

Sistemas Inteligentes II

Tema 1. Introducción a los
Sistemas Basados en el Conocimiento (SBC)

SBC: definiciones

- **Sistemas expertos**: sistema informático que pretende emular el comportamiento de un experto en un área concreta de conocimiento.
- **Experto**: un profesional experimentado en su campo, muy efectivo resolviendo problemas y tomando decisiones.
- **Sistema basado en el conocimiento**: Un sistema informático capaz de razonar, utilizando una *base de conocimientos* para resolver problemas complejos
- **Ingeniería del conocimiento**: proceso de diseñar, construir e instalar un SBC

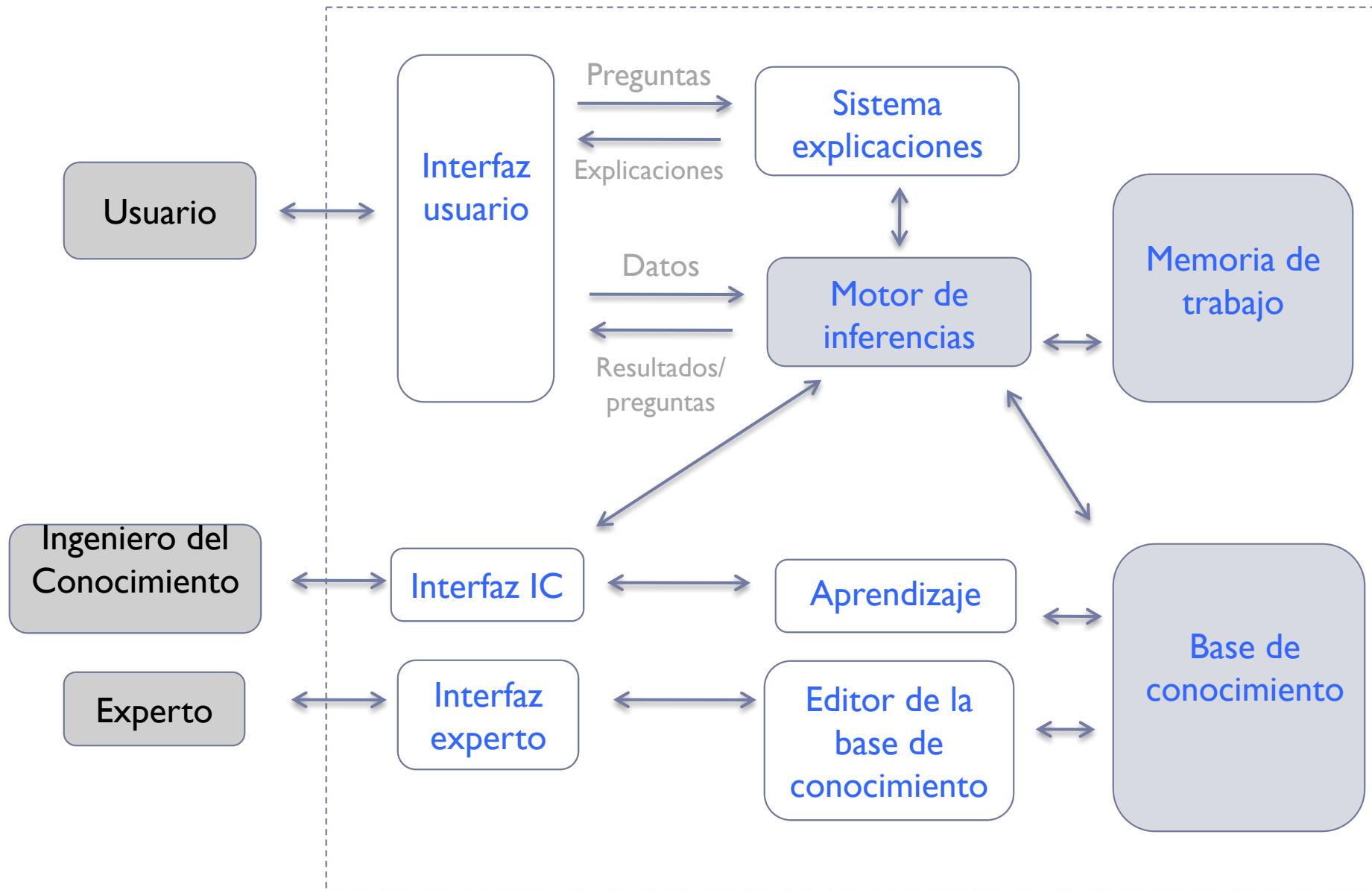
SBC: Funcionalidad

Tareas que debe poder llevar a cabo un sistema experto:

- **Aceptar las consultas** que el usuario realice acerca de una situación dada del mundo real.
- **Aceptar los datos** proporcionados por el usuario acerca de esta situación, y **solicitar otros datos** que el sistema estime relevantes.
- **Procesar esta información**, en busca de una respuesta a la consulta planteada.
- **Emitir la respuesta hallada**, que debe ser análoga en la mayor parte de los casos a la respuesta que daría un experto humano.
- **Justificar la respuesta** finalmente emitida, siempre que el usuario así lo solicite.

Adicionalmente, el SBC puede (y si es posible, debe) incluir **capacidades autoaprendizaje**

Arquitectura de los SBC



SBC basados en reglas: base de conocimientos

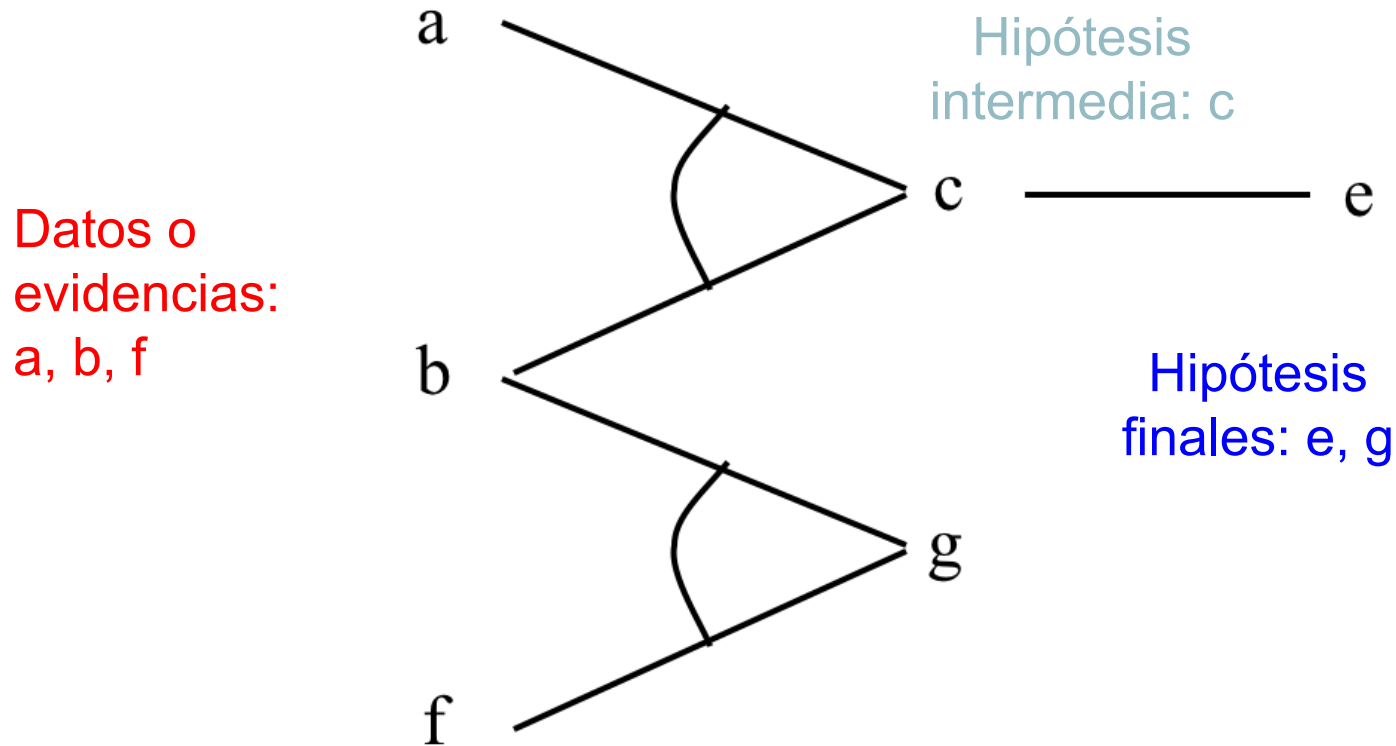
- Contiene el **conocimiento experto**, expresado en forma de relaciones entre los objetos
- La naturaleza de este módulo es **estática** (si no interviene el módulo de adquisición de conocimientos y el SBC no incluye elementos de aprendizaje)
- Por ejemplo se puede hacer mediante reglas:
 - ▶ Regla 1: Si $\text{nota} > 9$, entonces $\text{calificación} = \text{sobresaliente}$
 - ▶ Regla 2: Si $\text{puesto} < 20$ o $\text{nota} > 7$, entonces $\text{Admitir} = \text{sí}$ y $\text{Notificar} = \text{Sí}$

Representación basada en reglas

- **Hechos:** afirmaciones incondicionales
e.g. “la temperatura del sensor s1 es alta”
- **Reglas:** Estructuras fundamentales
 $\langle \text{izd} \rangle \rightarrow \langle \text{der} \rangle$
SI $\langle \text{izd} \rangle$ ENTONCES $\langle \text{der} \rangle$
- **Terminología**
 $\langle \text{izd} \rangle$ antecedente, premisa o condición
 $\langle \text{der} \rangle$ consecuente, conclusión, acción
- **Conectivas:**
NO, Y, O

Representación basada en reglas

Red de inferencias



SBC basados en reglas: Memoria de trabajo

- Contiene las conclusiones o hipótesis que se generan en el proceso de razonamiento a partir de los datos del caso que se esté analizando.
- Su naturaleza es dinámica (se van añadiendo hipótesis o conclusiones)

SBC basados en reglas: motores de inferencia

- El motor de inferencia utiliza:
 - Los **datos del caso**
 - Los **datos** almacenados en la **memoria de trabajo**
 - el **conocimiento** almacenado en la base de conocimientos para obtener nuevas conclusiones o hipótesis.
- Estas nuevas conclusiones o hipótesis se añaden a la **memoria de trabajo**
- El motor de inferencias **puede solicitar también nuevos datos** al usuario, cuando intenta probar alguna hipótesis

Motores de inferencia: reglas y estrategias

- Reglas:

- Modus Ponens
- Modus Tollens
- Resolución

- Estrategias:

- Encadenamiento de reglas hacia delante
- Encadenamiento de reglas hacia atrás

Reglas Modus Ponens y Modus Tollens

Regla Modus Ponens:

Regla: Si A es cierto, ENTONCES B es cierto

Hecho: A es cierto

Se concluye que B es cierto

Regla Modus Tollens:

Regla: Si A es cierto, ENTONCES B es cierto

Hecho: B es falso

Se concluye que A es falso

SBC basados en reglas: motores de inferencia

Algoritmo I. Funcionamiento de un motor de inferencias

```
Inicializar(memoria-trabajo);  
Mientras no configuración-final(memoria-trabajo)  
    conjunto-reglas ← aplicables(memoria-trabajo);  
    R ← resolver-conflictos(conjunto-reglas);  
    memoria-trabajo ← aplicar(R, memoria-trabajo)  
fin-mientras;
```

SBC basados en reglas: motores de inferencia

En esta descripción falta por determinar:

- Qué se considera como **configuración final** de la memoria de trabajo. Por ejemplo:
 - Aquella que contiene al menos una hipótesis final
 - Aquella que contiene una hipótesis final con un cierto grado de *fiabilidad* (certeza, probabilidad, etc).
 - Aquella en la que no es posible añadir más hipótesis finales
- Cómo se va a decidir cual es el **conjunto de reglas aplicables**:
 - Aquellas cuyos antecedentes son datos del caso
 - Aquellas cuyas conclusiones sean prioritarias
- Cómo se **resolverán los conflictos** cuando haya más de una regla aplicable (orden en la BC, prioridades, etc).

SBC basados en reglas: motores de inferencia

Funcionamiento de un motor de inferencias hacia delante:

```
mem-trabajo ← hechos-iniciales;  
Mientras no configuración-final(mem-trabajo)  
    conjunto-reglas ← match(mem-trabajo, antecedentes);  
    R ← resolver-conflictos(conjunto-reglas);  
    C ← consecuente(R);  
    mem-trabajo ← mezclar(C, mem-trabajo)
```

Adecuado cuando:

- La consulta incluye todos los hechos
- Hay muchos objetivos posibles
- No hay forma sensata de averiguar el objetivo al inicio de la consulta

SBC basados en reglas: motores de inferencia

Funcionamiento de un motor de inferencias hacia atrás

```
mem-trabajo ← obj-iniciales;  
Mientras no configuración-final(mem-trabajo)  
    obj ← seleccionar(mem-trabajo);  
    conjunto-reglas ← match(obj, consecuentes);  
    R ← resolver-conflictos(conjunto-reglas);  
    A ← antecedente(R);  
    mem-trabajo ← mezclar(A, mem-trabajo)  
fin-mientras;
```

Adecuado cuando:

- En la consulta se plantea o puede deducirse el objetivo
- El sistema se ha implementado para ir pidiendo evidencias

SBC. Motores de inferencia

- A veces los motores se implementan parcialmente hacia delante y parcialmente hacia atrás
- Si es importante que el sistema se comporte de modo parecido a un humano, será la alternativa más sensata (evitar pruebas caras y dolorosas si no es con un objetivo, secuencias de preguntas que parezcan razonables y orientadas en lugar de aleatorias y desconexas, etc.)

Criterios de resolución de conflictos

- Criterios estáticos:

- ▶ Orden textual de reglas, utilidad de reglas, utilidad de hechos, especificidad, generalidad

- Criterios dinámicos:

- ▶ Mínima espera, máxima espera

- Criterios dinámicos manipulables:

- ▶ Los parámetros que determinan la prioridad se modifican en cada paso del motor mediante meta-reglas

Ejemplo meta-regla:

SI (s1 temperatura NO-CALCULADA) y (s2 temperatura alta)

ENTONCES UTILIDAD(s1 temperatura) \leftarrow 100.

Ejemplos SBC basados en reglas

Ejemplo 1

- R1: SI el motor no se enciende y el motor recibe gasolina,
ENTONCES el problema es de las bujías
- R2: SI el motor no enciende y las luces no se encienden,
ENTONCES el problema es de la batería
- R3: SI el motor no se enciende y las luces encienden,
ENTONCES el problema es del arranque
- R4: SI hay gasolina, ENTONCES el motor recibe gasolina

Ejemplos SBC basados en reglas

Datos del caso:

{hay gasolina, motor no enciende, luces encienden}

Supuesto 1. Motor de inferencias hacia delante, resolución conflictos orden de reglas, configuración final cuando se demuestre una hipótesis

Supuesto 2. Motor de inferencias hacia delante, resolución conflictos orden inverso de reglas, configuración final cuando no se puedan ejecutar más reglas

Supuesto 3. Motor de inferencias hacia atrás, configuración final cuando se demuestre una hipótesis.

Ejemplos SBC basados en reglas

Ejemplo 2 (adaptado de Winston, 1992)

R1: Si un animal tiene pelo o da leche, ENTONCES es mamífero

R2: Si un animal tiene plumas o vuela y pone huevos, ENTONCES es un ave

R3: Si un animal es mamífero y come carne, ENTONCES es carnívoro

R4: Si un animal tiene dientes puntiagudos y tiene garras y tiene ojos saltones ENTONCES es carnívoro

R5: Si un animal es mamífero y tiene pezuñas ENTONCES es un ungulado

R6: Si un animal es mamífero y rumia ENTONCES es un ungulado

R7: Si un animal es mamífero y es carnívoro y tiene color leonado y tiene manchas oscuras ENTONCES es un leopardo

R8: Si un animal es mamífero y es carnívoro y tiene color leonado y tiene rayas negras ENTONCES es un tigre

R9: Si un animal es ungulado y tiene cuello largo y tiene piernas largas y tiene manchas oscuras ENTONCES es una jirafa

R10: Si un animal es un ungulado y tiene rayas negras ENTONCES es una cebra

R11: Si un animal es ave y no vuela y tiene el cuello largo y tiene piernas largas y tiene color blanco y negro ENTONCES es un avestruz

R12: Si un animal es ave y no vuela y nada y tiene color blanco y negro, ENTONCES es un pingüino

R13: Si es un ave y vuela bien, ENTONCES es un albatros

Ejemplos SBC basados en reglas

Ejemplo 2 (adaptado de Winston, 1992)

Supuesto 1. Motor de inferencias hacia delante

Caso: Robbie que vuela, pone huevos, y tiene cuello largo

Supuesto 2. Motor de inferencias hacia detrás

Caso: Jimmy, que tiene pelo, dientes puntiagudos, garras, ojos saltones, rayas negras, color leonado

Intentamos probar que Jimmy es un tigre

Ejemplos SBC basados en reglas

Ejemplo 3. (Castillo, Gutiérrez y Hadi, 1998)

Cuatro agentes secretos, Alberto, Luisa, Carmen y Tomás, están en uno de los cuatro países: Egipto, Francia, Japón y España. Se han recibido los siguientes telegramas de los agentes:

- *De Francia: Luisa está en España.*
- *De España: Alberto está en Francia.*
- *De Egipto: Carmen está en Egipto.*
- *De Japón: Carmen está en Francia.*

El problema radica en que no se sabe quién ha enviado cada uno de los mensajes, pero es conocido que Tomás miente (¿es un agente doble?) y que los demás agentes dicen la verdad. ¿Quién está en cada país?