

Representación de conocimiento e inferencia

❑ Tema 3: Representación de conocimiento e inferencia

❑ 3.1: Introducción - Objetivos docentes

- ❑ Introducción teórica a las técnicas de representación de conocimiento y a los mecanismos de razonamiento asociados
- ❑ Analizar los distintos tipos de conocimiento existentes y las características relevantes de las técnicas de representación
 - ❑ Criterios de idoneidad y eficiencia de una representación
- ❑ Aspectos relacionados con la representación del conocimiento
 - ❑ Representaciones declarativas y procedimentales
 - ❑ La elección de la granularidad de la representación
 - ❑ El problema del marco
- ❑ Ingeniería del conocimiento: breve introducción

Representación de conocimiento e inferencia

❑ Tema 3: Representación de conocimiento e inferencia

❑ 3.1: Introducción - Índice de contenidos

- ❑ Propiedades de una representación
- ❑ Tipos de conocimiento
 - ❑ Conocimiento factual
 - ❑ Conocimiento procedimental
 - ❑ Conocimiento de control (meta-conocimiento)
- ❑ Propiedades del conocimiento
 - ❑ Hipótesis de mundo cerrado
 - ❑ Monotonía
- ❑ El problema del marco
- ❑ Desarrollo de sistemas basados en conocimiento
 - ❑ Ingeniería del Conocimiento

Representación de conocimiento e inferencia

☐ Aspectos fundamentales de la IA clásica simbólica

☐ Resolución de problemas mediante búsqueda

☐ Tema 2

☐ Representación de conocimiento e inferencia

☐ Tema 3

☐ Aprendizaje

☐ Tema 5

Representación de conocimiento e inferencia

☐ Representación de conocimiento:

algo más amplio y flexible que una heurística

☐ Hemos visto heurísticas para guiar los algoritmos de búsqueda

☐ Las heurísticas son un tipo de representación de conocimiento, demasiado simple y “escaso” para sistemas complejos

☐ Los dominios complejos requieren representaciones más generales y flexibles

☐ El conocimiento que necesitamos en los sistemas inteligentes puede ser representado de múltiples maneras

☐ Elegir un formalismo que nos permita representar de forma adecuada unos ciertos hechos

☐ Formalismo de representación de conocimiento

☐ Mecanismos de razonamiento o inferencia asociados

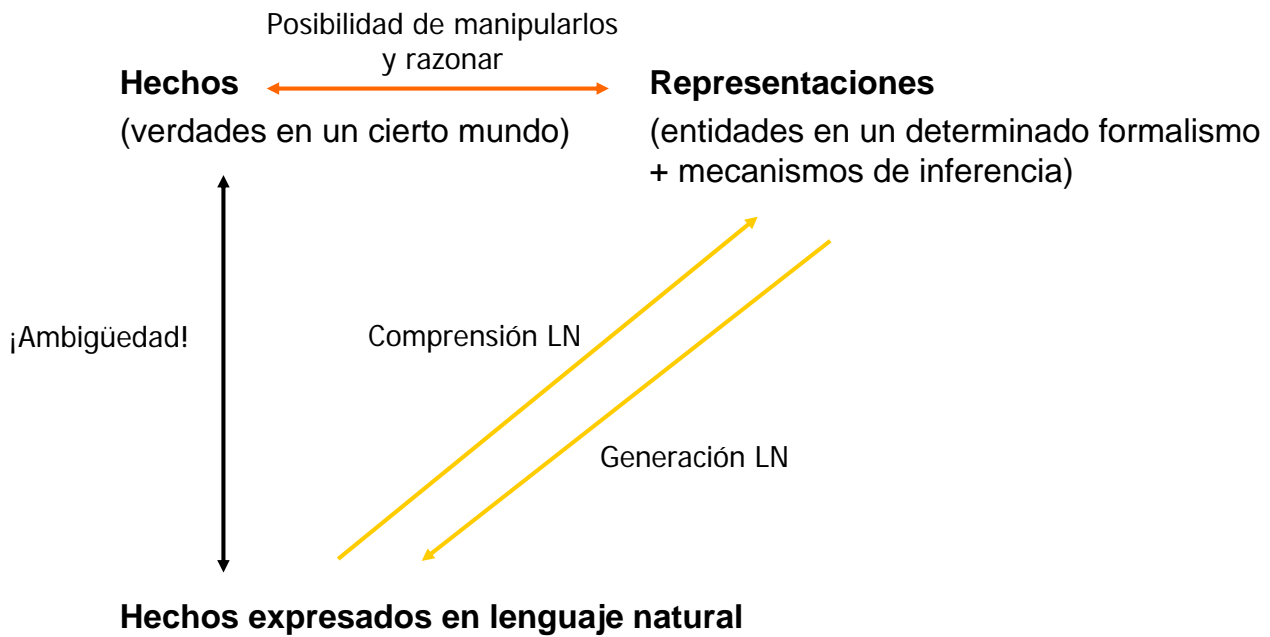
Técnicas de representación y razonamiento

- ☐ Diversos formalismos para construir bases de conocimiento
 - ☐ Representaciones basadas en relaciones
 - ☐ Lógica
 - ☐ Redes semánticas
 - ☐ Representaciones basadas en objetos
 - ☐ Marcos
 - ☐ Objeto-Atributo-Valor
 - ☐ Representaciones basadas en acciones
 - ☐ Sistemas de producción
 - ☐ Guiones
 - ☐ Combinaciones y modificaciones de los anteriores

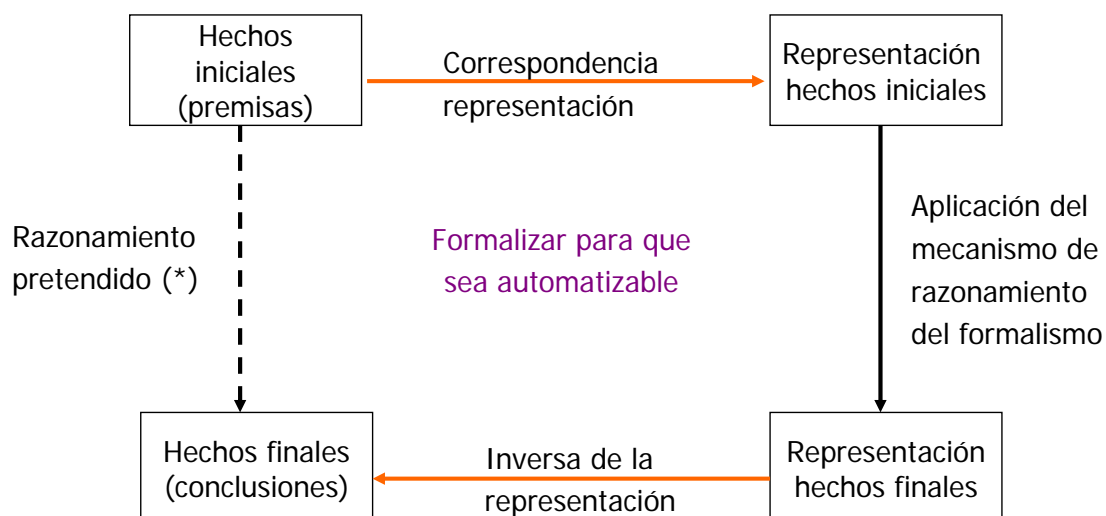
Técnicas de representación y razonamiento

- ☐ Para determinar si una técnica de representación es adecuada para un problema hay que considerar
 - ☐ **Potencia expresiva** para representar todo el conocimiento necesario
 - ☐ **Potencia de los mecanismos de inferencia** soportados por esa técnica
- ☐ Representación en lenguaje natural
 - ☐ Serio problema: la ambigüedad
 - ☐ Mismo significado, distinta representación
 - ☐ Distinto significado, misma representación

Técnicas de representación y razonamiento



Técnicas de representación y razonamiento

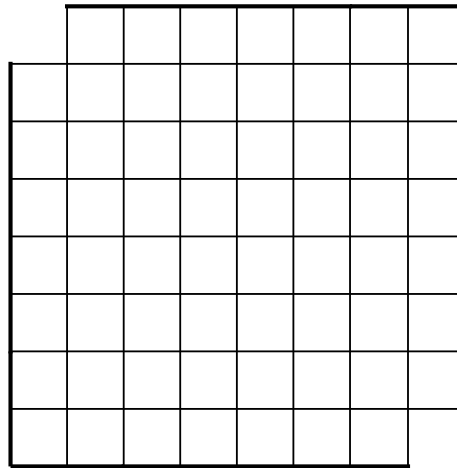


La elección de la representación afecta a la dificultad/facilidad de resolución de un problema

Técnicas de representación y razonamiento

- ❑ Influencia de la representación en la complejidad de la inferencia
 - ❑ Ejemplo del problema del tablero de damas mutilado: tablero 8*8 recortando dos esquinas opuestas
 - ❑ ¿Es posible recubrir el tablero con fichas de dominó sin que las fichas se solapen entre sí ni queden trozos fuera?

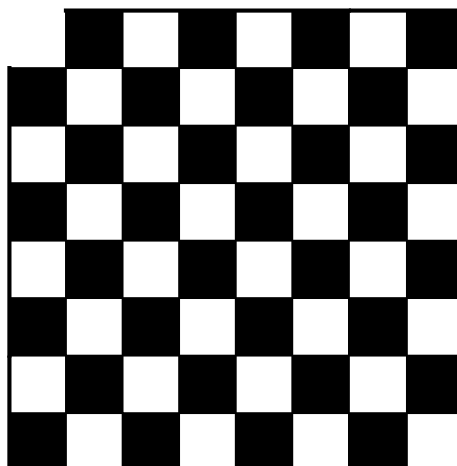
Representación 1:
tablero en blanco e
intentar recubrirlo
probando todas las
posibilidades



Técnicas de representación y razonamiento

- ❑ Influencia de la representación en la complejidad de la inferencia
 - ❑ Ejemplo del problema del tablero de damas mutilado: tablero 8*8 recortando dos esquinas opuestas
 - ❑ ¿Es posible recubrir el tablero con fichas de dominó sin que las fichas se solapen entre sí ni queden trozos fuera?

Representación 1:
tablero en blanco e
intentar recubrirlo
probando todas las
posibilidades



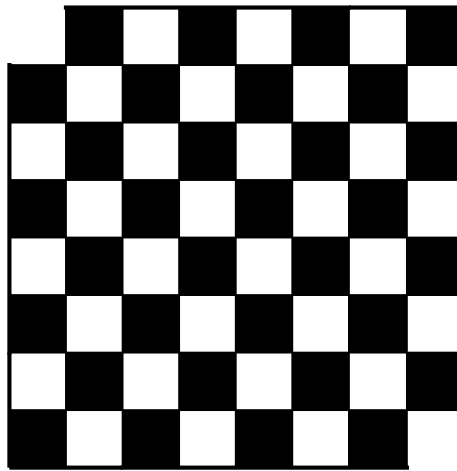
Representación 2:
pintar casillas de
blanco y negro e
intentar recubrirlo

Técnicas de representación y razonamiento

- ❑ Influencia de la representación en la complejidad de la inferencia
 - ❑ Ejemplo del problema del tablero de damas mutilado: tablero 8*8 recortando dos esquinas opuestas
 - ❑ ¿Es posible recubrir el tablero con fichas de dominó sin que las fichas se solapen entre sí ni queden trozos fuera?

Representación 1:
tablero en blanco e intentar recubrirlo probando todas las posibilidades

Representación 2:
pintar casillas de blanco y negro e intentar recubrirlo



Representación 3:
contar casillas blancas y negras
¡30 distinto de 32!

¡Resuelto directamente!
No tiene solución

No existe una representación óptima para todos los problemas

Propiedades de una representación

- ❑ Para un determinado dominio de trabajo hay que valorar (+ o -) las siguientes propiedades de una técnica de representación



- ❑ **Idoneidad representativa:** capacidad de representación de todos los tipos de conocimiento necesarios en ese dominio
- ❑ **Idoneidad inferencial:** capacidad de manipular los símbolos del formalismo de representación e inferir nuevo conocimiento
- ❑ **Eficiencia inferencial:** capacidad de incorporar meta-conocimiento que permita mejorar los procesos de razonamiento
- ❑ **Eficiencia adquisitiva:** capacidad de adquirir fácilmente nuevo conocimiento del exterior, idealmente bajo control del propio sistema (o, simplemente, añadiéndolo una persona) manteniendo la consistencia con el conocimiento existente
- ❑ **Ninguna técnica de representación optimiza todas estas propiedades para todos los dominios y tipos de conocimiento**
- ❑ Multitud de técnicas. Muchos sistemas basados en más de una

Tipos de conocimiento

Base de conocimiento (BC)

Todo el cuerpo de conocimiento utilizable por el sistema, representado en algún formalismo dado, junto con los mecanismos de gestión de ese conocimiento (*incorporación, supresión, modificación, consulta exacta, consulta aproximada, inferencia, control de consistencia, etc.*)

❑ Tipos de conocimiento

1. Factual o declarativo (representación de hechos)

- ❑ Explícito: se introduce directamente
- ❑ Implícito: se infiere a partir del conocimiento explícito

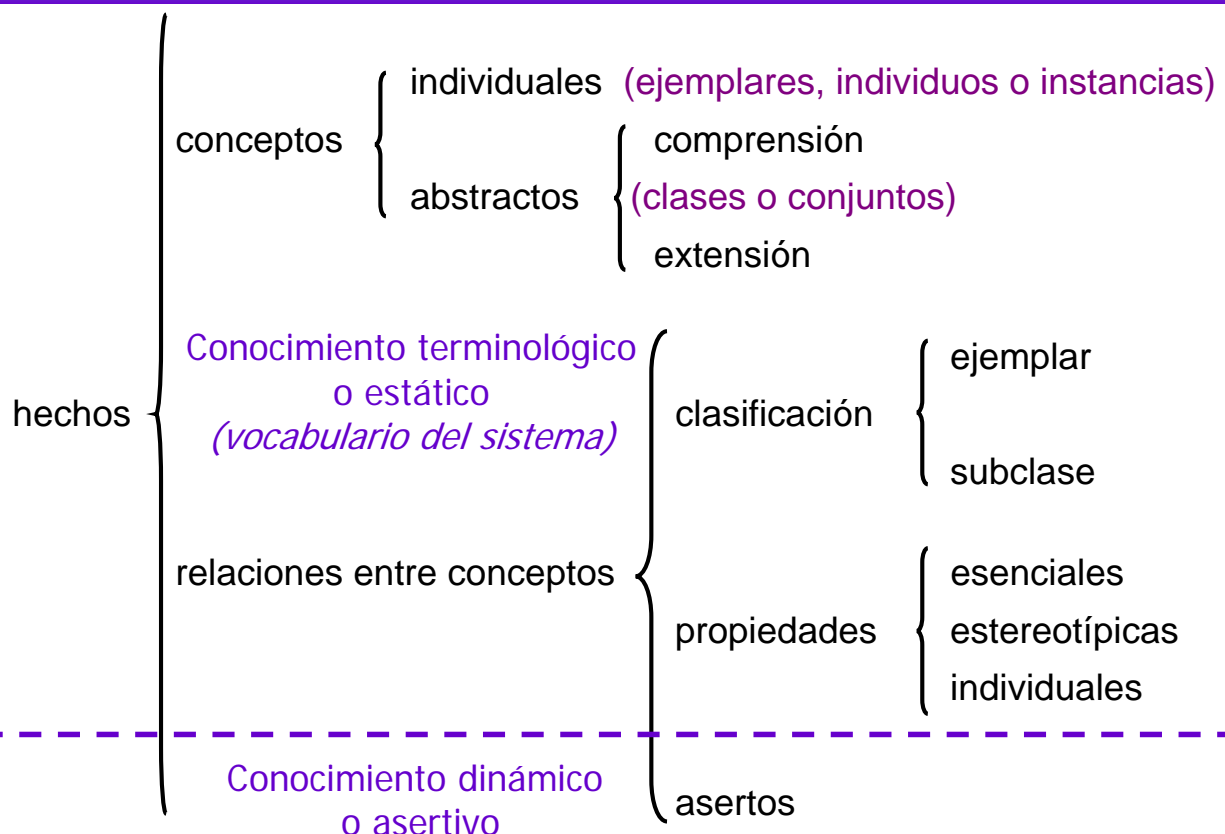
2. Procedimental

- ❑ Indica cómo actuar en diversas situaciones

3. Meta-conocimiento o conocimiento de control

- ❑ Conocimiento a un nivel superior: conocimiento sobre el propio conocimiento, que permite gestionarlo

1. Conocimiento factual - I



Conocimiento factual - II : explícito

- ☐ Dualidad para decidir la representación conceptual
 - ☐ Como clase o como individuo
 - ☐ Dependiendo de cómo lo vayamos a manejar y/o del nivel de granularidad de la representación
 - ☐ *Rioja como subclase o como ejemplar de VinoTinto*
- ☐ Una clase se puede representar
 - ☐ Por comprensión
 - ☐ A través de las propiedades que caracterizan a sus instancias
 - ☐ Por extensión
 - ☐ Enumerando una a una sus instancias

Conocimiento factual - III : explícito

- ☐ Las **relaciones de clasificación** permiten
 - ☐ Relacionar las instancias con la clase a la que pertenecen (*ejemplar*)
 - ☐ Relacionar las subclases y superclases (*subclase*)
 - ☐ Usar la herencia como mecanismo de inferencia
 - ☐ Reduce el tamaño de la BC y ayuda a prevenir inconsistencias (al añadir nuevas clases o instancias)
- ☐ Hay varios **tipos de propiedades**
 - ☐ **Esenciales**: las que definen a una clase
 - ☐ Compartidas por todos sus ejemplares
 - ☐ **Estereotípicas**: generales, pero puede haber excepciones
 - ☐ Su uso requiere algún mecanismo de gestión de excepciones en el formalismo de representación para deshabilitar la herencia de este tipo de propiedades
 - ☐ **Individuales**: no tienen por qué ser compartidas a nivel de clase

Conocimiento factual - IV : implícito

- ❑ **Conocimiento factual implícito:**
 - se infiere a partir del conocimiento factual explícito
- ❑ A partir de las reglas de inferencia (*modus ponens, resolución, etc.*)
 - ❑ Forma general de obtener conocimiento implícito en un formalismo de representación
- ❑ Por ejemplo, la herencia puede expresarse mediante reglas de inferencia
 - ❑ Todos los ejemplares de una clase, o todas las subclases de una clase, heredan automáticamente las propiedades esenciales de la clase
 - ❑ Reduce el tamaño de la BC y ayuda a prevenir inconsistencias (al añadir nuevas clases o instancias)
 - ❑ Necesarios mecanismos para indicar qué propiedades son heredables

Tipos de conocimiento

Base de conocimiento (BC)

Todo el cuerpo de conocimiento utilizable por el sistema, representado en algún formalismo dado, junto con los mecanismos de gestión de ese conocimiento (*incorporación, supresión, modificación, consulta exacta, consulta aproximada, inferencia, control de consistencia, etc.*)

- ❑ **Tipos de conocimiento**
 1. Factual o declarativo (representación de hechos)
 - ❑ Explícito: se introduce directamente
 - ❑ Implícito: se infiere a partir del conocimiento explícito
 2. Procedimental
 - ❑ Indica cómo actuar en diversas situaciones
 3. Meta-conocimiento o conocimiento de control
 - ❑ Conocimiento a un nivel superior: conocimiento sobre el propio conocimiento, que permite gestionarlo

2. Conocimiento procedimental (u operativo)

☐ Conocimiento procedimental

- ☐ Se refiere a cómo actuar en ciertas situaciones
 - ☐ Por ejemplo, edad calculada a partir de la fecha de nacimiento y la actual
- ☐ Expresable en forma de programa, reglas de producción, reglas de inferencia...
 - ☐ Si se representa como reglas de inferencia, a nivel de representación no existirá diferencia entre este tipo de conocimiento y el conocimiento factual implícito

Tipos de conocimiento

Base de conocimiento (BC)

Todo el cuerpo de conocimiento utilizable por el sistema, representado en algún formalismo dado, junto con los mecanismos de gestión de ese conocimiento (*incorporación, supresión, modificación, consulta exacta, consulta aproximada, inferencia, control de consistencia, etc.*)

☐ Tipos de conocimiento

1. Factual o declarativo (representación de hechos)
 - ☐ Explícito: se introduce directamente
 - ☐ Implícito: se infiere a partir del conocimiento explícito
2. Procedimental
 - ☐ Indica cómo actuar en diversas situaciones

3. Meta-conocimiento o conocimiento de control

- ☐ Conocimiento a un nivel superior: conocimiento sobre el propio conocimiento, que permite gestionarlo

3. Meta-conocimiento (conocimiento de control)

- ❑ Meta-conocimiento o conocimiento de control
 - ❑ Permite garantizar la consistencia de la base de conocimiento
 - ❑ Por ejemplo, fecha de nacimiento < fecha actual
 - ❑ Y mejorar la eficiencia
 - ❑ Dirigiendo búsquedas
 - ❑ BCs enormes: búsquedas dirigidas con conocimiento acerca del dominio
 - ❑ Conocimiento de control de la búsqueda
 - ❑ Estados mejores que otros
 - ❑ Reglas preferibles a otras en una cierta situación
 - ❑ Orden de consecución de subobjetivos
 - ❑ Secuencias útiles de reglas para aplicar en una cierta situación
 - ❑ ...
 - ❑ Es conocimiento sobre el conocimiento, es decir, meta-conocimiento
- ❑ También puede representarse de diversas formas
 - ❑ Muy rudimentario en Prolog: corte y orden (cláusulas y subobjetivos)
 - ❑ Otros sistemas ofrecen más posibilidades

Propiedades del conocimiento

- ❑ Conocimiento incompleto (vs. datos completos en programas)
 - ❑ Se produce porque falta conocimiento en la BC o porque el mecanismo de inferencia es insuficiente
 - ❑ En general, suele ser imposible representar todo el conocimiento
 - ❑ Los sistemas más simples asumen la **hipótesis del mundo cerrado**
 - ❑ “Los asertos verdaderos sobre el dominio están incluidos en la BC o pueden ser derivados de ella, todo lo que **no** está es falso”
 - ❑ Hay que saberlo y tenerlo en cuenta: “falso” o “no” a veces es “no sé, no me consta”

Juan es rubio
Luis es moreno
Álvaro es pelirrojo

Cada uno tiene el pelo de un solo color

¿Juan es moreno?

NO

Porque Juan es rubio y sólo se tiene el pelo de un color

¿Ana es rubia?

NO

Por la hipótesis del mundo cerrado

¿Habría que decir NO SÉ? “mundo abierto”

- Propiedades del conocimiento - I

☐ Conocimiento por omisión (*by default*)

- ☐ Conocimiento que se asume implícitamente mientras no se niegue explícitamente

- ☐ Las excepciones se establecen a posteriori

- ☐ Con los mecanismos de herencia con excepciones, ¿hay que borrar las inferencias ya hechas?

☐ Sistemas monótonos

- ☐ Lo verdadero no puede dejar de serlo, no puedo retractarme de algo ya inferido
- ☐ Son más fáciles de implementar pero más limitados

☐ Sistemas no monótonos

- ☐ Las conclusiones establecidas en un cierto momento pueden dejar de ser ciertas si llega nueva información
- ☐ Requieren garantizar la consistencia
- ☐ TMS (*True Maintenance Systems*): sistemas de mantenimiento de la verdad

Propiedades del conocimiento - II

☐ Conocimiento inseguro (*incierto, dudoso*)

- ☐ El conocimiento añadido al sistema se acompaña de un **factor de certeza** que se usa en las inferencias

☐ if P then Q (0.7)

- ☐ Si P es verdadero entonces con un factor de certeza de 0.7 Q también será verdadero
- ☐ Si la premisa P tiene un factor de certeza de 0.8 entonces Q será añadido a la memoria de trabajo con un factor de certeza de $0.7 * 0.8 = 0.56$

☐ Técnicas bayesianas

☐ Conocimiento impreciso

- ☐ Uso de lógica difusa, cuantificadores especiales, etc.

☐ “Muchos suecos son altos”

- ☐ No es conocimiento inseguro: el factor de certeza es 1
- ☐ El problema está en la imprecisión
 - ☐ ¿Cuántos son muchos?
 - ☐ ¿Qué quiere decir ser alto? ¿A partir de qué altura se es alto?

- El problema del marco (*frame problem*)

- ❑ Descripción de un estado: un gran número de hechos
 - ❑ Al aplicar un operador, sólo algunos de estos hechos van a verse afectados mientras que el resto se mantiene inalterado
 - ❑ Si guardamos todos los hechos en cada estado, gastaremos mucho espacio y consumiremos la mayor parte del tiempo copiando hechos que no han cambiado. *¿Qué podemos hacer?*
 - ❑ Centrarse sólo en lo que varía
- ❑ Mecanismos más habituales para resolver el problema:
 - ❑ Tener una única representación del estado inicial y en cada nodo guardar sólo los cambios introducidos
 - ❑ Facilita el *backtracking* pero requiere más tiempo cuando se quiere conocer el estado actual
 - ❑ Mantener una única descripción del estado actual que se va modificando al aplicar operadores
 - ❑ Dificulta el *backtracking* pero permite conocer instantáneamente el estado actual

No hay una opción buena en todas las situaciones. Dependerá...

- Otros aspectos de la representación

- ❑ Granularidad de la representación (*relacionado con dualidad*)
 - ❑ Nivel de detalle en la representación del mundo
 - ❑ Influye en el número de hechos que constituyen un estado
 - ❑ Dependerá del problema
 - ❑ Suele usarse redundancia: distintas representaciones con distintos niveles de detalle
- ❑ Representación declarativa (*fase prototipado*)
 - ❑ Se especifica el conocimiento pero no cómo debe ser usado
 - ❑ Ventajas: modularidad (*cambios*) y flexibilidad (*consultas*)
 - ❑ Desventajas: necesario añadir especificación de uso del conocimiento
- ❑ Representación procedimental (*fase eficiencia*)
 - ❑ La propia representación incluye información de control sobre cómo va a ser usado el conocimiento (*fija forma de uso*)
 - ❑ Ventajas: eficiencia (*al adaptarse al problema concreto*)
 - ❑ Desventajas: escasa modularidad y flexibilidad

- Desarrollo de SBC - I

- ❑ El problema mayor en el **desarrollo de sistemas basados en el conocimiento** (SBC) es la adquisición de conocimiento
 - ❑ Requiere un contacto continuo entre el programador y el experto
 - ❑ El programador ha de poseer una cierta intuición y facilidad para entenderse con otras personas
(no necesario para otro tipo de sistemas)
 - ❑ El “programador” de un SBC (KBS) se llama **ingeniero del conocimiento**
 - ❑ Se encarga del proceso general de construcción de una base de conocimiento
 - ❑ Investigar un dominio concreto
 - ❑ Aprender qué conceptos son los importantes en ese dominio
 - ❑ Crear una representación formal de los objetos y relaciones del dominio
 - ❑ Nivel de conocimiento → nivel de implementación
- ❑ El proceso de desarrollo de un SBC se ha llamado **Ingeniería del Conocimiento**

Desarrollo de SBC - II

- ❑ Adecuación de una aproximación basada en el conocimiento
 - ❑ Cuando no haya una solución algorítmica
 - ❑ Cuando la tarea del dominio (*comprensión total para saber qué conceptos son importantes*) la tengan que realizar expertos y no simples aficionados
 - ❑ Cuando el problema no requiera demasiado “sentido común”

Ingeniería del Conocimiento

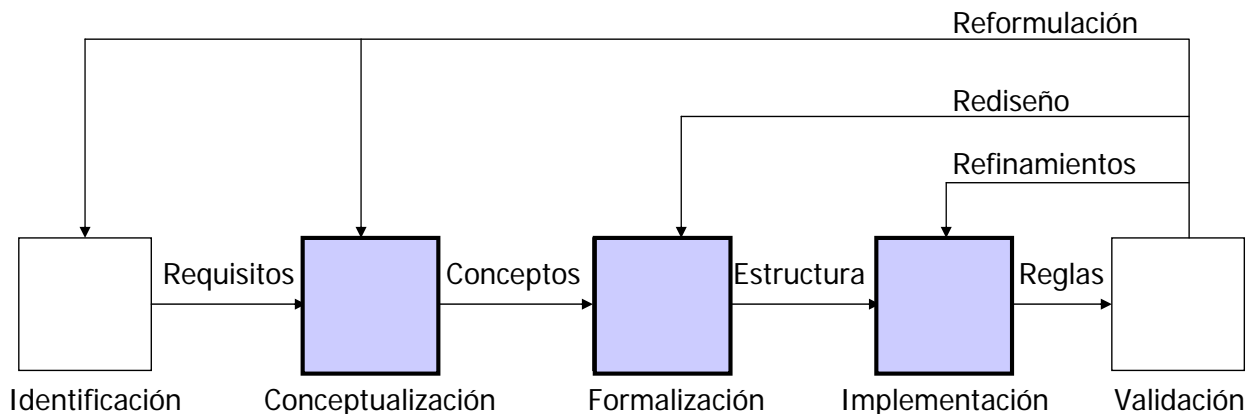
- ❑ Los SBC surgen en los años 70, con los sistemas expertos
 - ❑ Extracción del conocimiento especializado (a partir de expertos humanos, libros, etc.) y representación en bases de conocimiento
 - ❑ “Adquisición de conocimiento sobre un dominio, a partir de una o más fuentes no electrónicas, y su conversión a un formato que pueda ser utilizado por un ordenador para resolver problemas que sólo pueden ser resueltos por personas con amplio conocimiento del dominio”
- ❑ La IC nace a finales de los 80 (*crisis de los SBC*)
 - ❑ Misión del IC: no sólo transformar el conocimiento disponible para que sea aplicable por una máquina (*“manufacturar” conocimiento*)
 - ❑ Utilizar herramientas existentes y disponibles para resolver el problema, o ser capaz de desarrollar una adecuada si no la hubiera
 - ❑ Reconocer qué conocimiento concreto se utiliza para resolver un problema
 - ❑ Saber clasificar ese conocimiento
 - ❑ Determinar cuál es la mejor manera de representarlo

Actividades del ingeniero del conocimiento

Tareas de procesamiento del conocimiento	Actividades ingenieriles	Productos
Extracción	Adquisición del conocimiento	Conceptos y reglas
Modelado	Diseño del sistema	Arquitectura del sistema y elección representación
Ensamblado	Programación del conocimiento	Base de conocimiento (incluyendo motor de inferencia)
Refinamiento	Refinamiento del conocimiento	Conceptos y reglas revisados

Desarrollo de SBC - III

Modelo en cascada (1º intento de metodología) Fases del ciclo:



❑ Modelo de ciclo de vida propuesto por Buchanan (1983)

❑ **Cuello de botella** en el desarrollo de un SBC: adquisición de conocimiento *(por la falta de conocimiento que el IC tiene sobre el dominio de la aplicación)*

❑ Abarca desde la concepción del sistema hasta su madurez

Desarrollo de SBC – IV: evolución

❑ Evolución de desarrollo, nuevos modelos:

❑ Prototipado (Kahn, 1994)

❑ Ciclo de vida en espiral (Boehm, 1988).

❑ (90's) Perspectiva del modelado (mejorar Adquisición del C)

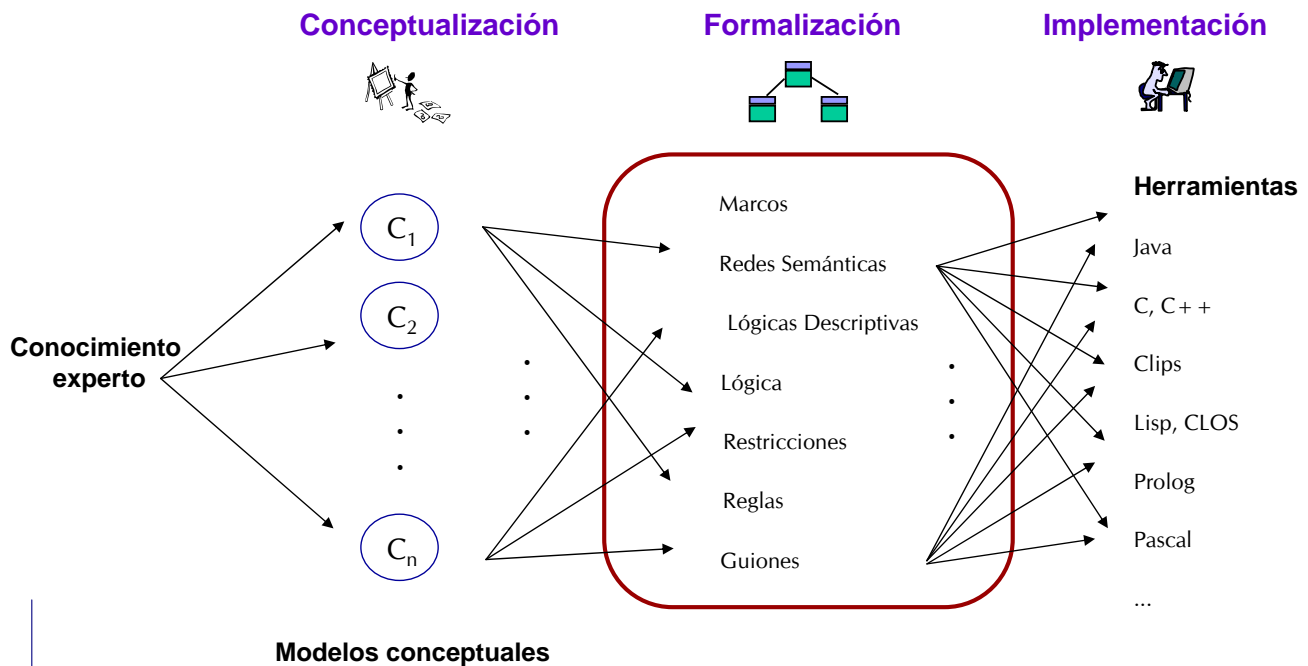
❑ Conceptualización: se establece un modelo del dominio.

❑ Formalización: se elige el sistema de representación.

❑ Implementación: se elige el lenguaje y herramientas

Numerosas alternativas para modelizar la realidad

- Distinción entre un formalismo de representación y el medio para implementarlo



Bibliografía

- **Rich, E. y Knight, K.**
Artificial Intelligence.
McGraw-Hill, 1991, 2ª edición
- **Giarratano, J. y Riley, G.**
Sistemas Expertos: Principios y Programación
International Thomson Editores, 2001
- **Gonzalez, A. J. y Dankel, D. D.**
The Engineering of Knowledge Based Systems: Theory and Practice
Prentice Hall, 1993
- **Alonso, Guijarro, Lozano, Palma y Taboada**
Ingeniería del Conocimiento: Aspectos Metodológicos
Prentice Hall, 2004