

Papel de la búsqueda asociativa de información en el proceso de razonamiento

*Reinaldo Sánchez Álvarez **, *Rafael Bello Pérez ***

Resumen

Se estudian los elementos de inferencias del proceso de razonamiento y su relación con los tipos de memorias del hombre. De los resultados obtenidos mediante diferentes experimentos realizados sobre el comportamiento de los individuos cuando se enfrentan a determinados estímulos, en el afán de modelar el aprendizaje mediante la teoría de las probabilidades y la estadística matemática, así como los paradigmas de la inteligencia artificial, se expone una definición de búsqueda asociativa de información (BAI); se describe el papel que cumple la BAI en el proceso de razonamiento y se proponen modelos a los elementos de inferencias.

----- *Palabras clave:* inferencia, búsqueda asociativa, razonamiento, memoria.

Abstract

The elements of inferences of the reasoning process and their relationship are studied with the types of the man's memoirs. From the results obtained by means of different experiments carried out on the behavior of the individuals when they face certain stimuli, in the desire of modeling the learning by means of the theory of the probabilities and the Mathematical statistic, as well as the paradigms of the artificial intelligence, a definition of Associative Search of Information (BAI) is exposed; the paper that the BAI plays in the reasoning process is described and models for the elements of inferences are proposed.

----- *Key words:* inference, associative search, reasoning, memory.

* Miembro del Grupo de Investigación y Desarrollo, Grupo Empresarial Geocuba, Guantánamo Cuba.

** Facultad de Matemática-Física y Computación, Universidad Central de las Villas, Santa Clara Cuba, Email: rbellop@uclv.etecs.cu.

1. Introducción

El pensamiento no solo es objeto de estudio de la lógica, sino también de otras ciencias: la psicología, la cibernética, la pedagogía, etc. con la particularidad de que cada una indaga un aspecto determinado del pensamiento. La psicología, por ejemplo, investiga lo que concierne a sus motivaciones y descubre sus peculiaridades individuales. La cibernética está interesada en el procesamiento rápido y eficiente de la información mediante computadoras, la interdependencia del pensamiento y el lenguaje (natural, artificial), los métodos y modos de programación, los problemas del aparato matemático de las computadoras etc. La pedagogía estudia el pensamiento como proceso cognoscitivo en la instrucción y educación de la nueva generación [1].

En la mayoría de los paradigmas de la inteligencia artificial está presente el razonamiento, donde la representación del conocimiento en la memoria cumple un papel imprescindible para que se pueda manifestar en sus variadas formas. Uno de los procesos básicos en el que se basa esta relación razonamiento-memoria es la búsqueda asociativa de información.

En la mente del hombre no puede aparecer un pensamiento cuyos elementos no se encuentren registrados en su memoria; inclusive la idea nueva que fundamenta un descubrimiento científico no constituye una excepción de la regla [4]. Hacer asociaciones entre elementos que antes se consideraban aislados, es un acto de creatividad, precisamente esta nueva realización está determinada por un mecanismo de búsqueda asociativa en la memoria del hombre.

Durante el razonamiento el pensamiento se va haciendo de muchos datos, que rebasan los límites de las condiciones iniciales y utilizando estos datos se llega a nuevas conclusiones [4]. Cada nuevo dato recuperado es producto de un esfuerzo mental. El conocimiento es un proceso dialéctico de reflejo del mundo material en la conciencia humana; es el movimiento de la idea del desconocimiento al conocimiento, de un co-

nocimiento incompleto e inexacto a uno más completo y más exacto [1]. Tanto el fenómeno de ir recuperando muchos datos como el movimiento del conocimiento incompleto al completo pueden ser considerados como una búsqueda asociativa de información, de donde surge la pregunta: ¿Qué papel desempeña la búsqueda asociativa en el razonamiento? En este trabajo se hace un estudio de la relación entre razonamiento y memoria, se expone una definición de búsqueda asociativa de información, se describe la relación entre los tipos de memorias del hombre y los elementos de inferencia y por último se proponen modelos de forma general de los elementos de inferencias.

2. Relación entre razonamiento y memoria

El razonamiento es la forma del pensamiento mediante la cual, partiendo de uno o varios juicios verdaderos, denominados premisas, se llega a una conclusión conforme a ciertas reglas de inferencias. Es una forma del pensamiento mediante la cual y a base de ciertas reglas de inferencia de uno o varios juicios, se infiere lo necesario o con determinado grado de probabilidad [1].

También se refiere en general a diferentes clases de actividades, entre ellas: extraer conclusiones desde un conjunto de hechos, diagnosticar posibles causas para alguna situación, resolver un problema, etc. Razonar incluye la aplicación de reglas de inferencia de forma organizada en función de un objetivo o problema principal [5]. Aunque en este caso no se expone una definición pragmática de razonamiento, en la misma se refiere a inferencias organizadas, por eso para análisis posteriores, enunciaremos algunos de los elementos de inferencias, deducidos de un experimento realizado con varios diseñadores [2], entre ellos.

- a. Reinterpretación de una idea en términos de ideas diferentes pero familiares.
- b. Visualización y simulación mental útil en la evaluación, elaboración de ideas y reformación de problemas.

- c. Relajamiento y sustitución de restricciones, útil en la reformatión y elaboración de problemas.
- d. Determinación de relevancia.
- e. Determinación de anomalías.

2.1 Componentes de un sistema de razonamiento

Un sistema de razonamiento tiene varios componentes básicos, entre ellos: el esquema o forma de representar el conocimiento (lógica, FRAMES, redes semánticas, etc.), un conjunto de reglas de inferencias (resolución, instanciación de FRAMES, etc.) y algunos medios para controlar la forma en que el sistema aplica las reglas de inferencia en busca de una solución (razonamiento hacia adelante, razonamiento hacia atrás, etc.) [4], también llamado dirección de la búsqueda.

Una vez seleccionada la dirección del razonamiento durante el proceso de búsqueda, es necesario definir la estrategia con la que se explora el espacio y puede ser una búsqueda a ciegas o una búsqueda heurística [4].

2.2 Papel de la memoria en el razonamiento

La memoria permite relacionar el presente con el pasado y que ambos trasciendan al futuro. Cada vez que la conducta actual se ordena en función de las experiencias vividas, existe un acto de memoria. Gracias a la memoria el hombre puede adquirir experiencias, generalizarlas y usarlas en la solución de nuevos problemas [4].

De acuerdo con estos atributos de la memoria se puede deducir los elementos *a*, *b* y *c*, de la inferencia.

En la reinterpretación de una idea en términos de ideas diferentes pero familiares (elemento *a*), se hace necesario relacionar el presente con el pasado que parece ser familiar, donde:

Presente: es la idea activa, que se reinterpreta.

Pasado: conjunto de ideas familiares a la idea activa.

La experiencia vivida en el pasado es usada nuevamente para las nuevas condiciones del presente; lo que permite reinterpretar lo nuevo. En otras palabras el pasado y el presente se mezclan para ambos trascender al futuro. Este tipo de razonamiento se denomina analógico (véase la figura 1).

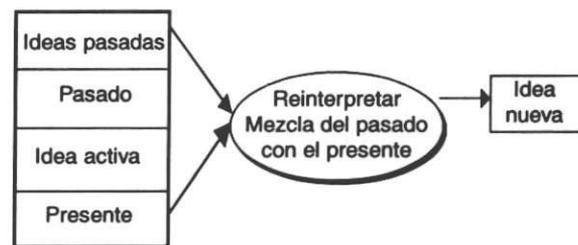


Figura 1 Elemento (a) de la inferencia

La posibilidad de ordenar la conducta actual en función de las experiencias vividas puede ser equivalente a emplear los elementos *b* y *c* de la inferencia. Es decir la ordenación de la conducta podría estar precedida por una visualización y simulación mental de las experiencias pasadas, o un relajamiento o sustitución de restricciones. También haciendo una reiteración de este proceso es posible llevar a cabo la evaluación de la situación actual y poder así reformar los problemas.

La memoria es también una pieza clave en el sentido común. Cuando pedimos una comida en un restaurante frecuentemente basamos la decisión en lo que posiblemente ellos elaboren bien, de acuerdo con otras experiencias vividas en ese restaurante [4]. Esto es una forma de determinar las cosas que son relevantes, que es el elemento *d* de la inferencia.

El hecho de que el hombre cometa errores y los pueda rectificar, puede ser un mecanismo útil en la determinación de anomalías, el cual es considerado como una forma de manifestarse el elemento *e* de la inferencia.



Figura 2 Elementos b y c de la inferencia

La memoria está presente en cada elemento de la inferencia, su ordenamiento y recuperación es compleja, debido a que sus elementos están interconectados, permitiendo además aceptar nuevas interrelaciones entre sus componentes que antes no estaban establecidas, de aquí su carácter asociativo. El carácter asociativo de la memoria y por ende del recuerdo, cumple un papel determinante en el razonamiento; en la formación de asociaciones tiene un papel fundamental la realidad objetiva en la cual se desenvuelve el individuo en la sociedad [4].

Sin memoria no es posible hacer inferencia y sin inferencia no es posible hacer razonamiento.

2.3 Clases de memorias

Hasta ahora hemos analizado de forma general el papel de la memoria en el proceso de razonamiento. Sin embargo el común de la gente piensa que hay dos tipos de memoria la de corto y largo plazo, llamadas también transitoria y la permanente. Pero según una nueva teoría del neurólogo Murray Grossman [24], de la Universidad de Pennsylvania, considera que hay cinco clases de memorias, cada una de las cuales se almacena en un área diferente del cerebro y decae de forma distinta con el paso de los años. En su orden de duración Murray la clasifica en: [12]

- **Semántica:** lo que las palabras y los símbolos significan, es una memoria altamente perdurable y ésta se puede enriquecer hasta la muerte. Se almacena en el llamado giro angular [12].

- **Implícita:** quien aprende a montar en bicicleta, conducir un auto o nadar nunca lo olvida. Éstas y otras habilidades que dependen del recuerdo automático de una serie de movimientos no se olvidan. Éstos se mantienen en el cerebelo. Su pérdida es un signo de un serio deterioro mental [12].
- **Remota:** esta es la que hace ganar dinero en los concursos de conocimientos. Está formada por millones de datos recolectados a través de los años y parece disminuir con la edad, aunque el declive podría ser simplemente un problema de interferencia en su recuperación [12].
- **Trabajadora:** es de extremado corto término pero permite la habilidad de mantener en mente varias cosas al mismo tiempo como: leer la correspondencia, hablar por teléfono y responder una pregunta a otro interlocutor. Por razones que aún no son claras la gente empieza a perder esa capacidad a los cincuenta años. Se localiza en la corteza prefrontal [12].
- **Episódica:** es creada en el hipocampo por el recuerdo de experiencias recientes. La película que usted vio la semana pasada y el nombre del cliente con quien almorzó ayer o dónde puso sus anteojos y se reduce con el tiempo [12].

2.4 Clases de memorias y los elementos de inferencia

Como la memoria desempeña un papel determinante en la inferencia a continuación exponemos algunas reflexiones nuestras, sobre los tipos de memorias presente en cada uno de los elementos de inferencia.

- a. **Reinterpretación de ideas en términos de ideas diferentes pero familiares.** De acuerdo con la figura 1 del epígrafe 2.2 podemos plantear que para que un individuo pueda llevar a cabo este proceso, es necesario que tenga un conjunto de ideas interrelacionadas con los elementos de los procesos que dieron su ori-

gen almacenadas en algún lugar, tener un sitio dónde buscar el significado de las palabras y los símbolos tanto de las ideas almacenadas como la activa y un tercer lugar para poner a funcionar de forma simultánea las ideas familiares seleccionadas y a partir de entonces hacer la reinterpretación. Por tanto partiendo de lo que se plantea en el epígrafe 2.3 y estas reflexiones consideramos que fundamentalmente para realizar este proceso es necesario utilizar las memorias; semántica, remota, implícita y trabajadora.

- b. Visualización y simulación mental. Para este proceso se necesita un sitio donde poder visualizar mentalmente los procesos y ponerlo a funcionar de forma virtual. Un proceso puede ser complejo y su simulación o experimentación puede requerir poner a funcionar varios subprocesos al mismo tiempo. También es posible la incorporación de elemento del recuerdo automático de otros procesos antes simulados. Durante la simulación se pueden ir incorporando diferentes elementos productos de asociaciones requeridas y para establecer estas nuevas asociaciones es necesario la recuperación de significados de palabras y símbolos, las cuales están regidas por leyes o principios ya conocidos o deducidos que permiten hacer una valoración de la simulación y a partir de entonces poder reformar problemas y elaborar nuevas ideas, por ende se necesita del uso de las memorias: semántica, remota, implícita y trabajadora.
- c. Determinación de relevancia. Una forma de determinar relevancia podría ser la descomposición de un problema complejo en sus partes más sencillas, compararlos con subproblemas ya conocidos, brindando sus atributos y aquellas leyes o principios que lo regulan las cuales permiten interrelacionarlos con el resto. Otra forma para determinar relevancia, es analizar las cosas familiares con las conocidas que en algún momento fueron determinadas como relevantes. Memorias presentes: semántica, implícita, remota y trabajadora.

- d. Determinación de anomalías. Este proceso puede ser específico para determinado contexto, pero en forma general se hace una jerarquía de niveles con los subsistemas identificados y por cada uno de estos niveles se determinan cuales pueden ser inadecuados o simplemente constituir una anomalía, para ello es necesario recuperar información que esté relacionada con cada uno de los subsistemas y determinar cuáles de ellos no pueden formar un todo dentro de un sistema mayor. Esta tarea en ocasiones puede ser compleja necesitando la combinación de muchos elementos del conocimiento almacenados acerca del dominio con el que se está trabajando con el objetivo de buscar, relacionarlos con otros subsistemas a los cuales ya se les determinarán las anomalías, luego debe conocerse qué significan los símbolos, palabras, etc. Recuerdo automático de subsistemas y su ubicación en el espacio y el tiempo. Están presentes las memorias semántica, remota, implícita y trabajadora.

3. La búsqueda asociativa de información (BAI) y los elementos de inferencia

En los apartados del 2.1 a 2.4 se hizo una discusión sobre algunos de los elementos de inferencia presentes en el razonamiento; se pudo apreciar que para que se manifieste un proceso de inferencia es necesario efectuar búsquedas asociativas de información sobre diferentes clases de memorias. Sin embargo, para poder incorporar la BAI, dentro de los procesos de inferencia, proponemos una definición de la misma, enmarcándola dentro de varios paradigmas de la inteligencia artificial. En el libro *Information and inference* editado por Hintikka J. y Patrick S. en el año 1970 [5], trataron la problemática de la modelación del aprendizaje mediante modelos de probabilidades y estadística matemática, hicieron referencia a varios experimentos donde ellos plantearon que:

- a. Cada estímulo es aparejado exactamente con una de las respuestas posible, después que el

sujeto analiza un estímulo, escoge la respuesta que él considera correcta y la experimenta [5]. A este tipo de paridad la denominamos Paridad Asociativa Completa (PAC).

- b. En muchas ocasiones los sujetos, frente a cada estímulo, no pueden aparejarlo exactamente con una respuesta de las posibles, por eso el individuo escoge la que considera que le ofrece un ambiente óptimo y repite este proceso y a partir de la combinación de las respuestas escogidas emite un resultado final. Consideramos que puede ser llamada paridad asociativa incompleta (PAI).

Por otro lado, el paradigma de la IA de los modelos de redes de neuronas artificiales (RNA) ha tenido aplicación en la búsqueda asociativa de información (BAI), de lo que se infiere reconocer un tipo de paridad asociativa enmarcada por dichos modelos, la cual la denominamos paridad autoasociativa (PAU). Hay momentos en que los individuos ante los estímulos ofrecen varias respuestas y después de un análisis se determina cuál es la más conveniente, esta caracterización se puede considerar como una paridad asociativa múltiples (PAM).

3.1 Definición de búsqueda asociativa de información

Una BAI es un trío (P, R, *Selector*) donde: P un conjunto de peticiones (estímulos), R un conjunto de N respuestas o alternativas y *Selector* es un procedimiento de búsqueda que se puede llevar a cabo por medio de una función S de $P \times R$ en R y consiste en hacer una asociación entre los elementos de P y R por medio de alguno de los procesos de paridad siguientes.

- a. Paridad asociativa completa (PAC).
- b. Paridad asociativa incompleta (PAI).
- c. Paridad asociativa múltiple (PAM).
- d. Paridad autoasociativa (PAU).

Para que el *Selector* lleve a cabo uno de estos procesos de paridad se pueden utilizar algunos

paradigmas de la inteligencia artificial, entre ellos: funciones de semejanza y redes de neuronas artificiales.

Una estructura BAI puede ser ilustrada como sigue:

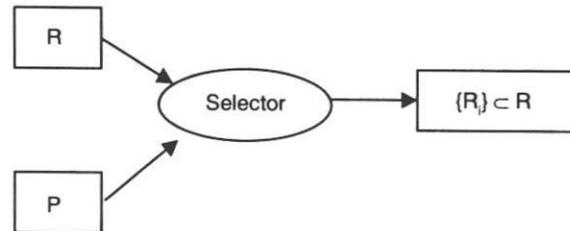


Figura 3 Procesos de BAI

3.2 La BAI y los elementos de inferencias

Partiendo de la definición de BAI se pueden formalizar algunos elementos de la inferencia anteriormente explicados.

- a. Reinterpretación de una idea en términos de ideas diferentes pero familiares. Este proceso puede ser considerado como una estructura de cuatro elementos (W, BC, BAI, *Intérprete*) donde W es la memoria de trabajo, BC base de conocimientos, BAI proceso de búsqueda asociativa de información e *Intérprete* es quien hace la reinterpretación de la idea actual. Este construye el conjunto de peticiones P (pudiera ser características de la idea por reinterpretar, etc.) para ello utiliza a BC (puede ser una caracterización de las ideas pasadas de un dominio, usando alguna forma de representar el conocimiento: redes semánticas, FRAMES, reglas y etc.) y activa al proceso BAI el cual explora el espacio de búsqueda dando respuesta a las peticiones elaboradas por el *Intérprete*, deja los resultados en la memoria de trabajo W, el BAI informa la culminación de la tarea asignada y a partir de entonces el *Intérprete* hace la reinterpretación de la idea, quedando el resultado en la memoria de trabajo y disponible para ser usado por otro proceso.

Descripción en forma de proceso

- 1) $P = \text{Intérprete} (E, BC)$.
- 2) $W = \text{BAI}(P)$.
- 3) Idea reinterpretada = $\text{Intérprete} (W, BC)$.

Podemos considerar que tanto el proceso BAI como el *Intérprete* pueden trabajar en paralelo, no necesariamente el proceso *Intérprete* se tiene que activar solo cuando se hayan elaborado todas las peticiones.

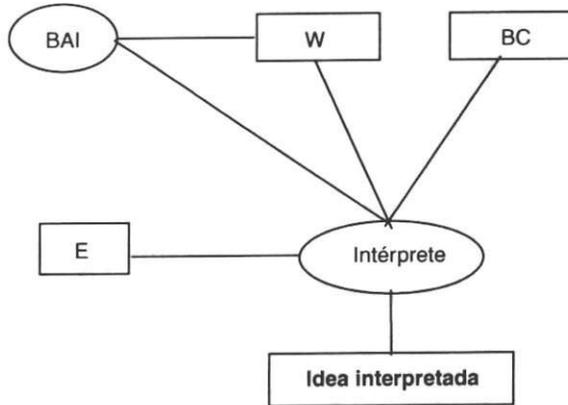


Figura 4 Proceso de inferencia a. reinterpretación de ideas

b. Visualización y simulación mental. Lo representamos como una estructura de cinco elementos, ($W, BC, BAI, \text{Simulador}, \text{Intérprete}$). El *Intérprete* elabora peticiones que pueden estar encaminadas a la obtención de prototipo de procesos cuyas propiedades y atributos están guardadas, BAI obtiene los prototipos y el *Simulador* los adapta al nuevo evento, realizando su simulación. El *Intérprete* hace una valoración de la simulación demandando necesidades como por ejemplo: reformación del problema, nuevas interrogantes, etc.

Descripción en forma de proceso

- 1) $P = \text{Intérprete} (E, BC)$.
- 2) $W_1 = \text{BAI}(P)$.
- 3) $W_2 = \text{Simulador} (W_1, BC)$.
- 4) Problema e ideas nuevas = $\text{Intérprete} (W_2, BC)$.

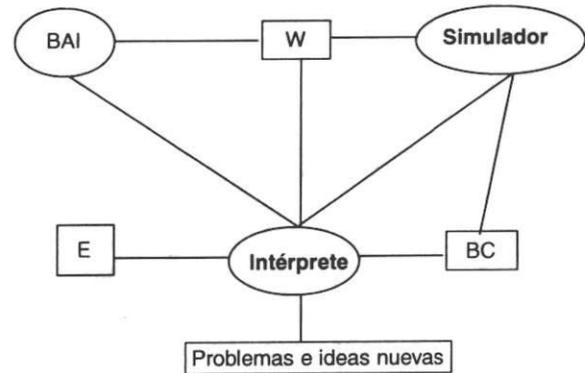


Figura 5 Proceso de inferencia b. visualización y simulación mental

c. Sustitución y relajamiento de restricciones. En forma de esquema se puede ver como una estructura de seis elementos ($W, BC, BAI, \text{Simulador}, \text{Relajador}, \text{Intérprete}$), donde: el *Relajador* de forma lógica y dinámica intercala con el *Simulador* y procede a modificar o sustituir restricciones y el *Intérprete*, con los resultados del *Relajador*, hace nuevas reformaciones del problema o plantea nuevos interrogantes.

Descripción en forma de proceso

- 1) $P = \text{Intérprete} (E, BC)$.
- 2) $W_1 = \text{BAI}(P)$.
- 3) $W_2 = \text{Simulador} (W_1, BC)$.
- 4) $W_3 = \text{Relajador} (W_2, BC)$.
- 5) Problema e ideas nuevas = $\text{Intérprete} (W_3, BC)$.

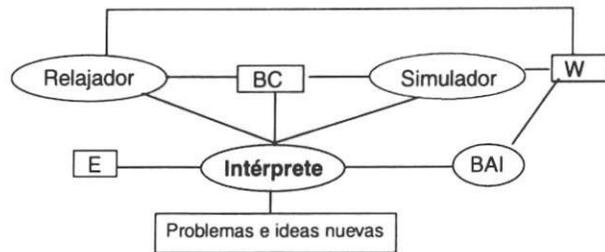


Figura 6 Proceso de inferencia c. sustitución y relajamiento de restricciones

d. **Determinación de relevancia.** Este proceso en su forma más simple se puede manifestar como un BAI que brinda como respuestas las experiencias pasadas con mejores índices de importancia. Pero en ocasiones puede constituir un proceso complejo; cuando esto ocurre una estructura de cinco componentes puede representar este proceso de la manera siguiente: (W, BC, BAI, *Simulador*, *Intérprete*), el *Intérprete* recibe la información de entrada, si es necesario establece niveles de jerarquías, generando para cada nivel peticiones para BAI, deja los resultados en la memoria de trabajo, el *Simulador* simula los procesos organizados por los niveles de jerarquías, cambiando el estado de la memoria de trabajo y por último el *Intérprete* determina las relevancias, entre ellas tenemos: la raíz del árbol puede ser relevante junto con sus propiedades y atributos, las propiedades y atributos presente en todos los niveles permiten determinar cuáles son las diferencias entre los procesos y el lugar que estos ocupan en el sistema, tales diferencias pueden ser también relevantes. Las relevancias se determinan suponiendo que el sistema funciona como un todo.

Descripción en forma de proceso

- 1) (P, Jerarquía) = *Intérprete* (E, BC).
- 2) W1 = BAI(P).
- 3) W2 = *Simulador* (W1, BC).
- 4) Relevancia = *Intérprete* (W2, BC).

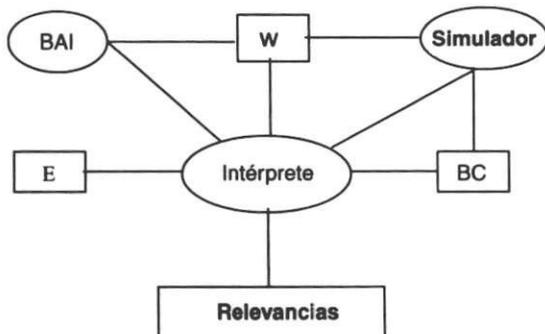


Figura 7 Proceso de inferencia d. determinación de relevancia

e. **Determinación de anomalías.** Este proceso es análogo al proceso del elemento d., con la diferencia de que se parte o se conoce que el sistema no constituye un todo, por tanto la tarea del *Intérprete* es detectar esas anomalías recorriendo los niveles del árbol inicialmente creado.

Descripción en forma de proceso

- 1) (P, Jerarquías) = *Intérprete* (E, BC).
- 2) W1 = BAI(P).
- 3) W2 = *Simulador* (W2, BC).
- 4) Anomalías = *Intérprete* (W2, BC).

Los procesos de inferencias tienen un carácter concurrente, es decir para manifestarse uno de ellos puede necesitar poner a funcionar otro o la combinación de un grupo de ellos. Por ejemplo para determinar relevancia pudieran sustituirse o modificar restricciones y haciendo un análisis de los efectos causados, se pueden enumerar las relevancias, pueden determinarse de antemano posibles anomalías mediante un proceso BAI.

4. Conclusiones

- La búsqueda asociativa de información es un elemento importante en el proceso de razonamiento, está presente en cada elemento de la inferencia.
- Los elementos de inferencias se manifiestan como producto de la organización de la memoria del hombre en cinco tipos: semántica, implícita, remota, trabajadora y episódica, lo que indica que una base de conocimientos rica en formas de representar el conocimiento puede ser más adecuada para poder aplicar los elementos de inferencias expuestos en este documento.

5. Referencias

1. Guétmanova, Alexandra, (1992) *Lógica*, Biblioteca del estudiante, 1992.
2. Ram, Ashwin, Lidia Wills, Eric Domeshek, Nancy Nersessian, Janet Kolodner, 1995, *Understanding the*

- creative mind: College of Computing, Georgia Institute of Technology.* Atlanta Georgia 30332-0280.
3. Bello Pérez, Rafael, *Curso introductorio a las redes neuronales artificiales.* Departamento de Computación Universidad Central de las Villas, Cuba 1993, pp. 98-119, 1993.
 4. Bello Pérez, Rafael, *Sistemas basados en conocimientos.* Departamento de Computación Universidad Central de las Villas, Cuba 1994, pp. 6-10, 1994.
 5. Jaakko, Hitikka, Patrick Suppes, *Information and inference:* Stanfor University. Copyright ©1970 By Reidel Publishing Company. Printed in the Netherlands, pp. 217, 1970.
 6. Anderson, John R. and Robert, Milson, Human memory an adaptive perspective: *Psychological Review*, Vol. 96, No. 4, 1989, pp. 703-719, 1989.
 7. Cohen, Jonathan D. and Kevin Dunbar, On the control of automatic processes, a parallel distributed, processing account of the stroop effect: *Psychological Review*, Vol. 97. No. 3, pp. 332-361, 1990.
 8. Kolodner, Janet, *Case-Based Reasoning*, Ed Morgan Kaufmann. San Mateo CA, 1993.
 9. Lokendra, Shastri and Venkat Ajjanagadle, From simple associations to systematic reasoning, a connectionist representation of rules, variables and dynamic bindings, using temporal synchrony: *Behavioral and Brain Sciences*, 16, pp. 477-494, 1993.
 10. Seindenberg, Mark S. And Janes L. McClelland, A distributed developmental model of word, recognition and naming: *Psychological Review*, Vol. 96, No. 4, 1989, pp. 523-568, 1989.
 11. Humohreys, Michael S., John D. Bian, Ray Pike, Different cue a coherent memory system, a theory for episodic, semantic and procedural tasks: *Psychological Review*, Vol. 96, No. 2, 1989, pp. 208-233, 1989.
 12. Revista, Moderna, La sombra del olvido: *Semana 2* de mayo, 1995.