

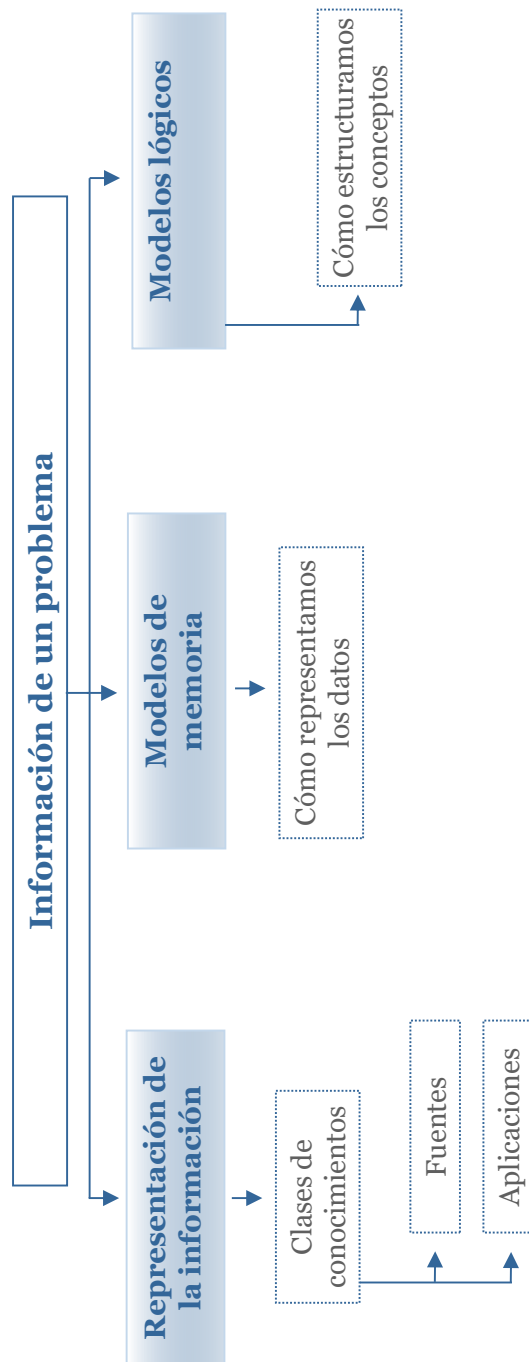
Razonamiento y Planificación Automática

Representación de la información

Índice

Esquema	3
Ideas clave	4
2.1. ¿Cómo estudiar este tema?	4
2.2. Técnicas de representación simbólica	5
2.3. Clases de conocimiento	8
2.4. Modelos de memoria	10
2.5. Modelos lógicos	13
2.6. Referencias bibliográficas	15
Lo + recomendado	16
+ Información	18
Test	20

Esquema



2.1. ¿Cómo estudiar este tema?

Para estudiar este tema lee las **Ideas clave** que encontrarás a continuación.

En este tema analizaremos cuatro puntos fundamentales para poder entender los mecanismos de representación de la información para agentes inteligentes:

- ▶ La representación de la información: ¿por qué es necesaria?, ¿cómo puede representar lo que configura el entorno?
- ▶ Del conocimiento que tenemos *a priori* y que podemos proporcionar al agente: ¿cuál es útil?, ¿cómo lo expreso?
- ▶ De la información que recibimos en cada instante y que procesamos: ¿cómo podemos almacenarla?, ¿en qué influye lo que ya ha experimentado un agente?
- ▶ Con toda la información que tenemos extraída de la percepción, ¿cómo podemos crear más información?

Veremos a lo largo del tema que los distintos enfoques de agente que queramos emplear para resolver un problema influyen notablemente en los esquemas de diseño de la información y en cómo gestionamos su almacenamiento e inferimos nuevos datos desde ello.

2.2. Técnicas de representación simbólica

Si tomamos en consideración el esquema de agente que debe realizar una toma de decisiones de acuerdo a las percepciones recibidas de los cambios del entorno en el que se encuentra, nos encontramos con un primer problema: ¿cómo representamos la información que caracteriza el entorno y el conocimiento que tenemos del problema?

Ya hemos visto la importancia de definir bien un problema. Ahora detallaremos los modelos estándar de representación de dicha información y especificación del problema.

¿Qué es la representación de la información?

Cualquier entidad inteligente que desee razonar sobre su mundo encuentra un hecho importante e ineludible: el razonamiento es un proceso que ocurre internamente, mientras que la mayoría de las cosas sobre las que desea razonar existen solo externamente. Un agente (o persona) dedicado a planificar el montaje de una bicicleta, por ejemplo, puede tener que razonar sobre entidades como ruedas, cadenas, piñones, manubrios, etc., pero tales cosas existen solo en el mundo externo.

Esta inevitable dicotomía es una razón fundamental y un rol para una representación: funciona como un sustituto dentro del razonador, un sustituto de las cosas que existen en el mundo. Las operaciones en y con representaciones sustituyen las operaciones en lo real, es decir, sustituyen la interacción directa con el mundo. En este punto de vista, el razonamiento en sí mismo es, en parte, un sustituto de la acción en el mundo, cuando no podemos o no (todavía) queremos tomar esa acción (Brachman y Levesque, 1985).

Las representaciones que tengamos de la información funcionan como sustitutos de nociones abstractas como acciones, procesos, creencias, causalidad, categorías, etc., lo que les permite ser descritas dentro de una entidad para que pueda razonar sobre ellas.

Técnicas de representación

La representación explícita y formal del conocimiento sobre un problema requiere el uso de técnicas particulares. En el campo de la representación simbólica del conocimiento dentro de la inteligencia artificial, se han propuesto diversas formas de representación (Molina, 2006). Como muestra de estas técnicas tenemos, por ejemplo:

Marcos: que son representaciones estereotipadas de situaciones, conceptos, ideas u objetos. Los procesos de inferencia se realizan por medio de la jerarquía u ordenación de los mismos.

Lógica: representación e inferencia basada en modelos lógicos formales.

Reglas: por medio del encadenamiento hacia adelante se produce la inferencia de sentencias condicionales basadas en estructuras de la forma SI-ENTONCES.

Restricciones: interrelaciones entre variables por medio de un dominio de valores posibles. La inferencia se realiza a través de técnicas de propagación de restricciones o consistencia de arco.

Red bayesiana: red causal basada en valoraciones cuantitativas probabilistas de la influencia o relaciones entre antecedentes y consecuentes.

Lógica difusa: valoraciones semánticas experienciales que nos identifican valores de pertenencia a conjuntos de características borrosas. El proceso de inferencia se realiza por medio de modelos matemáticos de lógica especializada para estos entornos.

Figura 1. Técnicas de representación.

En general, una forma de representación del conocimiento debe satisfacer los siguientes requisitos (Molina, 2006):

- ▶ Formal: la representación no debe presentar ambigüedades. Por ejemplo, el lenguaje natural no se considera representación del conocimiento debido a las ambigüedades que presenta.
- ▶ Expresiva: la representación debe ser suficientemente rica como para capturar los diferentes aspectos que sea necesario distinguir. Por ejemplo, las fórmulas lógicas de cálculo de predicados constituyen una representación más expresiva que la que se maneja en cálculo proposicional.
- ▶ Natural: la representación debe ser suficientemente análoga a formas naturales de expresar conocimiento. En este sentido, las representaciones matemáticas tradicionales y cuantitativas (por ejemplo, las matrices) pueden resultar muy artificiales para emular procesos de razonamiento.
- ▶ Tratable: la representación se debe poder tratar computacionalmente, es decir, deben existir procedimientos suficientemente eficientes para generar respuestas a través de la manipulación de los elementos de las bases de conocimiento.

En general, es conveniente crear representaciones de información basadas en una única representación. Esto mejorará el mantenimiento de la base de conocimiento. Pero, en algunos casos, intentar representar todo el conocimiento en una única representación nos puede limitar la aplicación de técnicas y algoritmos.

Para sistemas complejos que requieren tomar decisiones a distintos niveles, es común emplear la idea de generar **agentes multicapa** que descomponen el problema en niveles y, para cada uno de ellos, establece un tratamiento orientado a un agente especializado que necesita de una representación concreta de parte de la información del entorno (Molina, 2006).

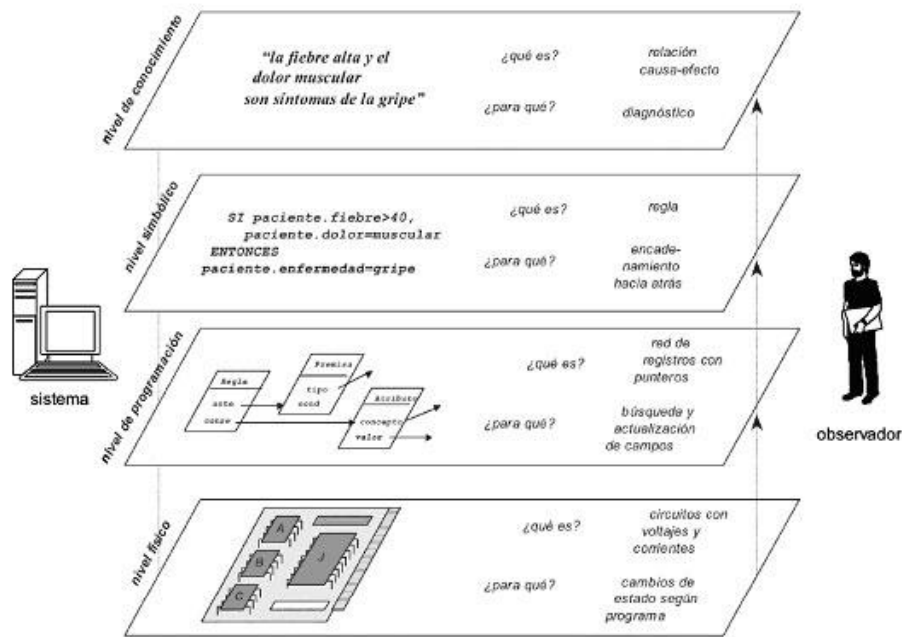


Figura 2. Sistema modular multicapa. Fuente: Molina (2006).

Debido a esto, la propuesta actual es diseñar sistemas inteligentes basados en arquitecturas que distribuyan y traten el problema de modo más organizado y emplear técnicas especializadas para cada subtask o subproblema.

2.3. Clases de conocimiento

Para resolver problemas de modo natural es necesario llevar a cabo un **análisis preciso del conocimiento**. Para ello, debemos tener en cuenta las distintas clasificaciones de conocimiento que se emplean en la inteligencia artificial (Mira, Delgado, Boticario y Díez, 1995).

En el trabajo de Molina (2006) hay un detalle más extenso de los tipos de conocimiento.

Conocimiento de dominio

- ☐ Son aquellos criterios específicos de un problema o entorno concreto.
- ☐ Su representación es declarativa.
- ☐ No tienen que presentar orden o relación entre ellos y pueden ser no completos.

Conocimiento explícito

- ☐ Extraído del análisis introspectivo de los propios razonamientos.
- ☐ Conociendo los procesos realizados para resolver un problema, se extraen las relaciones por medio de un análisis detenido.
- ☐ Se suele expresar por medio de marcos o reglas.

Conocimiento implícito

- ☐ Aquel que refiere a capacidades o habilidades innatas que, por su naturaleza o complejidad, no son expresadas de modo sencillo verbalmente.
- ☐ Se emplean redes bayesianas o redes neuronales para su representación o modelización.

Conocimiento superficial

- ☐ Obtenido por medio de la experiencia en la resolución de otros problemas similares.
- ☐ Por medio de reglas se modeliza el problema sin hacer explícitos los detalles teóricos que los sustentan.

Conocimiento profundo

- ☐ Responde a un marco teórico bien estructurado.
- ☐ No está presente en muchos problemas porque no es sencillo tener un análisis teórico del funcionamiento del entorno en todos los problemas.
- ☐ Contraposición entre problemas de mecánica y/o problemas de medicina o economía.

Conocimiento de control

- ☐ Representa el modelo del problema por medio del orden de ejecución de un conjunto de pasos para resolver el problema.
- ☐ En muchos casos, puede derivar en la codificación de un programa en la secuencia de expansión de los algoritmos de búsqueda.

Metaconocimiento

- ☐ Conocimiento que permite generar nuevos modelos a partir de modelos de problemas anteriores.
- ☐ Emplea mecanismos de inferencia general sobre los problemas y modelos lógicos.
- ☐ Establece relaciones entre niveles de bases de conocimiento, es decir, se pueden expresar nuevos elementos en una base de conocimiento a partir de otros conocimientos de otra base.

Figura 3. Tipos de conocimiento.

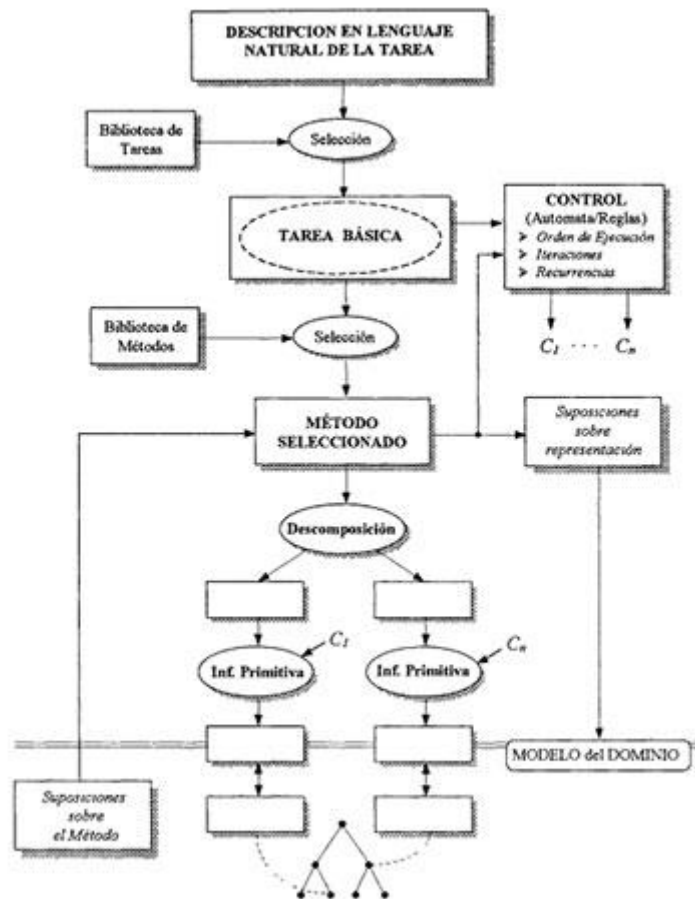


Figura 4. Esquema conceptual de las distintas fases del desarrollo de un sistema basado en el conocimiento.
Fuente: Fernández, González y Mira (1998).

2.4. Modelos de memoria

Los modelos de memoria se originan en los 60 de la mano de los psicólogos Atkinson y Shiffrin (1968). Pretenden dar respuesta a la pregunta: ¿cómo estructuramos en nuestra mente datos y el conocimiento (eminentemente estático)?

Según el modelo psicológico, la memoria se reparte en tres almacenes diferentes que forman las estructuras del sistema de memoria:

- Registros sensoriales: se refieren a los estímulos recibidos por los sentidos, principalmente vista y oído.

- ▶ Memoria a corto plazo: almacena los estímulos registrados por los sentidos durante un tiempo limitado.
- ▶ Memoria a largo plazo: una vez procesada la memoria a corto plazo, se integra en la memoria a largo plazo, pasando a formar parte de la memoria que acompañará al individuo toda su vida.

Estos modelos de memoria primero deben establecer los elementos que lo pueblan, desde la descripción que los elementos percibidos alcanzarán hasta el formato que presentarán las «memorias» de la memoria a largo plazo.

Por ejemplo, pensemos en el universo de discurso de un grupo de clientes. Hay que representar a los nuevos clientes que están presentes en el sistema. Cómo los percibimos, es decir, qué tipo de información se puede obtener de ellos, son los datos obtenidos en el sensorial (las entradas), pero debemos construir una representación de esos elementos en los sistemas de memoria del agente.

Para ello tenemos varias alternativas:

- ▶ Entender a los clientes como su **representación relacional**, es decir, aquella obtenida de sus datos principales y de las relaciones que existen entre los distintos elementos que componen dicha información:

DNI	Nombre	Edad	Saldo
12345678Z	Pedro	32	3000€
44444444A	Juan	40	10000€

Figura 5. Representación relacional.

- ▶ Otra opción es plantear la información como una **jerarquía de clases** derivada de un diseño orientado a objetos. Por ejemplo:

Clase Cliente:

- Subclase de Persona.
- Propiedades: Las heredadas de persona (DNI, nombre, edad) y saldo.
- Instancias: Pedro y Juan

Figura 6. Jerarquía de clases.

Estos dos mecanismos son derivados de los modelos informáticos de la información.

- Por otro lado, tenemos los modelos **basados en tripletas OAV** (objeto-atributo-valor). En ellos representamos el conocimiento de modo simple, con la intención de enfatizar la relación entre un objeto y sus propiedades.

EJEMPLO

Juan - Altura - 185cm
Juan - EsHijoDe - María

Figura 7. Tripletas OAV.

- Por último, podríamos emplear **modelos de memoria basados en las redes semánticas u ontologías**. Estas son representaciones gráficas del conocimiento en las que se emplean arcos para indicar las relaciones entre objetos:



Figura 8. Modelo de memoria basado en redes semánticas.

Cualquiera de estas representaciones puede formar parte de los modelos de memoria de un agente, y serán empleadas durante los procesos de razonamiento e inferencia para decidir las acciones que desarrollaremos.

2.5. Modelos lógicos

Una vez establecida la base de representación de la información y, por lo tanto, los elementos atómicos que conformarán los sistemas de memoria, inferencia y razonamiento, debemos centrar la representación formal de las relaciones existentes entre los objetos (y entre los objetos y sus propiedades):

- ▶ Lógica proposicional.
- ▶ Lógica de predicados.
- ▶ Lógica mixta (OWL).

Más adelante entraremos en profundidad a analizar estos modelos de representación.

- ▶ Lógica proposicional: se utilizan proposiciones que representan afirmaciones que pueden ser verdaderas o falsas. Las proposiciones se unen con (\wedge [y], \vee [o], \neg [no]) y se construyen reglas con el operador de implicación lógica (\rightarrow). Los mecanismos de inferencia permiten obtener nuevos datos a partir de los datos ya conocidos (por ejemplo, *modus ponens* y *modus tollens*...)
- ▶ Lógica de predicados: añade la posibilidad de utilizar cuantificadores:
 - \forall (para todo).
 - \exists (existe).

Emplean como mecanismos de inferencia los tradicionales: *modus ponens*, *modus tollens*, resolución... Un ejemplo de lenguaje de programación que emplea la modelización de lógica de predicados es PROLOG.

Para mostrar un ejemplo que contiene elementos de un lenguaje de primer orden vamos a trabajar sobre la siguiente base de conocimientos:

Hechos:

1. Atlanta se encuentra en Georgia.
2. Houston y Austin se encuentran en Texas.
3. Toronto se encuentra en Ontario.

Que, usando el predicado **located_in**, podemos representar con las siguientes clausulas:

```
located_in(atlanta,georgia). % Clause 1
located_in(houston,texas).   % Clause 2
located_in(austin,texas).    % Clause 3
located_in(toronto,ontario). % Clause 4
```

Reglas:

1. Lo que está en Georgia o Texas, también está en USA.
2. Lo que está en Ontario, también está en Canadá.
3. Lo que está en USA o Canadá, también está en Norte América.

Que podemos representar con las siguientes clausulas (geo.pl):

```
located_in(X,usa) :- located_in(X,georgia). % Clause 5
located_in(X,usa) :- located_in(X,texas).   % Clause 6
located_in(X,canada) :- located_in(X,ontario). % Clause 7
located_in(X,north_america) :- located_in(X,usa). % Clause 8
located_in(X,north_america) :- located_in(X,canada). % Clause 9
```

Observa que al estar trabajando con predicados que sí reciben argumentos ya no es necesario usar la directiva vista en el ejemplo anterior.

Vamos a ver cuál es el árbol de deducción que sigue Prolog para resolver la siguiente clausula:

```
located_in(toronto,north_america).
```

Figura 9. Ejemplo de modelización en PROLOG. Fuente: <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=73>

- Otros modelos de lógica son las lógicas descriptivas (*description logic*), que son más expresivas que la lógica proposicional, pero limitándose a fragmentos *decidibles* de la lógica de predicados de primer orden. Estas lógicas son la base formal de los lenguajes de descripción de ontologías que se usan en la web semántica (por ejemplo, la OWL o *Web Ontology Language*).

2.6. Referencias bibliográficas

Brachman, R. y Levesque, H. (1985). *Readings in Knowledge Representation*. Los Altos: Morgan Kaufman.

Fernández, S., González, J., Mira, J. (1998) *Problemas Resueltos de Inteligencia Artificial Aplicada*. España: Pearson.

Mira, J., Delgado, A., Boticario, J. y Díez, J. (1995). *Aspectos básicos de la inteligencia artificial*. Madrid: Sanz y Torres.

Molina, M. (2006). *Métodos de resolución de problemas: aplicación al diseño de sistemas inteligentes*. Madrid: Fundación General de la UPM. Recuperado de <http://oa.upm.es/14207/>

Lo + recomendado

No dejes de leer

Introducción a la representación del conocimiento

Béjar, J. (2006). *Tema 3: Representación del conocimiento*. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona.

Diapositivas en las que se explica brevemente la representación del conocimiento (esquemas de representación, propiedades de un sistema de representación...).

Accede al documento a través del aula virtual o desde la siguiente dirección web:

http://www.lsi.upc.edu/~bejar/ia/transpas/teoria/3-RC0-Intro_rep_conocimiento.pdf

No dejes de ver

Resumen de representación de la información

Tema introductorio de representación de la información del Instituto Tecnológico de Minatitlán.



Accede al vídeo a través del aula virtual o desde la siguiente dirección web:

<https://www.youtube.com/watch?v=sPWwsVKa6F8&feature=youtu.be>

A fondo

Fundamentos de la representación de la información

Davis, R., Shrobe, H. y Szolovits, P. (1993). What is a Knowledge Representation? *AI Magazine*, 14(1): 17-33.

Artículo en el que se puede ampliar el conocimiento sobre los fundamentos de la representación de la información y su necesidad dentro del razonamiento automático.

Accede al artículo a través del aula virtual o desde la siguiente dirección web:

<http://groups.csail.mit.edu/medg/ftp/psz/k-rep.html>

Introducción a la representación del conocimiento

Alonso, C. (s. f.). *Representación del conocimiento*. Universidad de Valladolid. España.

Diapositivas en las que se puede ahondar en los tipos de conocimiento y de representación, entre otras cosas.

Accede al artículo a través del aula virtual o desde la siguiente dirección web:

<https://www2.infor.uva.es/~calonso/Ingenieria%20Conocimiento-Grado%20Informatica/ContenidosTeoria/Introduccion%20Representacion%20del%20Conocimiento.pdf>

Introducción a la representación de la información

Chaudhri, V. y Zadeh, Z. (2011). *Knowledge Representation and Reasoning*. Universidad de Stanford. Estados Unidos.

Curso introductorio de la Universidad de Stanford sobre la representación de la información.

Accede al artículo a través del aula virtual o desde la siguiente dirección web:

<https://web.stanford.edu/class/cs227/Lectures/lec01.pdf>

Bibliografía

Davis, R. (1991). A Tale of Two Knowledge Servers. *AI Magazine*, 12(3): 118-120.

Nilsson, N. (1991). Logic and artificial intelligence, *AI*, 47: 31-56.

Steels, L. (1985). Second generation expert systems. *Future Generation Computer Systems*, 1(4), 213-221.

1. ¿Qué técnica no es una forma de representación explícita del conocimiento?

- A. Reglas.
- B. Morfológica.
- C. Marcos.
- D. Lógica.

2. La representación mediante reglas:

- A. Emplea sentencias condicionales si-entonces.
- B. Combina encadenamiento hacia atrás y hacia delante.
- C. Representa estereotipos.
- D. La A y la B son correctas.

3. La lógica difusa:

- A. Emplea una representación relacional causa-efecto.
- B. Emplea una representación continua por medio de conjuntos borrosos.
- C. Emplea una representación por medio de objetos y conceptos concretos.
- D. Ninguna de la anteriores.

4. ¿La representación del conocimiento no debe ser?

- A. Formal.
- B. Expresiva.
- C. Natural.
- D. Artificial.

5. El conocimiento del dominio:

- A. Normalmente se expresa de modo declarativo.
- B. Es un conjunto general de criterios aplicable a varios problemas.
- C. Se separa del conocimiento de inferencia.
- D. La A y la C son correctas.

6. Indique la frase incorrecta sobre el conocimiento del dominio:

- A. Se almacena en la base de conocimiento.
- B. Se expresa de modo declarativo.
- C. El conocimiento inferido se codifica por medio de funciones.

7. El conocimiento explícito:

- A. Es descrito mediante análisis introspectivo del propio proceso de razonamiento.
- B. Es siempre completo.
- C. Es análogo al conocimiento implícito.
- D. Representa el conocimiento que se tiene del dominio del problema.

8. El conocimiento superficial:

- A. Se extrae del análisis general del marco teórico del problema.
- B. Es el derivado de la experiencia obtenida al resolver problemas similares.
- C. Es eminentemente práctico.
- D. La B y la C son correctas.

9. El conocimiento de control:

- A. Expresa y mantiene el orden de ejecución de los pasos dentro del proceso.
- B. Se puede expresar por medio de la codificación de un programa.
- C. Nunca se puede expresar por medio de otra base de conocimientos que no sea la general del problema.
- D. La A y la B son correctas.

10. Según el modelo psicológico de la memoria:

- A. Existen tres almacenes de memoria (registros sensoriales, memoria a corto plazo y memoria a largo plazo).
- B. La memoria a corto plazo almacena los estímulos recibidos por los sensores.
- C. La memoria a largo plazo almacena los estímulos registrados por los sentidos durante un tiempo limitado.
- D. Los registros sensoriales almacenan los datos inferidos de los recuerdos guardados en la memoria a largo plazo.