



Introducción

Sistemas Inteligentes vs. Inteligencia Artificial



http://www.youtube.com/watch?v=-Xy_IsIUZo



<http://www.youtube.com/watch?v=lhVu2hxm07E&feature=related>



¿Inteligencia *artificial*?

Entrevista a Claude Shannon:

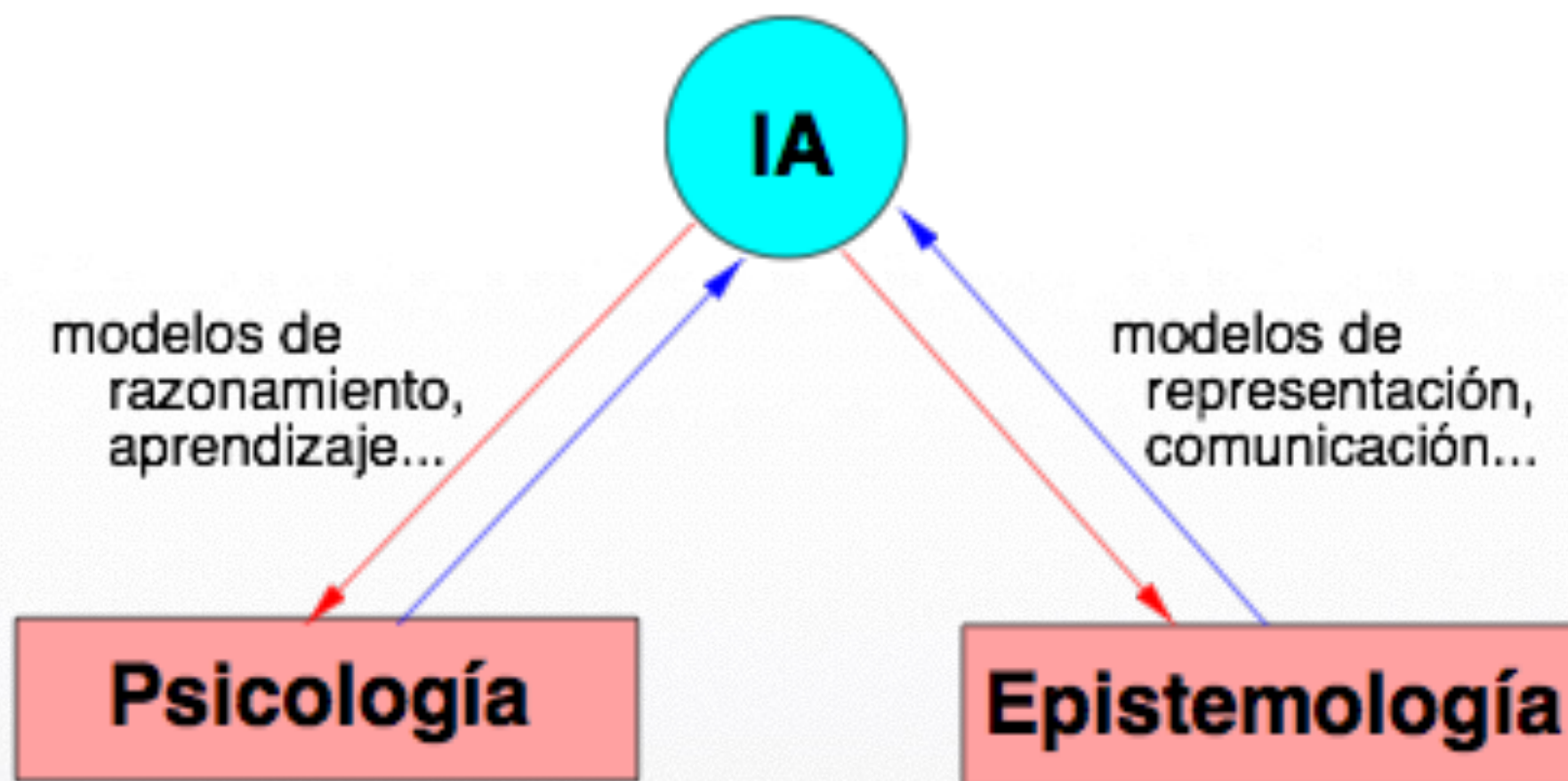
- Could machines «think»?
- You bet. I'm a machine and you're a machine, and we both think, don't we?

(J. Horgan: «Claude E. Shannon», IEEE Spectrum, 29, 4, Apr.1992, pp.72-75)

Depende de lo que entendamos por «inteligencia»



IA/Ciencia

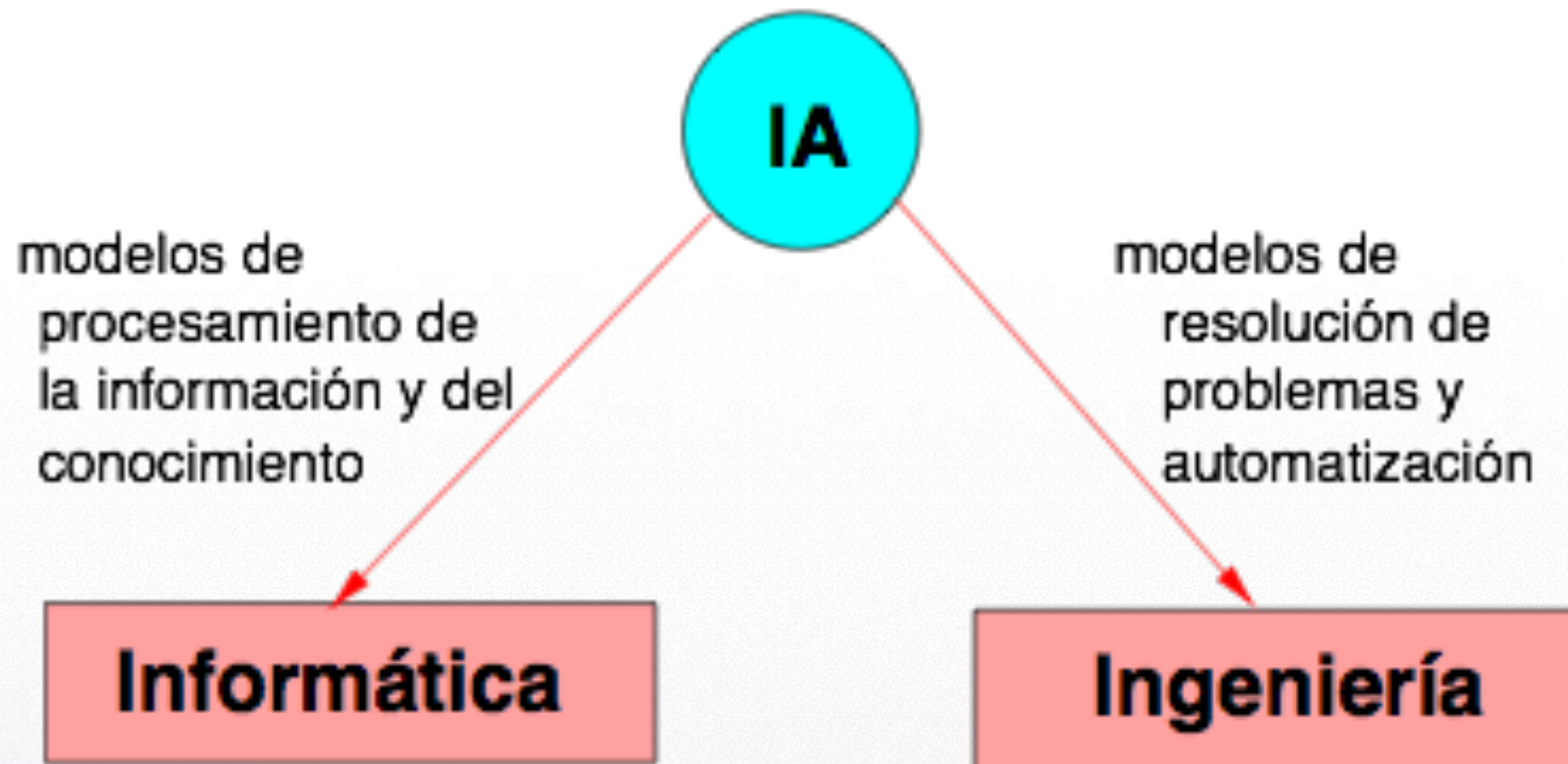


«Estudio de las facultades mentales mediante el uso de modelos computacionales»

(Charniak y McDermott, 1985)



IA/Ingeniería



«Cómo hacer que los ordenadores ejecuten tareas cognoscitivas que, por ahora, las personas realizan mejor»

(Rich y Knight, 1991)



Clasificación de definiciones según AIMA *

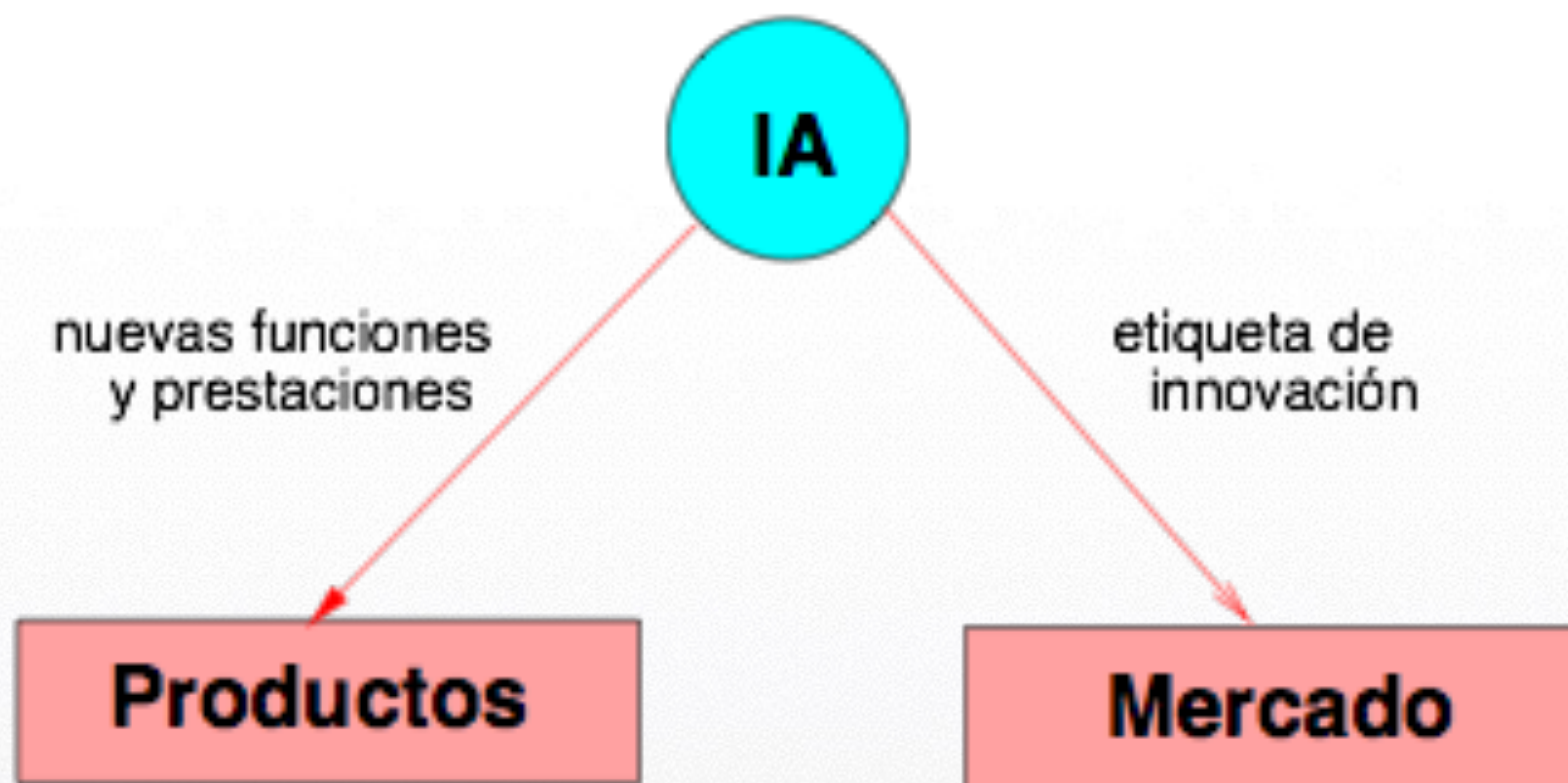
- Charniak y McDermot: énfasis en *pensamiento*;
criterio: inteligencia ideal, o *racionalidad*
- Rich y Knight: énfasis en *comportamiento*;
criterio: *inteligencia humana*

SISTEMAS QUE PIENSAN COMO HUMANOS	SISTEMAS QUE PIENSAN RACIONALMENTE
<p>El nuevo y excitante esfuerzo de hacer que los computadores piensen... máquinas con mentes, en el más amplio sentido literal. (Haugeland, 1985)</p> <p>[La automatización de] actividades que vinculamos con procesos de pensamiento humano, actividades como la toma de decisiones, resolución de problemas, aprendizaje... (Bellman, 1978)</p>	<p>El estudio de las facultades mentales mediante el uso de modelos computacionales. (Charniak y McDermott, 1985)</p> <p>El estudio de los cálculos que hacen posible percibir, razonar y actuar. (Winston, 1992)</p>
SISTEMAS QUE ACTÚAN COMO HUMANOS	SISTEMAS QUE ACTÚAN RACIONALMENTE
<p>El arte de desarrollar máquinas con capacidad para realizar funciones que cuando son realizadas por personas requieren de inteligencia. (Kurzweil, 1990)</p> <p>El estudio de cómo lograr que los computadores realicen tareas que, por el momento, los humanos hacen mejor. (Rich y Knight, 1991)</p>	<p>La Inteligencia Computacional es el estudio del diseño de agentes inteligentes. (Poole et al, 1998)</p> <p>IA... está relacionada con conductas inteligentes en artefactos. (Nilsson, 1998)</p>

* Russell, S. y Norvig, P.: *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 2nd. ed. («AIMA»). Prentice Hall, 2003
Traducido en Pearson Educación, 2004



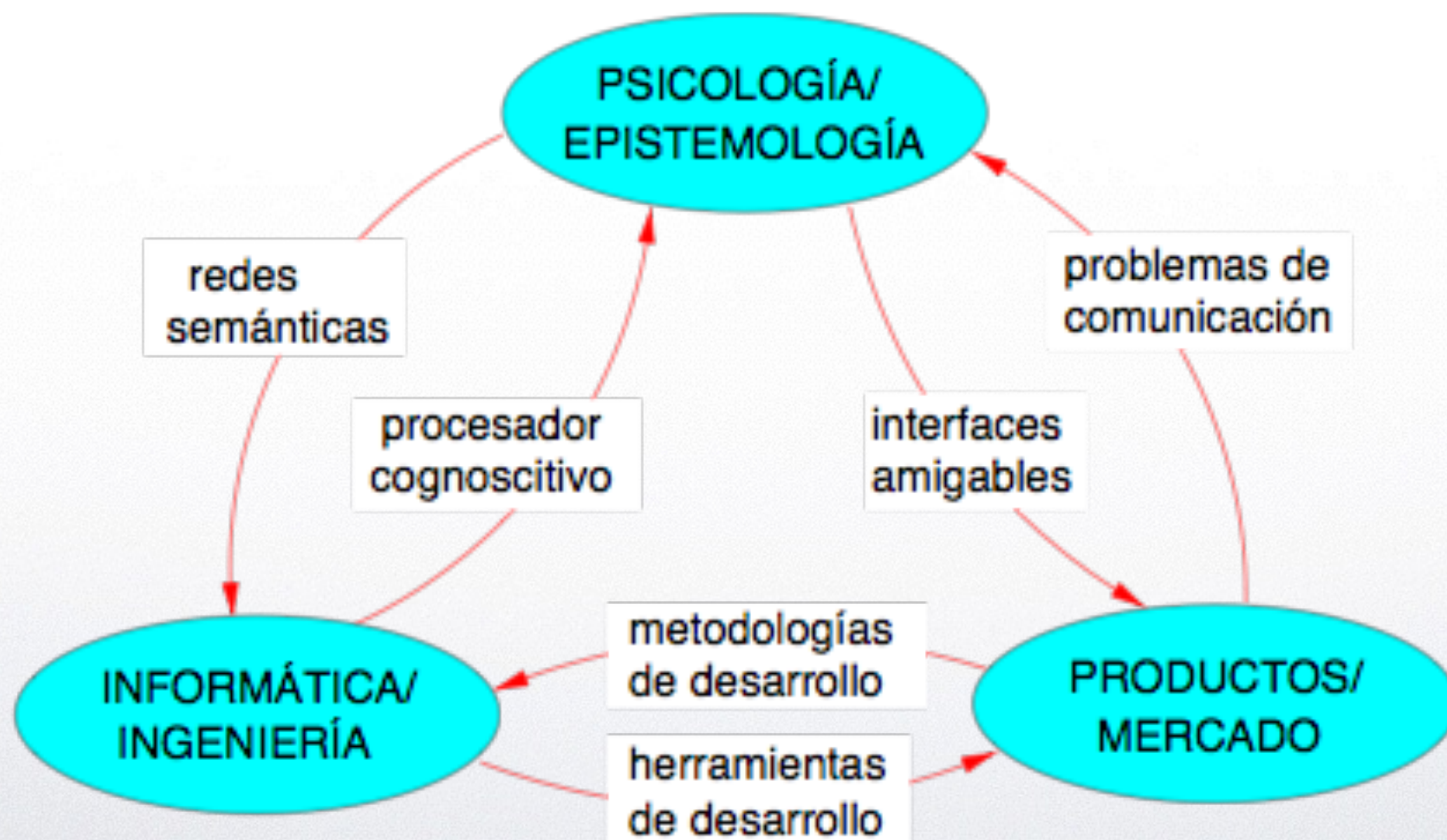
IA/Negocio



Evolución de las «etiquetas»: sistemas expertos, ingeniería del conocimiento, agentes inteligentes, gestión del conocimiento, inteligencia de negocio...



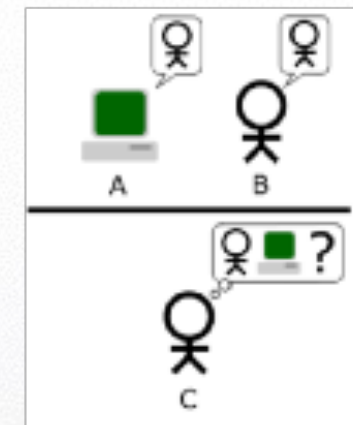
IA interdisciplinaria





¿Que es la IA?

- Test de Turing: **Alan Turing** en 1950 propuso un **test** para tratar de resumir las características de un sistema “inteligente”
 - *“Disponemos a un humano y a una máquina en habitaciones diferentes. Un observador les hace una serie de preguntas a uno y a otro a través de la puerta. Si pasado un cierto tiempo, el observador no es capaz de determinar quién es el humano y quién la máquina, podemos concluir diciendo que la máquina posee inteligencia”*
- La máquina para ello debe ser capaz de:
 - **Procesar lenguaje natural**
 - Tener una **representación** de lo que conoce
 - **Razonar**, para usar lo que sabe y generar una respuesta a cada pregunta
 - **Aprender**, para adaptarse a nuevas circunstancias
- Test Global de Turing: el observador interactúa además **físicamente** con la máquina. La máquina deberá además:
 - Poseer **visión** artificial
 - Ser capaz de **manipular** y **mover** objetos





Problemas que aborda la IA

- **Deducción, razonamiento y resolución de problemas**
 - Resolver puzzles, jugar a juegos de mesa, hacer deducciones lógicas, etc.
- **Representación del conocimiento**
 - Se necesita “representar” de alguna forma el conocimiento, “lo que se sabe” de un problema, antes de tratar de resolverlo
 - Aspecto clave en IA. Problemas:
 - Cualificación: en el mundo real, no todo es blanco o negro, o existen pocas verdades universales, por lo que es difícil su representación
 - Conocimiento inconsciente
 - El “sentido común” es enorme
- **Planificación**
 - Búsqueda de una estrategia (serie de pasos) para alcanzar unos objetivos



Problemas que aborda la IA

- **Aprendizaje automático**
 - El sistema se “entrena” mediante una serie de “ejemplos”. A partir de ese momento trata de dar respuesta a nuevos problemas relacionados, pero no vistos antes.
- **Procesamiento del lenguaje natural**
- Movimiento y manipulación (**Robótica**)
- **Percepción** (visión, reconocimiento de voz)
- ...



Técnicas de IA

- En general, se dice que existen dos aproximaciones:
 - Simbólica (tradicional)
 - Basada en manipulación de símbolos
 - Partes:
 - Se representa el “conocimiento” mediante sentencias declarativas, normalmente basadas en lógica
 - Se aplican reglas de inferencia lógica para deducir consecuencias.
 - Sub-simbólica
 - Se basan en los mecanismos a bajo nivel de los seres inteligentes. Defienden que un sistema inteligente debe comenzar desde lo más básico (señales, estímulos) hasta alcanzar los niveles superiores de inteligencia.
 - Ej: redes neuronales, lógica difusa, algoritmos genéticos, etc.
 - Un sistema inteligente complejo puede utilizar soluciones procedentes de ambas partes



Técnicas de IA

- **Algoritmos avanzados de búsqueda**
 - Búsqueda no informada, informada, algoritmos genéticos, simulated annealing, etc
 - Usados en: razonamiento y planificación
- **Lógica**
 - Lógica proposicional, lógica de predicados, lógica difusa...
 - Usados en: representación del conocimiento y razonamiento
- **Métodos basados en probabilidades**
 - Redes bayesianas
 - Usados en: razonamiento, percepción, aprendizaje, planeamiento y robótica
- **Clasificadores y métodos basados en estadística**
 - knn, Support Vector Machines (SVM), naïve Bayes, árboles de decisión, etc.
 - Usados en: la mayoría de sistemas de IA necesitan discernir (clasificar) antes de tomar decisiones.
- **Redes neuronales**
 - Perceptrones, mapas auto-organizados (SOM), redes RBF, etc
- **Sistemas estructurados de representación**
 - Frames, Redes semánticas, ontologías, sistemas basados en reglas
- **Lenguajes de programación específicos**
 - IPL, Lisp, Prolog, STRIPS, Planner...



Paradigmas de la IA

- **Procesamiento simbólico:**
problemas de naturaleza no numérica (lógica)
- **Búsqueda heurística:**
hacer tratable la complejidad del proceso
- **Sistemas expertos:**
visión conductista, funcional
- **Sistemas basados en conocimiento:**
visión cognoscitiva, estructural
- **Aprendizaje automático:**
Sistemas con autonomía, inducción de conocimiento
- **Agentes inteligentes:**
«sociedades» de componentes con «personalidad»



Formulación del problema de resolver problemas

Idea básica: Espacio de búsqueda \equiv espacio de estados
(años 50: influencia de la teoría de autómatas)

$$\langle Q, R, C \rangle$$

Q : Estructura de datos que describe al estado

R : Reglas u operaciones que describen las transiciones en el espacio de estados

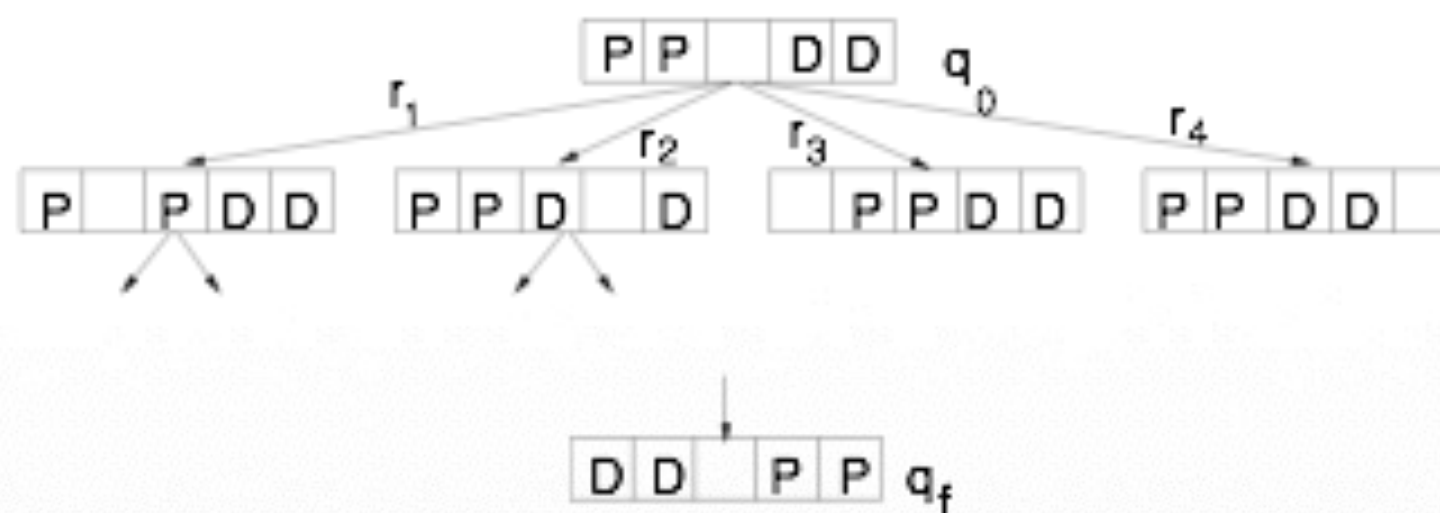
$$R \times Q \rightarrow Q$$

C : Estrategia de control

Resolución: Búsqueda de una secuencia r_1, r_2, \dots, r_n
que conduzca de q_0 a q_f



Ejemplo de búsqueda: «pesetas y duros»



Estado: lista con dos «P», dos «D» y un « »

Reglas: r_1 : desplazar P a hueco a la derecha

r_2 : desplazar D a hueco a la izquierda

r_3 : saltar P a la derecha

r_4 : saltar D a la izquierda

$\text{card}(Q) = 27 \Rightarrow$ algoritmo de búsqueda exhaustiva



Ejemplo de búsqueda: «puzzle $k^n - 1$ »



Estado: matriz

Reglas: $r_1 = \uparrow$, $r_2 = \downarrow$, $r_3 = \rightarrow$, $r_4 = \leftarrow$

$\text{card}(Q) = 9! = 362.880$

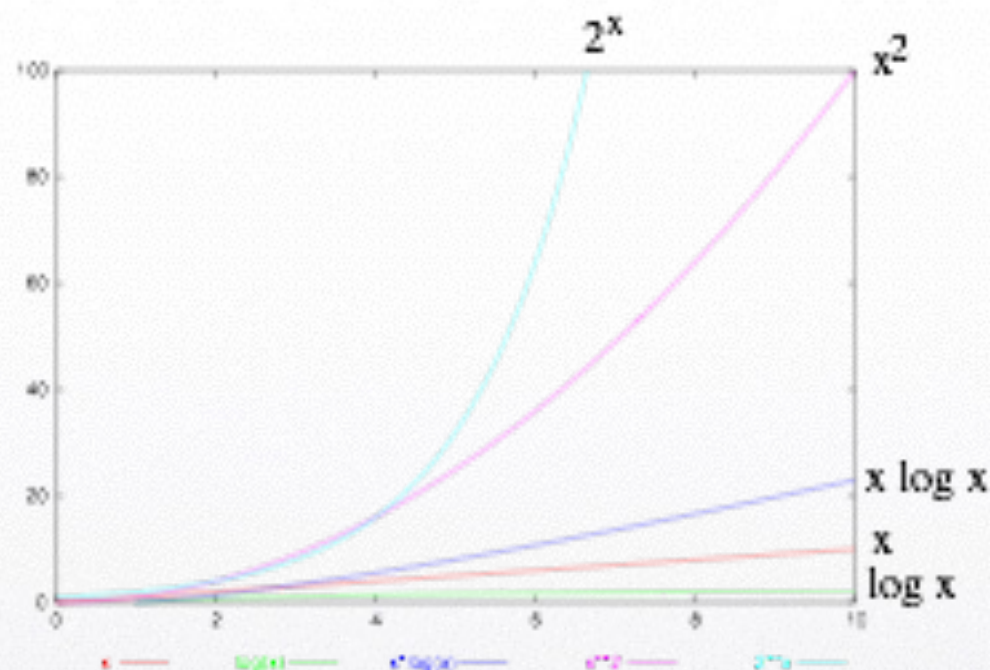
\Rightarrow búsqueda exhaustiva aún posible, pero
para «puzzle 15», $\text{card}(Q) = 16! \approx 2 \times 10^{13} \dots$



Complejidad algorítmica: Notación O

Complejidad temporal y espacial: crecimiento *asintótico*

- $k + \log(x) + x + x^2 + \dots + x^n = O(x^n)$ (polinómico)
- $O(x^n) + \dots + m^x = O(m^x)$ (exponencial)



- clase P: $O(x^n)$ (problemas «fáciles»)
- clase NP (No determinista Polinómico)
- problemas NP-completos



Heurísticos

- D.R.A.E.: «heurística» = «arte de inventar»
- En I.A.:
 - *Como adjetivo*, para distinguir de «algorítmico» \approx «seguro»
 - *Como sustantivo*, truco o regla empírica que ayuda a encontrar la solución de un problema (pero que no garantiza que se encuentre)



Búsqueda heurística

En el desarrollo del árbol de búsqueda no fijarse en todos los estados posibles («nodos»), sólo en los más «prometedores»

Algoritmo A*: en cada nodo se *estima* la distancia, o coste, del camino que pasando por ese nodo lleva desde el estado inicial al final (la solución).

Función de evaluación: $f(n) = g(n) + h(n)$

$g(n)$: coste de n_0 a n (conocido)

$h(n)$: estimación del coste de n a n_f

(menor que el coste real, para que el algoritmo encuentre solución óptima, si la encuentra)

De los sucesores de cada nodo se elije el de menor $f(n)$



Ejemplos de heurísticos para el 8-puzzle

- $h_1(n)$: Número de piezas mal colocadas
- $h_2(n)$: Suma de «distancias Manhattan»

5	4	
6	1	8
7	3	2
Estado n		

1	2	3
8		4
7	6	5
Estado final		

$$h_1(n) = 7$$

$$h_2(n) = 2 + 3 + 3 + 2 + 4 + 2 + 0 + 2 = 18$$



Paradigmas de la IA

- Procesamiento simbólico:
problemas de naturaleza no numérica (lógica)
- Búsqueda heurística:
hacer tratable la complejidad del proceso
- **Sistemas expertos:**
visión conductista, funcional
- **Sistemas basados en conocimiento:**
visión cognoscitiva, estructural
- Aprendizaje automático:
Sistemas con autonomía, inducción de conocimiento
- Agentes inteligentes:
«sociedades» de componentes con «personalidad»



Sistema experto

British Computer Society, 1983:

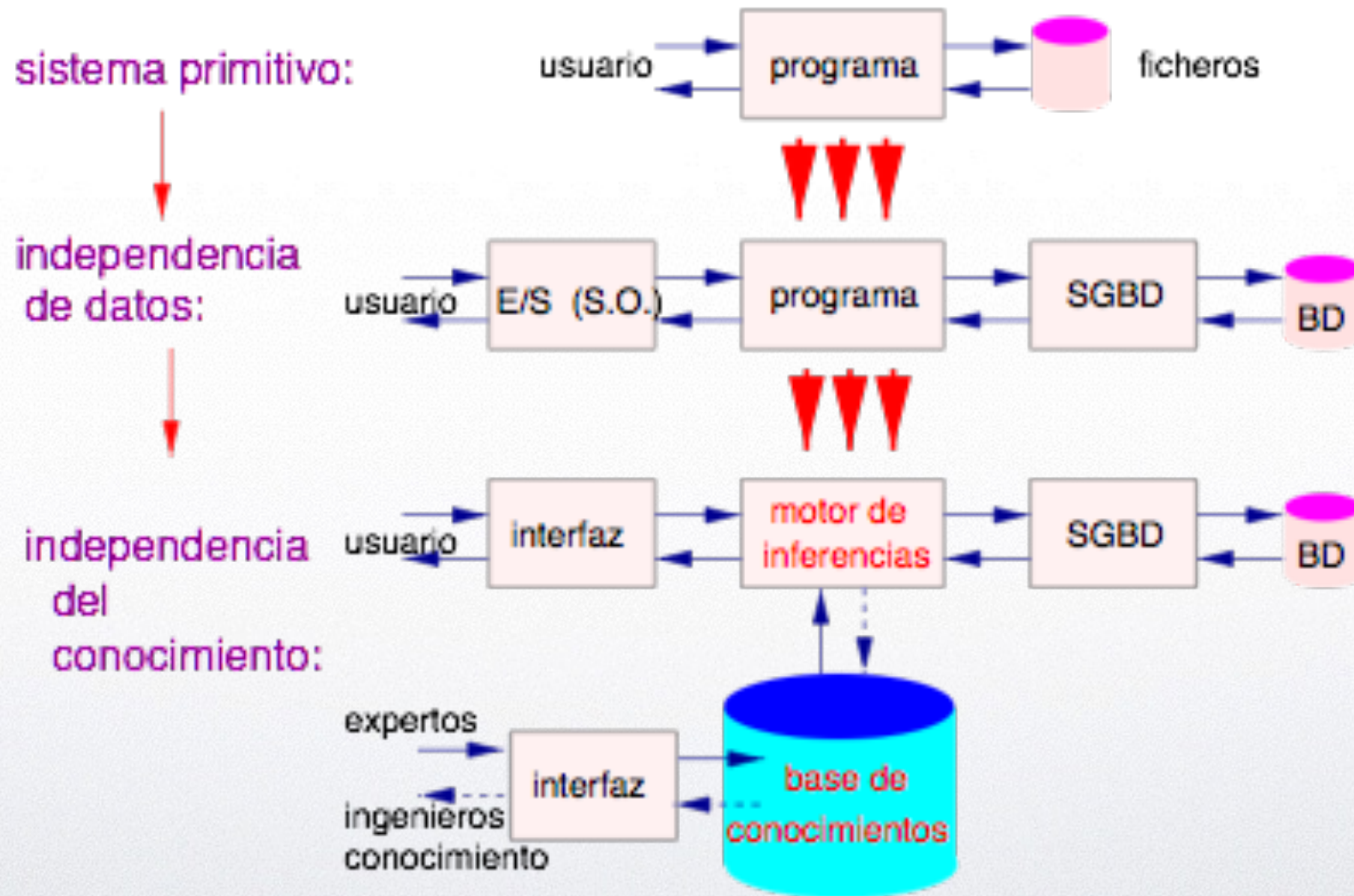
«Incorporación en un ordenador [...] de la pericia de un experto de modo que el sistema pueda dar *consejos inteligentes* o tomar *decisiones inteligentes* y justificar su razonamiento»

Aplicable el «test de Turing».



Sistema basado en conocimiento (SBC, o KBS)

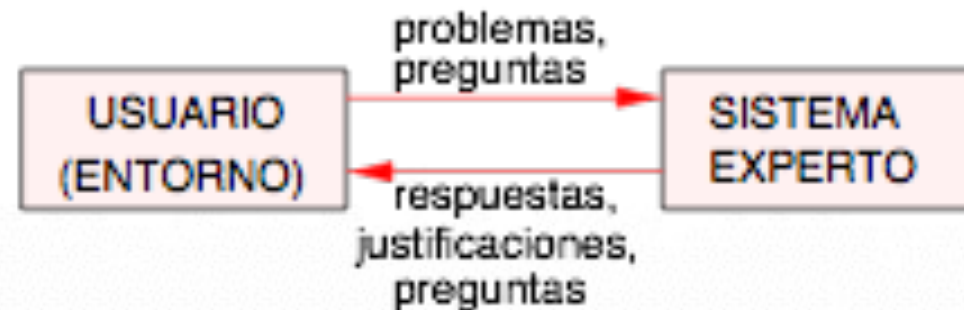
Evolución de modelos estructurales de sistemas software:



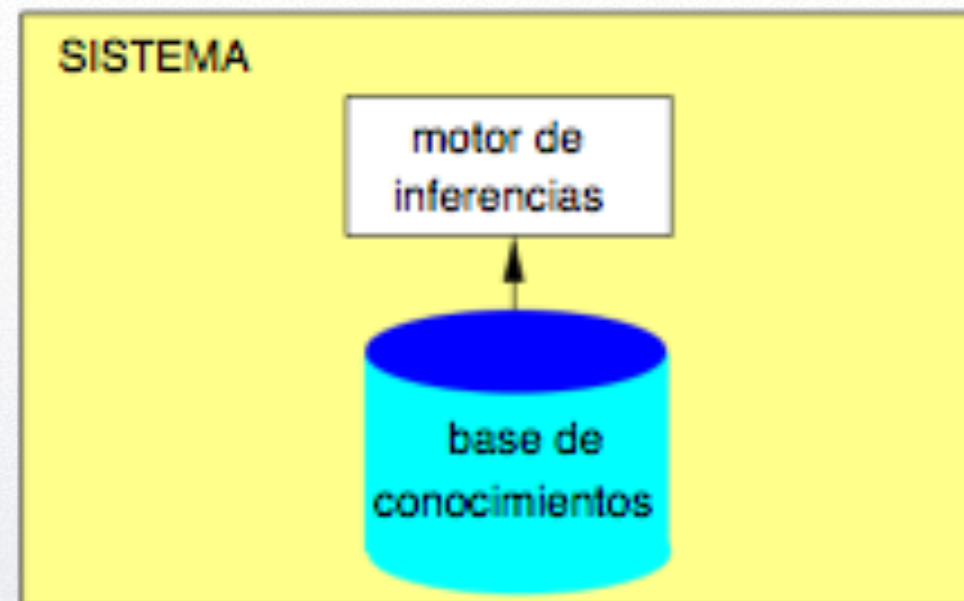


SS.EE. vs. SS.BB.C.

SE: punto de vista funcional (conductista)

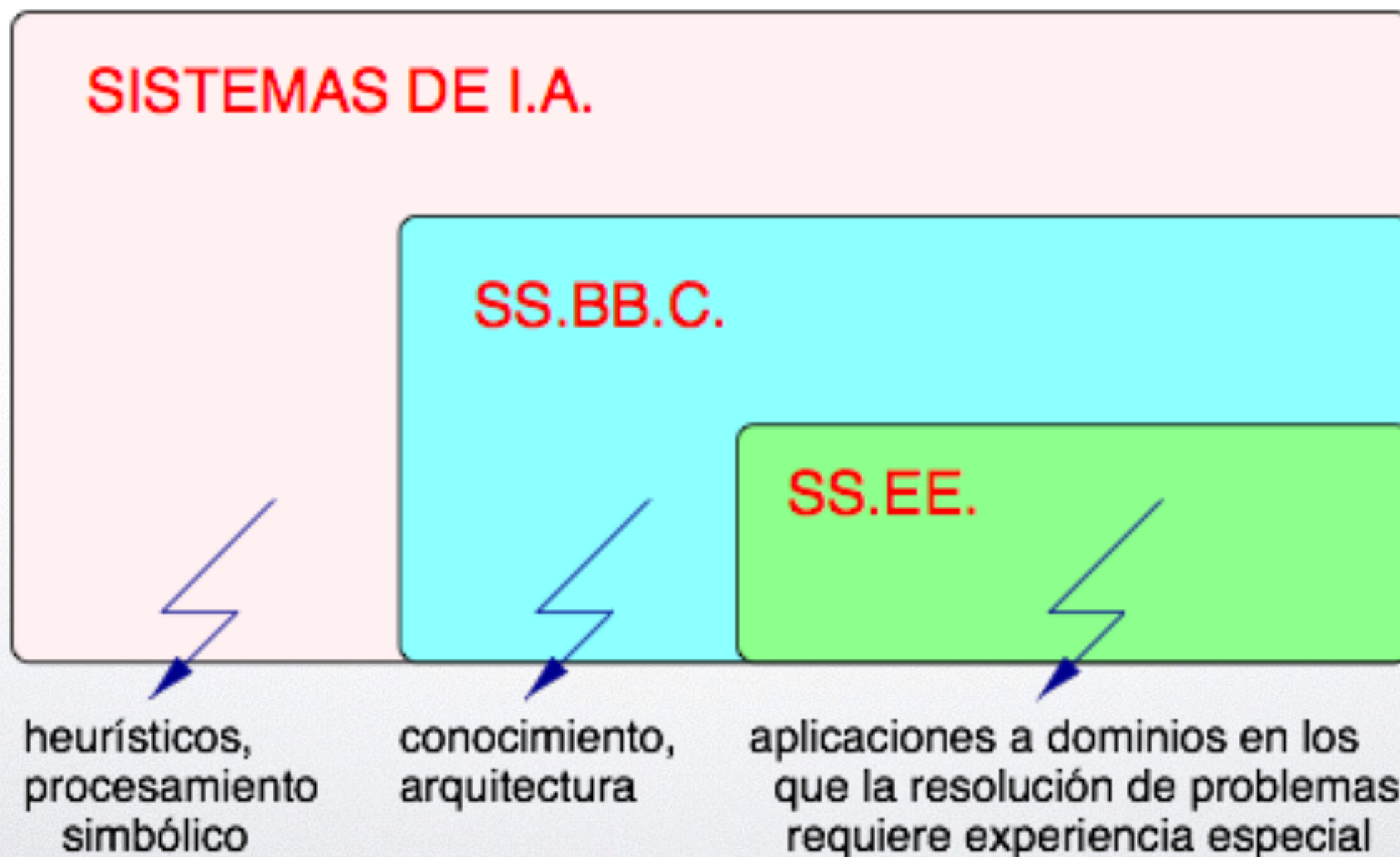


SBC: punto de vista estructural (cognoscitivo)





I.A., SS.BB.C. y SS.EE.





Ingeniería del conocimiento

Heterodoxia

(con respecto a la ingeniería del software):

- Conocimiento humano incompleto, inconsistente, impreciso, incierto, tolerante...
- Razonamiento y respuestas del sistema inseguros
- Conocimiento evolutivo, posibilidad de aprendizaje
- Responsabilidad del diseño, desarrollo y mantenimiento: ingenieros, expertos y usuarios finales
- No aplicable el ciclo de vida en cascada



Representación del conocimiento

Modelos y lenguajes basados en la psicología

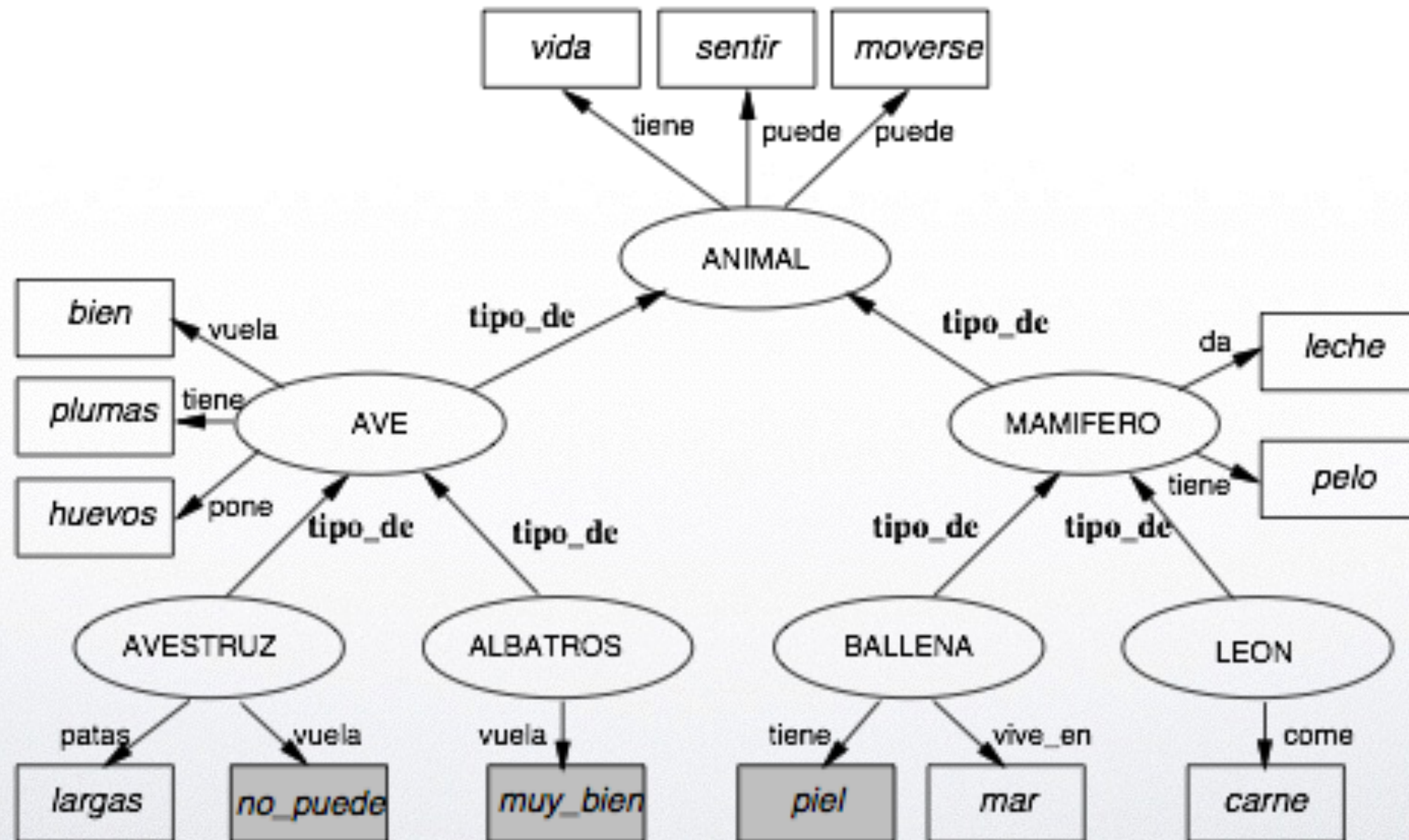
- Sistemas de reglas de producción:
Si <antecedente> entonces <consecuente> (implicación)
Si <condiciones> entonces <acción> (activación)
- Redes semánticas y marcos, basados en teorías de la formación de conceptos en la mente humana

Formalización en lenguajes lógicos

- Lógicas de base: proposiciones, predicados \rightsquigarrow Prolog
- Lógicas de descripciones \rightsquigarrow web semántica
- Lógicas modales \rightsquigarrow creencias, deseos, intenciones...
- Lógica borrosa



Ejemplo de red semántica





Traducción de la red semántica a un lenguaje lógico (1)

«Lógica OAV», o «lógica 0+»: triplas

<Objeto> <Atributo> <Valor>.

Conocimiento factual:

```
"Moby Dick"    es_un    Ballena .  
"Moby Dick"    color    blanco  
"Leo Verdura"   es_un    León .  
exc("Leo Verdura" come    hortalizas) .  
...
```

Conocimiento normativo sobre el dominio:

```
Animal    tiene    vida .  
Animal    puede    sentir .  
Animal    puede    moverse .  
Ave    vuela    bien .  
...  
exc(Ballena    tiene    piel) .  
Avestruz    tipo_de    Ave .  
...
```




Traducción de la red semántica a lenguaje lógico

Conocimiento normativo general (reglas sobre herencia):

```
if ( ?X    tipo_de    ?Y ) or ( ?X    es_un    ?Y )  
then ( ?X    hereda_de    ?Y ) .
```

```
if ( ?X    tipo_de    ?Y ) or ( ?X    es_un    ?Y )  
    and ( ?Y    hereda_de    ?Z )  
then ( ?X    hereda_de    ?Z ) .
```

```
if ( ?X    hereda_de    ?Y )  
    and ( ?Y    ?W    ?Z )  
    and not(exc( ?X    ?W    ?Z ))  
then ( ?X    ?W    ?Z ) .
```

```
if (exc( ?X    ?W    ?Z ))  
then ( ?X    ?W    ?Z ) .
```

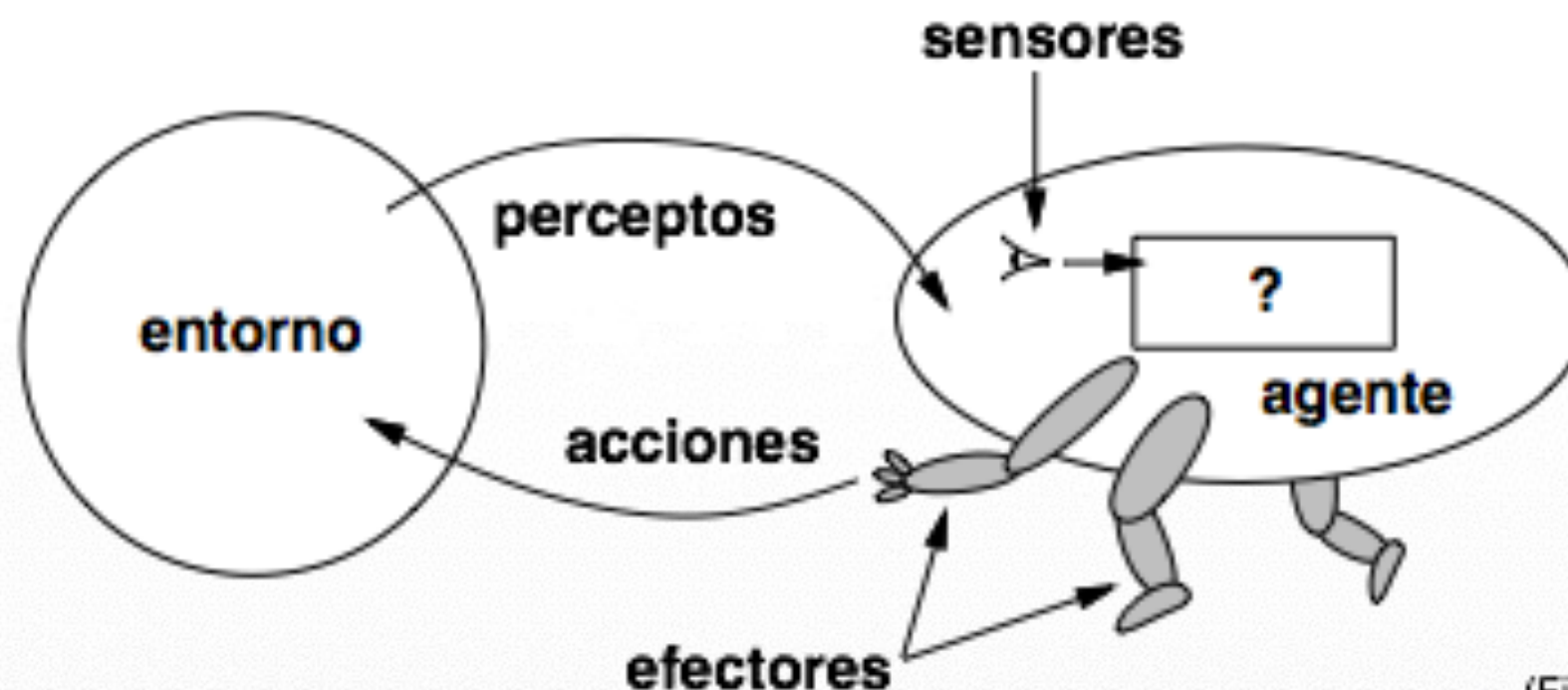



Paradigmas de la IA

- Procesamiento simbólico:
problemas de naturaleza no numérica (lógica)
- Búsqueda heurística:
hacer tratable la complejidad del proceso
- Sistemas expertos:
visión conductista, funcional
- Sistemas basados en conocimiento:
visión cognoscitiva, estructural
- **Aprendizaje automático:**
Sistemas con autonomía, inducción de conocimiento
- **Agentes inteligentes:**
«sociedades» de componentes con «personalidad»



Paradigma de la «agencia»



(Figura de ALMA)

Agente: Sistema que actúa (eventualmente, por encargo) para producir ciertos efectos en su entorno

Agencia: Cualidades (funcionales, estructurales y/o procesales) propias de los agentes
(en inglés: *agency*, o *agenthood*)



Agentes software

- El «entorno» puede ser accesible mediante sensores y efectores, pero más frecuentemente está formado por *otros agentes y/o personas* (que también se consideran «agentes») accesibles localmente (en la misma máquina en la que se ejecuta el agente) o (más interesante) remotamente.
- “?” es un sistema basado en conocimiento.
- Los «perceptos» y las «acciones» son actos de comunicación expresados en un lenguaje.
- Agente y entorno deben compartir el lenguaje y una «*visión del mundo*», u «*ontología*»: vocabulario y significado de los términos.