAPARECER ESA DIFERENCIA. PERO POR SER MUY MARCADA LA DIFERENCIA ENTRE EL TIEMPO DE RESPUESTA Y EL TIEMPO DE CPU PARA LAS DOS MÁQUINAS, SE PUEDE DECIR QUE SIEMPRE SERÁ MÁS RÁPIDA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA QUE LA MÁQUINA EN BASE A REGLAS DE PRODUCCIÓN PARA ESTE TIPO DE PROBLEMAS.

EN CONTRAPOSICIÓN A ESTA CARACTERÍSTICA, ESTÁ EL TAMAÑO DE MEMORIA -PRINCIPAL Y SECUNDARIA- UTILIZADA POR LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA, QUE RESULTA SER MUCHO MAYOR QUE LA UTILIZADA POR LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN. UN RAZONAMIENTO ANÁLOGO AL TIEMPO DE RESPUESTA Y CPU PODRÍA APLICARSE A ESTE PUNTO EN CUANTO A LA

3 TRABAJOS POSTERIORES

CON RESPECTO A LA PROBLEMÁTICA TRATADA EN ESTA TESIS, HEMOS CONSIDERADO COMO TRABAJOS POSTERIORES:

A) LA EXTENSIÓN EN LA IMPLANTACIÓN DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN A CORTO PLAZO PARA EL MANEJO DE: INCERTIDUMBRE, AUMENTO DE ACCIONES EN EL LADO DERECHO DE LAS REGLAS, MANIPULACIÓN CUANTITATIVA DE VARIABLES Y OPERACIONES EN EL LADO IZQUIERDO DE LAS REGLAS, Y VALIDACIÓN DE RANGOS PREESTABLECIDOS PARA VARIABLES NUMÉRICAS.

B) PARA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA: CONSIDERAR A MEDIANO PLAZO LA CONSTRUCCIÓN DE UNA ESTRUCTURA MÁS GENERAL PARA REPRESENTAR OBJETOS; UNA MAYOR CANTIDAD DE "CLASES" DE LIGAS PARA DENOTAR UN MAYOR PODERÍO EN CUANTO A RELACIONES ENTRE LOS OBJETOS Y UN MANEJO DE VARIABLES NUMÉRICAS DENTRO DE LOS NODOS DE LA RED.

C) EL ESTUDIO A LARGO PLAZO DE MODELOS DE ANÁLISIS PARA FUTURAS EVALUACIONES DE SISTEMAS INFERENCIALES BAJO UN CASO PARTICULAR Y NO SÓLO A NIVEL SISTEMA EXPERTO Y EN FORMA GENERAL.

BIBLIOGRAFÍA

- [ARCH85] ARCHIBALD, G. I; CRAIG, A. J; REDFEARN, J. J.
BRIDGING THE GENERATION GAP: EXPERT SYSTEMS AS
PART OF LARGE SCALE COMPUTER SYSTEMS. R & D
MANAGEMENT, VOL 15, No. 2, APRIL 1985, PP 135-140.
- [ATTA85] ATTARWALA, T, F; BASDEN, A. A METHODOLOGY FOR
CONSTRUCTING EXPERT SYSTEMS. R & D MANAGEMENT, VOL
15, No. 2, APRIL 1985, PP 1985, PP 141-149.
- [AYAL85] AYALA, G. REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO. PRIMERA
CONFERENCIA INTERNACIONAL LAS COMPUTADORAS EN LA
INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR, MARZO 1985, PP
58-64.
- [BARR81] BARR, AVRON, FEIGENBAUM E. A. THE HANDBOOK OF
ARTIFICIAL INTELLIGENCE. VOL. I, HEURISTECH PRESS
STANFORD, CAL. 1981.
- [BOEH78] BOEHM, B; ET AL. CHARACTERISTICS OF SOFTWARE QUALITY.
NORTH-HOLLAND, 1978.
- [BRAC83] BRACHMAN, J, RONALD. WHAT IS-A IS AND ISN'T: AN
ANALYSIS OF TAXONOMIC LINKS IN SEMANTICS NETWORKS.
COMPUTER, IEEE, VOL 16, No. 10, 1983.

- [BROW85] BROWNSTON, LEE; ET AL. PROGRAMING EXPERT SYSTEMS IN OPS5. ADDISON-WESLEY, READING, MASSACHUSETTS, 1985.
- [BRUN85] BRUNDICK, F; ET AL. GENIE: AN INFERENCE ENGINE WITH DIVERSE APPLICATIONS. SECOND CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS, 1985, PP 473-480.
- [CAST85] CASTRO, I; ET AL. INTELIGENCIA COLECTIVA EN SISTEMAS EXPERTOS. PRIMERA CONFERENCIA INTERNACIONAL LAS COMPUTADORAS EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR, MARZO 1985, PP 90-94.
- [CAST86] CASTILLO, HERN, I; GONZÁLES, SUSTAETA, J; ET AL. UN ESQUELETO INTEGRADO DE REGLAS-A-RED PARA DESARROLLO DE SISTEMAS EXPERTOS EN AMBIENTES DE TIEMPO REAL. TERCERA REUNIÓN DE TRABAJO SOBRE INTELIGENCIA ARTIFICIAL, 1986, PP 34-38.
- [CUEN85] CUENCA, BARTOLOME, J. SISTEMAS EXPERTOS. MUNDO CIENTÍFICO, No. 149, ESPAÑA 1985, PP 73-80.
- [CULB86] CULBERT, CHRIS. A SURVEY OF COMMERCIAL EXPERT SYSTEM TOOLS. THE SECOND ANNUAL WORKSHOP ON ROBOTICS AND EXPERT SYSTEMS NASA/JOHNSON SPACE CENTER, 1986, PP 55-59

- [DAHL83] DAHL, VERONICA. LOGIC PROGRAMMING AS A REPRESENTATION OF KNOWLEDGE. COMPUTER, IEEE, VOL. 16, NO. 10, OCTOBER 1983, PP 106-111.
- [DUDA81] DUDA, O, RICHARD; ET AL. KNOWLEDGE-BASED EXPERT SYSTEMS COME OF AGE. BYTE VOL 6. NO. 9, 1981
- [FEIG82] FEIGENBAUM, E. A. KNOWLEDGE ENGINEERING FOR THE 1980s. COMPUTER SCIENCE DEPT. STANFORD UNIVERSITY 1982.
- [FENV84] FENVES, J, STEVEN; ET AL. KNOWLEDGE-BASED EXPERT SYSTEMS IN CIVIL ENGINEERING. THIRD ASCE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRONIC COMPUTATION, 1984, PP 1-10.
- [FIKE77] FIKES, R, E; HENDRIX, G. A NETWORK-BASED KNOWLEDGE REPRESENTATION AND ITS NATURAL DEDUCTION SYSTEMS. IJCAI 5, 1977, PP 235-246.
- [FORG79] FORGY, LANNY, CHARLES. ON THE EFFICIENT IMPLEMENTATION OF PRODUCTION OF SYSTEMS. PH. D. THESIS, 1979.
- [FORG81] FORGY, LANNY, CHARLES. OPS5 USERs MANUAL. DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE CARNEGIE-MELLON UNIVERSITY, PITTSBURGH, PENNSYLVANIA, 1981.

- [FORG82] FORGY, LANNY, CHARLES. RETE: A FAST ALGORITHM FOR THE MANY PATTERN/MANY OBJECT PATTERN MATCH PROBLEM. ARTIFICIAL INTELLIGENCE, VOL 19, NO. 1, 1982, PP 17-37.
- [FORG84] FORGY, LANNY, CHARLES. THE OPS83 REPORT. DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE CARNEGIE-MELLON UNIVERSITY, PITTSBURGH, PENNSYLVANIA, 1984.
- [FOX79] FOX, S, MARK. ON INHERITANCE IN KNOWLEDGE REPRESENTATION. INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE. AMERICAN ASSOCIATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE. TOKIO, JAPAN, 1979.
- [FOX85] FOX, R, B; KEMPF, G, K. COMPLEXITY, UNCERTAINTY AND OPPORTUNISTIC SCHEDULING. SECOND CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS, 1985, PP 487-492.
- [GASC83] GASCHNIG, JOHN; ET AL. EVALUATION OF EXPERT SYSTEMS: ISSUES AND CASE STUDIES. IN "BUILDING EXPERT SYSTEMS". ADDISON-WESLEY, 1983.
- [GERE84] GEREZ, VICTOR; MIER, MAURICIO; NIEVA, ROLANDO; RODRÍGUEZ, GUILLERMO. DESARROLLO Y ADMINISTRACIÓN DE PROGRAMAS DE COMPUTADORA (SOFTWARE). IIE, 1984.
- [GEVA82] GEVARTER, W, B. AN OVERVIEW OF EXPERT SYSTEMS. CYBERNETICS AND SOCIETY, IEEE, 1982, PP 156-160.

- [GILM85] GILMORE, F, JOHN; PULASKI, KIRT. A SURVEY OF EXPERT SYSTEM TOOLS. SECOND CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS, 1985, PP 498-502.
- [GONZ86] GONZALEZ, SUSTAETA, JORGE. CONTROL DE CALIDAD Y PRONÓSTICO EN PROYECTOS DE SOFTWARE. REPORTE DE ANÁLISIS. DEPTO. ANÁLISIS DE REDES, ITE, 1986.
- [GUTI85] GUTIERREZ, A. LOS SISTEMAS EXPERTOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL. CERO UNO CERO, VOL. 5, NO. 3, MARZO 1985, PP 25-30.
- [HAYE83] HAYES-ROTH, FREDERICK; ET AL. BUILDING EXPERT SYSTEMS. ADDISON-WESLEY, READING, MASSACHUSETTS, 1983.
- [HAYE85] HAYES-ROTH, FREDERICK. RULE-BASED SYSTEMS. COMMUNICATIONS OF THE ACM, VOL. 28, NO. 9, SEPTEMBER 1985, PP 921-932.
- [HEND85] HENDRICKSON, T, CHRIS; ET AL. EXPERT SYSTEMS IN TRANSPORTATION SYSTEMS ENGINEERING. TECHNICAL REPORT, DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, CARNEGIE-MELLON UNIVERSITY, PITTSBURGH, 1985.
- [KANT84] KANT, ELAINE. ARTIFICIAL INTELLIGENCE PROGRAMMING TECHNIQUES (15-880A) COURSE PROJECTS. DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE CARNEGIE-MELLON UNIVERSITY, 1984.

- [KARN85] KARNA, ANIMESH; KARNA, AMITABH. EVALUATING THE EXISTING TOOLS FOR DEVELOPING EXPERT SYSTEMS IN PC ENVIRONMENT. EXPERT SYSTEMS IN GOVERNMENT SYMPOSIUM, IEEE, 1985, PP 295-300.
- [LEW178] LEWIS, PHILLIP, M; ROSENKRANTZ, DAVID, J; STEARNS, RICHARD, E. COMPILER DESIGN THEORY. 3A.ED. ADDISON-WESLEY PUBLISHING CO. READING, MASS. 1978.
- [LIEB85] LIEBOWITZ, JAY. EVALUATION OF EXPERT SYSTEMS: AN APPROACH AND CASE STUDY. SECOND CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS, IEEE, 1985, PP 564-571.
- [MARI86] MARIK, VLADIMIR; ET AL. AN SKELETON FOR EXPERT SYSTEMS: MEXEXP 1.0. INFORME TÉCNICO, CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN, 1986.
- [MCLA85] McLAREN, R. KNOWLEDGE ACQUISITION BY COMPUTER INDUCTON. R & D MANAGEMENT, VOL. 15, NO. 2, APRIL 1985, PP 159-166.
- [MICH80] MICHIE, DONALD. KNOWLEDGE-BASED SYSTEMS. REPORT 80-1001, UNIVERSITY OF IL AT URBANA-CHAMPAIGN, 1980.

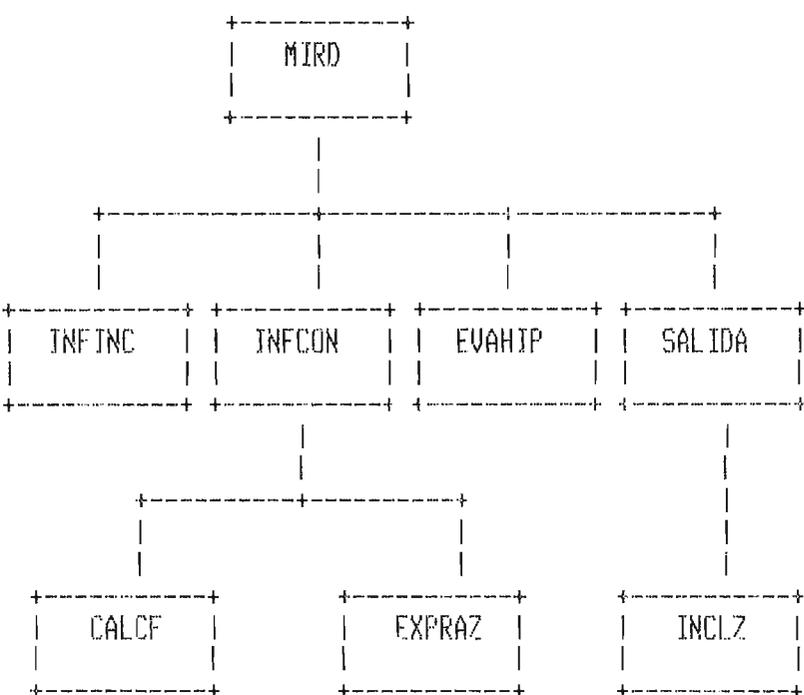
- [MICH85] MICHAELSEN, ROBERT, H; MICHIE, DONALD; BOULANGER, ALBERT. THE TECHNOLOGY OF EXPERT SYSTEMS. BYTE, VOL. 10, No. 4, APRIL 1985, PP 303-313.
- [MORA85] MORA, J, L. MÁQUINAS DE APRENDIZAJE. CERO UNO CERO, VOL. 15, No. 3, MARZO 1985, PP 51-57.
- [NEGR85] NEGRETE, M, JOSÉ. EL SENTIDO COMÚN EN LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL. CERO UNO CERO, VOL 5, No. 3, MARZO 1985, PP 31-42.
- [RICH84] RICH, ELAINE. ARTIFICIAL INTELLIGENCE. MC. GRAW-HILL BOOK CO., NEW YORK, 1984.
- [RICH85] RICHER, MARK. FIVE COMMERCIAL EXPERT SYSTEMS TOOLS: AN EVALUATION. THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE REPORT, ARTIFICIAL INTELLIGENCE PUBLICATIONS, 1985, PP 3-11.
- [RILE86] RILEY, D, GARY. BENCHMARKING EXPERT SYSTEM TOOLS. THE SECOND ANNUAL WORKSHOP ON ROBOTICS AND EXPERT SYSTEMS NASA/JOHNSON SPACE CENTER, 1986, PP 61-65.
- [SALD85] SALDAÑA, ALDANA H. SISTEMAS EXPERTOS EN INGENIERÍA. INFORME TÉCNICO, CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN, 1985.
- [THOM85] THOMPSON, A, BEVERLY; THOMPSON, A, WILLIAM. INSIDE AN EXPERT SYSTEM. BYTE, VOL 10, No. 4, APRIL 1985, PP 315-330.

- [TORF85] TORFER, MARTELL, A. INTELIGENCIA ARTIFICIAL A VUELO DE PAJARO. CERO UNO CERO, VOL. 5, NO. 3, MARZO 1985, PP 9-17.
- [WANG86] WANG, LUI. ART AND KEE COMPARISON FOR THE ESFAS PROJECT. THE SECOND ANNUAL WORKSHOP ON ROBOTICS AND EXPERT SYSTEMS NASA/JOHNSON SPACE CENTER, 1986, PP 67-73.
- [WHIT85] WHITING, W, K; ET AL. SUBEX: A FOCUS OF ATTENTION TECHNIQUE FOR RULE-BASED INFERENCE. SECOND CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS, 1985, PP 215-220.
- [WINS84A] WINSTON, PATRICK. ARTIFICIAL INTELLIGENCE. 2DA. ED., ADDISON-WESLEY, MENLO PARK, CAL. 1984.
- [WINS84B] WINSTON, PATRICK. LISP. 2DA. ED. ADDISON-WESLEY, 1984.
- [WRIG83] WRIGHT, M, J; FOX, S. MARK. SRL/1.5 USER MANUAL. INTELLIGENT SYSTEMS LABORATORY, THE ROBOTICS INSTITUTE, CARNEGIE-MELLON UNIVERSITY, PITTSBURGH, 1983.

APÉNDICE A

ESTE APÉNDICE CONTIENE DOS SECCIONES: UN DIAGRAMA DE ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA Y UNA SESIÓN CON LA MISMA MÁQUINA DE INFERENCIAS. EL CASO CONSIDERADO EN ESTA SESIÓN CORRESPONDE A LA IDENTIFICACIÓN DE UN LEOPARDO. EN UN PRINCIPIO, LA MÁQUINA DE INFERENCIAS RECIBE LA INFORMACIÓN INICIAL DEL CASO EN ESTUDIO. DURANTE LA SESIÓN SE ILUSTRAN ALGUNOS COMANDOS AUXILIARES, LOS CUALES SIRVEN PARA MOSTRAR LA LÍNEA DE RAZONAMIENTO SEGUIDO POR LA MÁQUINA INFERENCIAL. FINALMENTE SE MUESTRA LA DEDUCCIÓN OBTENIDA Y EL MÓDULO DE SALIDA PARA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA.

DIAGRAMA DE ESTRUCTURA



MAQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMANTICA

A SESIÓN

LA SESIÓN INICIA CON EL DESPLEGADO DE LA INTERFAZ QUE NOS PIDE LA BASE DE CONOCIMIENTOS SOBRE LA CUAL LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA VA A TRABAJAR.

```
+=====+
| CON QUE BASE DE CONOCIMIENTO DESEAS TRABAJAR?  BACON1  |
|-----|
+=====+
```

EL SEGUNDO DESPLEGADO DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SE MUESTRA A CONTINUACIÓN Y EN ÉL SE PIDE AL USUARIO QUE INDIQUE SI TIENE INFORMACIÓN PERTINENTE AL CASO EN CUESTIÓN.

```
+=====+
| EXISTE INFORMACION INICIAL ? [SI/NO]:  SI  |
|-----|
+=====+
+=====+
| CONOCE USTED ALGUN TOPICO O SUBTOPICO |
| DE LA INFORMACION INICIAL? [SI/NO]  SI  |
|-----|
+=====+
```

SE MUESTRA A CONTINUACIÓN LOS TÓPICOS EN QUE SE AGRUPA EL CONOCIMIENTO Y SE PIDE AL USUARIO DISCIERNA EL NÚMERO DE TÓPICO A CONSIDERAR.

- 1.- MAMIFEROS
- 2.- AVES
- 3.- PECES
- 4.- REPTILES
- 5.- ANFIBIOS

NUMERO DEL TOPICO ==> 1

LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA MUESTRA ENTONCES LOS SUBTÓPICOS ASOCIADOS A EL TÓPICO ELEGIDO POR EL USUARIO.

1.- UNGULADOS

6.- QUIROPTEROS

2.- CETACEOS

7.- PROBOSCIDIOS

3.- CARNIVOROS

4.- PRIMATES

5.- MARSUPIALES

NUMERO DEL SUBTOPICO ==> 3

UNA VEZ ELEGIDO EL TÓPICO Y SUBTÓPICO SOBRE LOS CUALES SE
TRAZARÁ LA GRÁFICA DE SOLUCIÓN, EL USUARIO INTRODUCE LA
INFORMACIÓN INICIAL MEDIANTE EL SIGUIENTE FORMATO DE PREMISA
Y COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD ASOCIADO.

INFORMACION INICIAL

PREMISA :PRODUCE LECHE

COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD : .9

INFORMACION INICIAL

PREMISA :TIENE COLMILLOS

COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD : .9

INFORMACION INICIAL

PREMISA :TIENE LOS OJOS AL FRENTE

COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD : .9

INFORMACION INICIAL

PREMISA :TIENE GARRAS

COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD : .9

INFORMACION INICIAL

PREMISA :ES AGIL

COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD : .9

INFORMACION INICIAL

PREMISA :VIVE EN LA SELVA

COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD : .9

INFORMACION INICIAL

PREMISA :TIENE MANCHAS OSCURAS

COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD : .9

EL PROCESO INFERENCIAL INTERACTÚA CON EL USUARIO PARA PEDIRLE INFORMACIÓN SOBRE LA RUTA ELEGIDA A RECORRER EN CASO AFIRMATIVO, EN CASO CONTRARIO DESECHA LA RUTA Y ELIGE OTRA. LOS COMANDOS "PORQUE" Y "CARACTERISTICAS" SON PROCESADOS A PETICIÓN DEL USUARIO PARA ESTA SESIÓN, Y SUS RESULTADOS SON

MOSTRADOS A CONTINUACIÓN.

ME PODRIAS INFORMAR SI :ES FELINO ?

[SI/NO/NO SE/COMO/PORQUE/CARACTERISTICAS/PARA QUE/RESUMEN]
PORQUE

TRATO DE PROBAR:

ES LEOPARDO

CONOZCO QUE :

VIVE EN LA SELVA
TIENE MANCHAS OSCURAS

NECESITO SABER QUE :

ES FELINO

ME PODRIAS INFORMAR SI :ES FELINO ?

[SI/NO/NO SE/COMO/PORQUE/CARACTERISTICAS/PARA QUE/RESUMEN]

CARACTERISTICAS

LIGA EXTERNA :

NOMBRES DE PROCEDIMIENTOS,
FUNCIONES Y/O RUTINAS SON
MOSTRADOS EN ESTE COMANDO.

<RETURN>

ME PODRIAS INFORMAR SI :ES FELINO ?

[SI/NO/NO SE/COMO/PORQUE/CARACTERISTICAS/PARA QUE/RESUMEN]

SI

COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD ? .9

LA CONCLUSIÓN Y SU COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD QUE OBTIENE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA SE MUESTRA A CONTINUACIÓN.

CONCLUSION :

ES LEOPARDO

CON UN COEFICIENTE DE FACTIBILIDAD IGUAL A: 8.10000E-01

EL MÓDULO DE SALIDA CONTEMPLA VARIAS OPCIONES, DE LAS CUÁLES SE HA ELEGIDO LA DE EXPLICACIÓN DEL RAZONAMIENTO SEGUIDO. ESTA OPCIÓN MUESTRA LAS PREMISAS UTILIZADAS Y CONCLUSIONES INTERMEDIAS OBTENIDAS DURANTE EL PROCESO. EN SEGUIDA SE DA POR TERMINADA LA SESIÓN CON LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE RED SEMÁNTICA.

MODULO SALIDA

[S].....SALIDA

[O].....OTRO CASO

[E].....EXPLICACION

[C].....CAMBIO DE RESPUESTA

===== > E

PRODUCE LECHE
ES MAMIFERO
TIENE COLMILLOS
TIENE LOS OJOS AL FRENTE
TIENE GARRAS
ES AGIL
VIVE EN LA SELVA
TIENE MANCHAS OSCURAS
ES FELINO

MODULO SALIDA

[S].....SALIDA

[O].....OTRO CASO

[E].....EXPLICACION

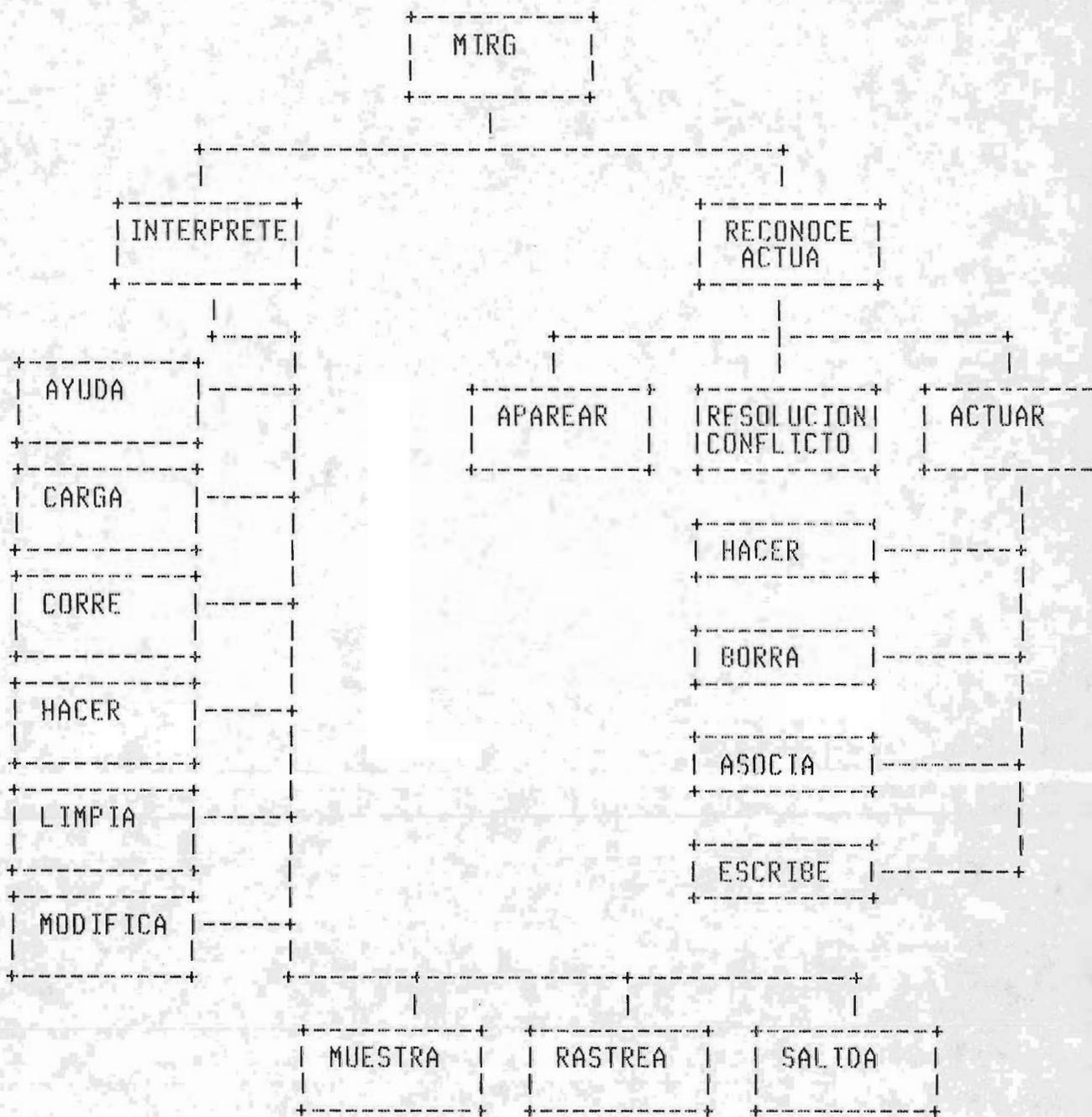
[C].....CAMBIO DE RESPUESTA

=====> S

APÉNDICE B

EL APÉNDICE B CONTIENE EN SU PRIMERA PARTE UN DIAGRAMA DE ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN Y UNA SESIÓN CON LA MISMA MÁQUINA DE INFERENCIAS EN LA SEGUNDA PARTE. EL CASO CONSIDERADO EN LA SEGUNDA PARTE ES LA DE IDENTIFICAR UN TIGRE. EL PROCESO ES DESCRITO MEDIANTE COMENTARIOS ACERCA DEL FUNCIONAMIENTO DE ALGUNOS COMANDOS DEL INTERPRETE QUE UTILIZA LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN.

DIAGRAMA DE ESTRUCTURA



MAQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCION

A SESIÓN

SP>> EL MANEJADOR DE REGLAS ESTA ACTIVO

SP>> AYUDA

{ESTE COMANDO NOS MUESTRA LA LISTA DE COMANDOS PERMITIDOS Y SU SINTAXIS EN EL INTÉRPRETE.}

LOS COMANDOS POSIBLES SON :

CARGA:

CARGA LOS ARCHIVOS EXTERNOS AL MANEJADOR DE REGLAS QUE CONTENGAN LAS CONDICIONES INICIALES Y LA MEMORIA DE PRODUCCIÓN. SU SINTAXIS ES:

CARGA MEMORIA TRABAJO={ARCHIVO/SIN EXTENSIÓN /.WM}

CARGA MEMORIA PRODUCCION={ARCHIVO/SIN EXTENSIÓN /.PM}

CORRE:

COMANDO QUE CORRE EL MANEJADOR DE REGLAS.

PUEDE ANTECEDERLE EL COMANDO RASTREA O IR SOLO.

SU SINTAXIS ES:

CORRE

HACER:

CREA UN NUEVO ELEMENTO EN LA MEMORIA DE

TRABAJO. SU SINTAXIS ES:

HACER {OBJETO ^ATRIBUTO VALOR ^ATRIBUTO VALOR.....}

LIMPIA:

BORRA LA MEMORIA DE TRABAJO O ALGUN OBJETO DE LA

MISMA, ESPECIFICADO POR SU NÚMERO CORRESPONDIENTE. SU

SINTAXIS ES:

LIMPIA MT

LIMPIA {NO. OBJETO}

MODIFICA:

MODIFICA LA MEMORIA DE TRABAJO, CREANDO UN

NUEVO ELEMENTO CON LA MODIFICACION Y BORRANDO EL

ANTERIOR. SU SINTAXIS ES:

MODIFICA {NO. OBJETO} {^ATRIBUTO VALOR}

MUESTRA:

DESPLIEGA LA MEMORIA DE TRABAJO, LAS REGLAS APAREADAS Y LAS REGLAS DISPARADAS. SU SINTAXIS ES:

MUESTRA MT

MUESTRA REGLAS APAREADAS

MUESTRA REGLAS DISPARADAS

RASTREA:

MUESTRA LAS REGLAS QUE APAREAN, LAS REGLAS QUE DISPARAN Y LOS CAMBIOS EN LA MEMORIA TRABAJO PARA CADA REGLA.

ESTE COMANDO SOLO NO HACE NADA; DEBE IR ACOMPAÑADO DE CORRER PARA PODERSE EJECUTAR. SU SINTAXIS ES:

RASTREA

SALIDA:

TERMINA LA SESIÓN CON EL MANEJADOR DE REGLAS. SU

SINTAXIS ES:

SALIDA

<RETURN>

{SE CARGA LA MEMORIA DE TRABAJO (ARCHIVO EXTERIOR AL MANEJADOR DE REGLAS, QUE CONTIENE LAS CONDICIONES INICIALES).}

SP>> CARGA MEMORIA TRABAJO=CORRIDA2

{SE CARGA LA MEMORIA DE PRODUCCIÓN.}

SP>> CARGA MEMORIA PRODUCCION=MEM_PROD

{EL COMANDO "MUESTRA MT" NOS ENSEÑA LA MEMORIA DE TRABAJO ANTES DE INICIAR EL PROCESO INFERENCIAL.}

SP>> MUESTRA MT

MT>> 1 ANIMAL ^NOMBRE X ^TIENE PELO

MT>> 2 ANIMAL ^NOMBRE X ^TIENE COLMILLOS

MT>> 3 ANIMAL ^NOMBRE X ^TIENE OJOS-AL-FRENTE

MT>> 4 ANIMAL ^NOMBRE X ^TIENE COLOR-CAFE

MT>> 5 ANIMAL ^NOMBRE X ^TIENE RAYAS-NEGRAS

{EMPIEZA EL PROCESO INFERENCIAL}

SP>> CORRE

{LAS DEDUCCIONES HECHAS POR LA MÁQUINA DE INFERENCIAS SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN A PARTIR DE LOS OBJETOS INICIALES EN LA MEMORIA DE TRABAJO, SON MOSTRADAS EN

LOS SIGUIENTES FORMATOS, EN LOS CUÁLES SE MUESTRAN
EL NOMBRE DE LA REGLA UTILIZADA Y EL NUEVO OBJETO
INFERIDO:}

SP>> LA REGLA: P IDENTIFICA-1 DICE ANIMAL ^NOMBRE X ^ES MAMIFERO
SP>> LA REGLA: P IDENTIFICA-13 DICE ANIMAL ^NOMBRE X ^ES CARNIVORO
{CONCLUYE FINALMENTE:}

SP>> LA REGLA: P IDENTIFICA-18 DICE ANIMAL ^NOMBRE X ^ES TIGRE
{SE MUESTRA AHORA LA MEMORIA DE TRABAJO CON LOS NUEVOS
OBJETOS INFERIDOS.}

SP>> MUESTRA MT

MT>> 1 ANIMAL ^NOMBRE X ^TIENE PELO
MT>> 2 ANIMAL ^NOMBRE X ^TIENE COLMILLOS
MT>> 3 ANIMAL ^NOMBRE X ^TIENE OJOS-AL-FRENTE
MT>> 4 ANIMAL ^NOMBRE X ^TIENE COLOR-CAFE
MT>> 5 ANIMAL ^NOMBRE X ^TIENE RAYAS-NEGRAS
MT>> 6 ANIMAL ^NOMBRE X ^ES MAMIFERO
MT>> 7 ANIMAL ^NOMBRE X ^ES CARNIVORO
MT>> 8 ANIMAL ^NOMBRE X ^ES TIGRE

{EL SIGUIENTE COMANDO MUESTRA LAS REGLAS QUE
FUERON APAREADAS DURANTE EL PROCESO INFERENCIAL.
EN PRIMER LUGAR SE MUESTRA EL NOMBRE DE LA REGLA;
EN SEGUNDO EL OBJETO APAREADO MÁS RECIENTE PARA
TODA LA REGLA Y EN TERCER LUGAR EL OBJETO APAREADO

MÁS RECIENTE PARA LA PRIMERA CONDICIÓN.}

SP>> MUESTRA REGLAS APAREADAS

SP>> P IDENTIFICA-1 1 1

SP>> P IDENTIFICA-1 1 1

SP>> P IDENTIFICA-13 6 6

SP>> P IDENTIFICA-1 1 1

SP>> P IDENTIFICA-13 6 6

SP>> P IDENTIFICA-18 7 6

SP>> P IDENTIFICA-1 1 1

SP>> P IDENTIFICA-13 6 6

SP>> P IDENTIFICA-18 7 6

{SE MUESTRA ENSEGUIDA LAS REGLAS QUE DISPARARON
PARA ESTA SESIÓN}

SP>> MUESTRA REGLAS DISPARADAS

SP>> P IDENTIFICA-1

SP>> P IDENTIFICA-13

SP>> P IDENTIFICA-18

{FINALIZAMOS LA SESIÓN CON LA MÁQUINA DE INFERENCIAS
SOBRE REGLAS DE PRODUCCIÓN.}

SP>> SALIDA

APÉNDICE C

EL APÉNDICE TRES MUESTRA LA BASE DE CONOCIMIENTO PARA EL CASO DE ESTUDIO EN SUS DOS FORMAS DISTINTAS: RED SEMÁNTICA Y REGLAS DE PRODUCCIÓN.

ED SEMÁNTICA

NUMERO : 1

1 | FP = TIENE | ATR = PELO

| CL = 0 | CF = 0.00 | LCV = 111

02 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

2 | FP = PRODUCE | ATR = LECHE

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 111

601 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = MAMIFERO

RUE | CL = C | CF = 0.50 | LCV = 202

601 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 2

1 | FP = ES | ATR = MAMIFERO

RUE | CL = Y | CF = 0.50 | LCV = 202

601 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

2 | FP = TIENE | ATR = PEZUNAS

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 211

02 | PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = UNGULADO

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 402

02 | PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 3

1 | FP = ES | ATR = MAMIFERO

RUE | CL = Y | CF = 0.50 | LCV = 302

501 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

2 | FP = PUEDE | ATR = RUMIAR

ALSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 311

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = UNGULADO

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 402

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 4

1 | FP = ES | ATR = UNGULADO

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 402

2 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = TIENE | ATR = LA CAPACIDAD DE MUGIR

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 411

2 | PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = VACA

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

| PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 5

| FP = ES | ATR = UNGULADO

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 502

2 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

| FP = CORRE | ATR = RAPIDO

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 503

2 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

| FP = CONVIVE | ATR = CON LOS HUMANOS

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 511

| PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

| FP = ES | ATR = CABALLO

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

| PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 6

| FP = ES | ATR = UNGULADO

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 602

2 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

2 | FP = TIENE | ATR = RAYAS NEGRAS

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 611

0 | PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = CEBRA

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 7

1 | FP = ES | ATR = UNGULADO

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 702

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

2 | FP = TIENE | ATR = CUERPO LARGO

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 703

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

3 | FP = TIENE | ATR = MANCHAS CAFES

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 711

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

4 | FP = ES | ATR = JIRAFAS

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 8

| FP = ES | ATR = MAMIFERO

RUE | CL = Y | CF = 0.50 | LCV = 802

501 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

| FP = VIVE | ATR = EN EL MAR

ALSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 811

02 | PP = 0.60 | RU = 0 | LE = |

| FP = ES | ATR = CETACEO

ALSE | CL = C | CF = 0.00 | LCV = 902

02 | PP = 0.60 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 9

| FP = ES | ATR = CETACEO

ALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 902

02 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

| FP = PESA | ATR = MUCHO

ALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 903

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

| FP = ES | ATR = GRANDE

ALSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 911

| PP = 0.10 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = BALLENA
| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0
0 | PP = 0.10 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 10

01 | FP = ES | ATR = CETACEO
| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 1002
02 | PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = ES | ATR = RISUENO
| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 1003
0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = MIDE | ATR = MENOS DE DOS METROS
| CL = | CF = 0.00 | LCV = 1011
0 | PP = 0.10 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = DELFIN
| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0
0 | PP = 0.10 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 11

1 | FP = ES | ATR = MAMIFERO

TRUE | CL = Y | CF = 0.50 | LCV = 1102

01 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = COME | ATR = PRINCIPALMENTE CARNE

FALSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 1111

01 | PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = CARNIVORO

TRUE | CL = C | CF = 0.27 | LCV = 1302

02 | PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 12

01 | FP = ES | ATR = MAMIFERO

TRUE | CL = Y | CF = 0.50 | LCV = 1202

01 | PP = 0.30 | RU = 1 | LE = |

02 | FP = TIENE | ATR = COLMILLOS

TRUE | CL = Y | CF = 0.20 | LCV = 1203

02 | PP = 0.30 | RU = 1 | LE = |

03 | FP = TIENE | ATR = LOS OJOS AL FRENTE

TRUE | CL = | CF = 0.20 | LCV = 1211

01 | PP = 0.30 | RU = 1 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = CARNIVORO

TRUE | CL = C | CF = 0.27 | LCV = 1302

02 | PP = 0.30 | RU = 1 | LE = |

NUMERO : 13

01 | FP = ES | ATR = CARNIVORO

RUE | CL = Y | CF = 0.27 | LCV = 1302

02 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = TIENE | ATR = GARRAS

RUE | CL = Y | CF = 0.20 | LCV = 1303

03 | PP = 0.30 | RU = 1 | LE = |

03 | FP = ES | ATR = AGIL

RUE | CL = | CF = 0.20 | LCV = 1311

03 | PP = 0.10 | RU = 1 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = FELINO

RUE | CL = C | CF = 0.22 | LCV = 1402

02 | PP = 0.10 | RU = 1 | LE = |

NUMERO : 14

01 | FP = ES | ATR = FELINO

RUE | CL = Y | CF = 0.22 | LCV = 1402

02 | PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = ES | ATR = NEGRO

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 1403

502 | PP = 0.20 | RU = 1 | LE = |

03 | FP = ES | ATR = GRANDE

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 1411

0 | PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = PANTERA

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 15

1 | FP = ES | ATR = FELINO

UE | CL = Y | CF = 0.22 | LCV = 1502

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

2 | FP = VIVE | ATR = EN LA SELVA

UE | CL = Y | CF = 0.30 | LCV = 1503

02 | PP = 0.20 | RU = 1 | LE = |

3 | FP = TIENE | ATR = MANCHAS OSCURAS

UE | CL = | CF = 0.20 | LCV = 1511

| PP = 0.40 | RU = 1 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = LEOPARDO

| CL = C | CF = 0.20 | LCV = 0

| PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 16

01 | FP = ES | ATR = FELINO

02 | CL = Y | CF = 0.22 | LCV = 1602

03 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = AMARILLO

02 | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 1603

03 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = TIENE | ATR = MELENA

01 | CL = | CF = 0.00 | LCV = 1611

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = LEON

02 | CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

03 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 17

01 | FP = ES | ATR = MAMIFERO

02 | CL = Y | CF = 0.50 | LCV = 1702

03 | PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = ES | ATR = CARNIVORO

RUE | CL = Y | CF = 0.27 | LCV = 1703

302 | PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = TIENE | ATR = COLOR CAFE

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 1704

| PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

04 | FP = TIENE | ATR = RAYAS NEGRAS

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 1711

| PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = TIGRE

| CL = C | CF = 0.22 | LCV = 0

| PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 18

1 | FP = ES | ATR = MAMIFERO

RUE | CL = Y | CF = 0.50 | LCV = 1802

01 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

2 | FP = CAMINA | ATR = ERGUIDO

LSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 1803

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

3 | FP - TIENE | ATR = VISTA ESTEREOSCOPICA

LSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 1811

02 | PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = PRIMATE
| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0
0 | PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 19

01 | FP = ES | ATR = MAMIFERO
RUE | CL = Y | CF = 0.50 | LCV = 1902
601 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = TIENE | ATR = LA CAPACIDAD DE MANIPULAR OBJETOS
| CL = | CF = 0.00 | LCV = 1911
02 | PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = PRIMATE
| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0
0 | PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 20

01 | FP = ES | ATR = PRIMATE
| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 2002
02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = PUEDE | ATR = TREPAP

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 2011

| PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = CHIMPANCE

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

| PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 21

1 | FP = ES | ATR = MAMIFERO

RUE | CL = Y | CF = 0.50 | LCV = 2102

01 | PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

2 | FP = TIENE | ATR = BOLSA EN EL VIENTRE

ELSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 2111

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = MARSUPIAL

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 2202

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 22

1 | FP = ES | ATR = MARSUPIAL

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 2202

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = PUEDE | ATR = SALTAR
| CL = | CF = 0.00 | LCV = 2211
0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = CANGURO
| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0
0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 23

01 | FP = ES | ATR = MAMIFERO
RUE | CL = Y | CF = 0.50 | LCV = 2302
601 | PP = 0.60 | RU = 1 | LE = |

02 | FP = PUEDE | ATR = VOLAR
LSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 2303
02 | PP = 0.30 | RU = 1 | LE = |

03 | FP = PUEDE | ATR = GUIARSE POR SONIDOS
| CL = | CF = 0.00 | LCV = 2311
02 | PP = 0.09 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = QUIROPTERO
| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 2402
02 | PP = 0.09 | RU = 0 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = QUIROPTERO
 | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 2402

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = TIENE | ATR = DEDOS MUY LARGOS
 | CL = | CF = 0.00 | LCV = 2411

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = MURCIELAGO
 | CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = MAMIFERO
 | CL = Y | CF = 0.50 | LCV = 2502

01 | PP = 0.30 | RU = 1 | LE = |

02 | FP = ES | ATR = CORPULENTO
 | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 2503

0 | PP = 0.20 | RU = 1 | LE = |

03 | FP = TIENE | ATR = TROMPA
 | CL = | CF = 0.00 | LCV = 2511

0 | PP = 0.10 | RU = 0 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = ELEFANTE

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.10 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 26

01 | FP = TIENE | ATR = PLUMAS

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 2611

01 | PP = 0.90 | RU = 0 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = AVE

ELSE | CL = C | CF = 0.00 | LCV = 2802

01 | PP = 0.90 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 27

01 | FP = TIENE | ATR = PICO

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 2702

01 | PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = ES | ATR = OVIPARO

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 2703

| PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = TIENE | ATR = ALAS

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 2711

| PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = AVE

FALSE | CL = C | CF = 0.00 | LCV = 2802

701 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 28

01 | FP = ES | ATR = AVE

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 2802

701 | PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = ES | ATR = BLANCO

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 2803

702 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = VIVE | ATR = CERCA DEL MAR

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 2811

| PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = GAVIOTA

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

| PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 29

01 | FP = ES | ATR = AVE

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 2902

01 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = COME | ATR = PECES

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 2903

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = TIENE | ATR = PICO CONCAVO

FALSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 2911

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = PELICANO

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 30

01 | FP = ES | ATR = AVE

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3002

01 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = PUEDE | ATR = VOLAR BASTANTE BIEN

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 3011

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = ALBATROS

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 31

01 | FP = ES | ATR = AVE

ELSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3102

01 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = ES | ATR = AMARILLO

ELSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3103

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = PUEDE | ATR = CANTAR

ELSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 3111

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = CANARIO

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 32

01 | FP = ES | ATR = AVE

ELSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3202

01 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = ES | ATR = ROJO

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3203

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = PUEDE | ATR = CANTAR

FALSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 3211

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = CARDENAL

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

A NUMERO : 33

01 | FP = ES | ATR = AVE

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3302

01 | PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = TIENE | ATR = CUELLO LARGO

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3303

02 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = CORRE | ATR = RAPIDO

FALSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 3311

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = AVESTRUZ

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 34

01 | FP = ES | ATR = AVE

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3402

701 | PP = 0.80 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = TIENE | ATR = ALAS GRANDES

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3403

602 | PP = 0.10 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = TIENE | ATR = AGUDEZA VISUAL

FALSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 3411

0 | PP = 0.09 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = AVE DE PRESA

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 3502

0 | PP = 0.09 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 35

1 | FP = ES | ATR = AVE DE PRESA

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3502

| PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = VUELA | ATR = DE DIA
| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3503

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = TIENE | ATR = COLOR CAFE
| CL = | CF = 0.00 | LCV = 3511

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = AGUILA
| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

A NUMERO : 36

01 | FP = ES | ATR = AVE
| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3602

01 | PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = VIVE | ATR = EN REGIONES HELADAS
| CL = | CF = 0.00 | LCV = 3611

0 | PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

1 | FP = ES | ATR = PINGUINO
| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.40 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 37

01 | FP = TIENE | ATR = ESCAMAS

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3702

01 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = VIVE | ATR = EN EL MAR

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 3711

01 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = PEZ

ALSE | CL = C | CF = 0.00 | LCV = 3902

01 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 38

01 | FP = RESPIRA | ATR = DENTRO DEL MAR

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3802

01 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = ES | ATR = OVIPARO

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 3811

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = PEZ

ALSE | CL = C | CF = 0.00 | LCV = 3902

01 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 39

01 | FP = ES | ATR = PEZ

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3902

101 | PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = TIENE | ATR = CUERPO ALARGADO

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3903

002 | PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = TIENE | ATR = BOCA SEMICIRCULAR

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 3904

| PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

04 | FP = TIENE | ATR = DIENTES EN FORMA TRIANGULAR

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 3911

| PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

01 | FP = ES | ATR = TIBURON

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

| PP = 0.20 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 40

01 | FP = ES | ATR = PEZ

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 4002

101 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = TIENE | ATR = CUERPO APLANADO

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 4003

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = TIENE | ATR = ALETAS PECTORALES

FALSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 4011

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = MANTA RAYA

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

A NUMERO : 41

01 | FP = PUEDE | ATR = ARRASTRARSE

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 4102

901 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = TIENE | ATR = LA PIEL DURA

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 4103

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = ES | ATR = OVIPARO

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 4111

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = REPTIL

ALSE | CL = C | CF = 0.00 | LCV = 4202

901 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 42

01 | FP = ES | ATR = REPTIL

ALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 4202

901 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = PUEDE | ATR = CAMBIAR DE COLOR

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 4211

902 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = CAMALEON

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 43

01 | FP = ES | ATR = REPTIL

ALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 4302

901 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

2 | FP = NO_TIENE | ATR = PATAS

FALSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 4311

702 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = OFIDIO

FALSE | CL = C | CF = 0.00 | LCV = 4402

702 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

A NUMERO : 44

01 | FP = ES | ATR = OFIDIO

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 4402

702 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = TIENE | ATR = CASCABEL

FALSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 4411

502 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = VIBORA DE CASCABEL

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

NUMERO : 45

01 | FP = ES | ATR = OFIDIO

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 4502

702 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = TIENE | ATR = CABEZA ANCHA

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 4511

602 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = VIBORA COBRA

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

A NUMERO : 46

01 | FP = ES | ATR = OFIDIO

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 4602

702 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = TIENE | ATR = MANCHAS AMARILLAS

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 4603

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = TIENE | ATR = MANCHAS ROJAS

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 4611

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = VIBORA CORALILLO

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

A NUMERO : 47

01 | FP = ES | ATR = REPTIL

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 4702

901 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = TIENE | ATR = CAPARAZON

FALSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 4711

302 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = TORTUGA

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

A NUMERO : 48

01 | FP = ES | ATR = REPTIL

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 4802

901 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = VIVE | ATR = EN LOS RIOS

FALSE | CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 4803

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = ES | ATR = VERDOSO

FALSE | CL = | CF = 0.00 | LCV = 4811

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = COCODRILO
| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0
0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

A NUMERO : 49

01 | FP = PUEDE | ATR = VIVIR EN EL AGUA
| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 4902
0 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = PUEDE | ATR = VIVIR EN LA TIERRA
| CL = | CF = 0.00 | LCV = 4911
0 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = ANFIBIO
| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 5002
0 | PP = 0.50 | RU = 0 | LE = |

A NUMERO : 50

01 | FP = ES | ATR = ANFIBIO
| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 5002
0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

02 | FP = NO_TIENE | ATR = CUELLO

| CL = Y | CF = 0.00 | LCV = 5003

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

03 | FP = PUEDE | ATR = SALTAR

| CL = | CF = 0.00 | LCV = 5011

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

11 | FP = ES | ATR = RANA

| CL = C | CF = 0.00 | LCV = 0

0 | PP = 0.30 | RU = 0 | LE = |

REGLAS DE PRODUCCIÓN

NTIFICA-1

L ^NOMBRE >IND ^TIENE PELO

L ^NOMBRE <IND ^ES MAMIFERO

NTIFICA-2

L ^NOMBRE >IND ^PRODUCE LECHE

L ^NOMBRE <IND ^ES MAMIFERO

NTIFICA-3

L ^NOMBRE >IND ^ES MAMIFERO

L ^NOMBRE <IND ^TIENE PEZUNAS

L ^NOMBRE <IND ^ES UNGULADO

IDENTIFICA-4

AL ^NOMBRE >IND ^ES MAMIFERO

AL ^NOMBRE <IND ^PUEDE RUMIAR

AL ^NOMBRE <IND ^ES UNGULADO

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE DEDOS-PARES-EN-PATAS

IDENTIFICA-5

AL ^NOMBRE >IND ^ES UNGULADO

AL ^NOMBRE <IND ^PUEDE MUGIR

^NOMBRE <IND ^ES VACA

NTIFICA-6

L ^NOMBRE >IND ^ES UNGULADO

L ^NOMBRE <IND ^ES RAPIDO

L ^NOMBRE <IND ^CONVIVE CON-HUMANOS

L ^NOMBRE <IND ^ES CABALLO

NTIFICA-7

L ^NOMBRE >IND ^ES UNGULADO

L ^NOMBRE <IND ^TIENE RAYAS-NEGRAS

^NOMBRE <IND ^ES CEBRA

IDENTIFICA-8

AL ^NOMBRE >IND ^ES UNGULADO

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE CUELLO-LARGO

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE MANCHAS-CAFES

AL ^NOMBRE <IND ^ES JIRAFAS

IDENTIFICA-9

AL ^NOMBRE >IND ^ES MAMIFERO

AL ^NOMBRE <IND ^VIVE EN-EL-MAR

AL ^NOMBRE <IND ^ES CETACEO

NTIFICA-10

L ^NOMBRE >IND ^ES CETACEO

L ^NOMBRE >IND ^PESA MUCHO

L ^NOMBRE >IND ^ES GRANDE

L ^NOMBRE <IND ^ES BALLENA

NTIFICA-11

^NOMBRE >IND ^ES CETACEO

^NOMBRE <IND ^ES RISUENO

^NOMBRE <IND ^MIDE MENOS-DE-2M

^NOMBRE <IND ^ES DELFIN

NTIFICA-12

L ^NOMBRE >IND ^ES MAMIFERO

L ^NOMBRE <IND ^COME CARNE

L ^NOMBRE <IND ^ES CARNIVORO

NTIFICA-13

L ^NOMBRE >IND ^ES MAMIFERO

L ^NOMBRE >IND ^TIENE COLMILLOS

L ^NOMBRE <IND ^TIENE OJOS-AL-FRENTE

L ^NOMBRE <IND ^ES CARNIVORO

IDENTIFICA-14

L ^NOMBRE >IND ^ES CARNIVORO

L ^NOMBRE <IND ^TIENE GARRAS

L ^NOMBRE <IND ^ES AGIL

L ^NOMBRE <IND ^ES FELINO

IDENTIFICA-15

^NOMBRE >IND ^ES FELINO

^NOMBRE <IND ^ES NEGRO

^NOMBRE <IND ^ES GRANDE

^NOMBRE <IND ^ES PANTERA

IDENTIFICA-16

AL ^NOMBRE >IND ^ES FELINO

AL ^NOMBRE <IND ^VIVE EN-SELVA

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE MANCHAS-OBSCURAS

AL ^NOMBRE <IND ^ES LEOPARDO

IDENTIFICA-17

AL ^NOMBRE >IND ^ES FELINO

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE COLOR-AMARILLO

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE MELENA

AL ^NOMBRE <IND ^ES LEON

NTIFICA-18

- L ^NOMBRE >IND ^ES MAMIFERO
- L ^NOMBRE <IND ^ES CARNIVORO
- L ^NOMBRE <IND ^TIENE COLOR-CAFE
- L ^NOMBRE <IND ^TIENE RAYAS-NEGRAS

- L ^NOMBRE <IND ^ES TIGRE

NTIFICA-19

- L ^NOMBRE >IND ^ES MAMIFERO
- L ^NOMBRE <IND ^ES CAMINA ERGUIDO
- L ^NOMBRE <IND ^TIENE VISTA-ESTEREOSCOPICA

- L ^NOMBRE <IND ^ES PRIMATE

IDENTIFICA-20

AL ^NOMBRE >IND ^ES MAMIFERO

AL ^NOMBRE <IND ^PUEDE MANIPULAR-OBJETOS

AL ^NOMBRE <IND ^ES PRIMATE

IDENTIFICA-21

AL ^NOMBRE >IND ^ES PRIMATE

AL ^NOMBRE <IND ^PUEDE TREPAR

AL ^NOMBRE <IND ^ES CHIMPANCE

IDENTIFICA-22

AL ^NOMBRE >IND ^ES MAMIFERO

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE BOLSA-EN-VIENTRE

AL ^NOMBRE <IND ^ES MARSUPIAL

IDENTIFICA-23

AL ^NOMBRE >IND ^ES MARSUPIAL

AL ^NOMBRE <IND ^PUEDE SALTAR

AL ^NOMBRE <IND ^ES CANGURO

IDENTIFICA-24

AL ^NOMBRE >IND ^ES MAMIFERO

AL ^NOMBRE <IND ^PUEDE VOLAR

AL ^NOMBRE <IND ^PUEDE GUIARSE-POR-SONIDOS

AL ^NOMBRE <IND ^ES QUIROPTERO

IDENTIFICA-25

AL ^NOMBRE >IND ^ES QUIROPTERO

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE DEDOS-MUY-LARGOS

AL ^NOMBRE <IND ^ES MURCIELAGO

ENTIFICA-26

AL ^NOMBRE >IND ^ES MAMIFERO

AL ^NOMBRE <IND ^ES CORPULENTO

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE TROMPA

AL ^NOMBRE <IND ^ES ELEFANTE

ENTIFICA-27

^NOMBRE >IND ^TIENE PLUMAS

^NOMBRE <IND ^ES AVE

IDENTIFICA-28

AL ^NOMBRE >IND ^TIENE PICO

AL ^NOMBRE <IND ^ES OVIPARO

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE ALAS

AL ^NOMBRE <IND ^ES AVE

IDENTIFICA-29

AL ^NOMBRE >IND ^ES AVE

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE COLOR-BLANCO

AL ^NOMBRE <IND ^VIVE CERCA-DEL-MAR

AL ^NOMBRE <IND ^ES GAVIOTA

IDENTIFICA-30

AL ^NOMBRE >IND ^ES AVE

AL ^NOMBRE <IND ^COME PECES

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE PICO-CONCAVO

AL ^NOMBRE <IND ^ES PELICANO

IDENTIFICA-31

AL ^NOMBRE >IND ^ES AVE

AL ^NOMBRE <IND ^PUEDE VOLAR-BIEN

AL ^NOMBRE <IND ^ES ALBATROS

IDENTIFICA-32

AL ^NOMBRE >IND ^ES AVE

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE COLOR-AMARILLO

AL ^NOMBRE <IND ^PUEDE CANTAR

AL ^NOMBRE <IND ^ES CANARIO

IDENTIFICA-33

AL ^NOMBRE >IND ^ES AVE

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE COLOR-ROJO

AL ^NOMBRE <IND ^PUEDE CANTAR

AL ^NOMBRE <IND ^ES CARDENAL

IDENTIFICA-34

AL ^NOMBRE >IND ^ES AVE

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE CUELLO-LARGO

AL ^NOMBRE <IND ^CORRE RAPIDO

AL ^NOMBRE <IND ^ES AVESTRUZ

IDENTIFICA-35

AL ^NOMBRE >IND ^ES AVE

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE ALAS-GRANDES

AL ^NOMBRE <IND ^TIENE AGUDEZA-VISUAL

AL ^NOMBRE <IND ^ES AVE-DE-PRESA

IDENTIFICA-36

MAL ^NOMBRE >IND ^ES AVE-DE-PRESA

MAL ^NOMBRE <IND ^TIENE VUELO-DIURNO

MAL ^NOMBRE <IND ^TIENE COLOR-CAFE

E

MAL ^NOMBRE <IND ^ES AGUILA

IDENTIFICA-37

MAL ^NOMBRE >IND ^ES AVE

MAL ^NOMBRE <IND ^VIVE EN-REGIONES-HELADAS

MAL ^NOMBRE <IND ^ES PINGUINO

DENTIFICA-38

MAL ^NOMBRE >IND ^TIENE ESCAMAS

MAL ^NOMBRE <IND ^VIVE EN-EL-MAR

E

MAL ^NOMBRE <IND ^ES PEZ

DENTIFICA-39

MAL ^NOMBRE >IND ^PUEDE RESPIRAR-EN-AGUA

MAL ^NOMBRE <IND ^ES OVIPARO

E

MAL ^NOMBRE <IND ^ES PEZ

DENTIFICA-40

- MAL ^NOMBRE >IND ^ES PEZ
- MAL ^NOMBRE <IND ^TIENE CUERPO-ALARGADO
- MAL ^NOMBRE <IND ^TIENE BOCA-SEMICIRCULAR
- MAL ^NOMBRE <IND ^TIENE DIENTES-TRIANGULARES

- E
- MAL ^NOMBRE <IND ^ES TIBURON

DENTIFICA-41

- MAL ^NOMBRE >IND ^ES PEZ
- MAL ^NOMBRE <IND ^TIENE CUERPO-APLANADO
- MAL ^NOMBRE <IND ^TIENE ALETAS-PECTORALES

- E
- MAL ^NOMBRE <IND ^ES MANTA-RAYA

DENTIFICA-42

MAL ^NOMBRE >IND ^PUEDE ARRASTRARSE

MAL ^NOMBRE <IND ^TIENE PIEL-DURA

MAL ^NOMBRE <IND ^ES OVIPARO

MAL ^NOMBRE <IND ^ES REPTIL

DENTIFICA-43

MAL ^NOMBRE >IND ^ES REPTIL

MAL ^NOMBRE <IND ^PUEDE CAMBIAR-COLOR

MAL ^NOMBRE <IND ^ES CAMALEON

DENTIFICA-44

MAL ^NOMBRE >IND ^ES REPTIL

MAL ^NOMBRE <IND ^NO-TIENE PATAS

E

MAL ^NOMBRE <IND ^ES OFIDIO

DENTIFICA-45

MAL ^NOMBRE >IND ^ES OFIDIO

MAL ^NOMBRE <IND ^TIENE CASCABEL

E

MAL ^NOMBRE <IND ^ES VIBORA-CASCABEL

IDENTIFICA-46

MAL ^NOMBRE >IND ^ES OFIDIO

MAL ^NOMBRE <IND ^TIENE CABEZA-ANCHA

E

MAL ^NOMBRE <IND ^ES VIVORA-COBRA

IDENTIFICA-47

MAL ^NOMBRE >IND ^ES OFIDIO

MAL ^NOMBRE <IND ^TIENE MANCHAS-AMARILLAS

MAL ^NOMBRE <IND ^TIENE MANCHAS-ROJAS

E

MAL ^NOMBRE <IND ^ES VIBORA-CORALILLO

DENTIFICA-48

MAL ^NOMBRE >IND ^ES REPTIL

MAL ^NOMBRE <IND ^TIENE CAPARAZON

E

MAL ^NOMBRE <IND ^ES TORTUGA

DENTIFICA-49

MAL ^NOMBRE >IND ^ES REPTIL

MAL ^NOMBRE <IND ^VIVE EN-RIOS

MAL ^NOMBRE <IND ^TIENE COLOR-VERDE

E

MAL ^NOMBRE <IND ^ES COCODRILO

IDENTIFICA-50

AL ^NOMBRE >IND ^PUEDE VIVIR-EN-AGUA

AL ^NOMBRE >IND ^PUEDE VIVIR-EN-TIERRA

AL ^NOMBRE <IND ^ES ANFIBIO

IDENTIFICA-51

AL ^NOMBRE >IND ^ES ANFIBIO

AL ^NOMBRE <IND ^NO-TIENE CUELLO

AL ^NOMBRE <IND ^PUEDE SALTAR

AL ^NOMBRE <IND ^ES RANA

ENTIFICA-52

AL ^NOMBRE >IND ^ES UN-TIPO. ^TIPO >CLS

AL ^NOMBRE <IND ^ES PADRE ^HIJO >PAR

AL ^HIJO <PAR ^ES UN-TIPO ^TIPO <CLS