

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 4

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 puede ser representado de múltiples maneras

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

❑ Formalismo de representación de conocimiento

❑ Qué tengo?

❑ Mecanismos de razonamiento o inferencia asociados

❑ Qué puedo hacer (deducir) con lo que tengo?

Tipos de Técnicas de representación

- ☐ 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 (o de Reglas)
 - ☐ Guiones
 - ☐ Combinaciones y modificaciones de los anteriores

Técnicas de representación Adecuadas

- ☐ La técnica de representación es adecuada para un problema?
 - ☐ **Potencia expresiva**
 - ☐ Puede representar todo el conocimiento necesario?
 - ☐ **Potencia de los mecanismos de inferencia** para esa técnica
 - ☐ Podemos obtener lo que queremos?
- ☐ Hay problemas intrínsecos a cada representación
 - ☐ Ejemplo: Representación en lenguaje natural
 - ☐ Resolver un problema importante: la ambigüedad
 - ☐ Mismo significado, distinta representación
 - ☐ Distinto significado, misma representación
- ☐ **Ya sabemos que la representación elegida afecta**
 - ☐ **a la dificultad/facilidad de resolución de un problema**

Técnicas de representación y razonamiento

❑ Mecanismos de inferencia

- ❑ Obtención de nuevo conocimiento a partir del conocimiento actual

❑ Deducción

- ❑ A partir de leyes generales obtenemos conocimiento particular

- ❑ Si las premisas son ciertas, la conclusión es verdadera.

❑ Inducción

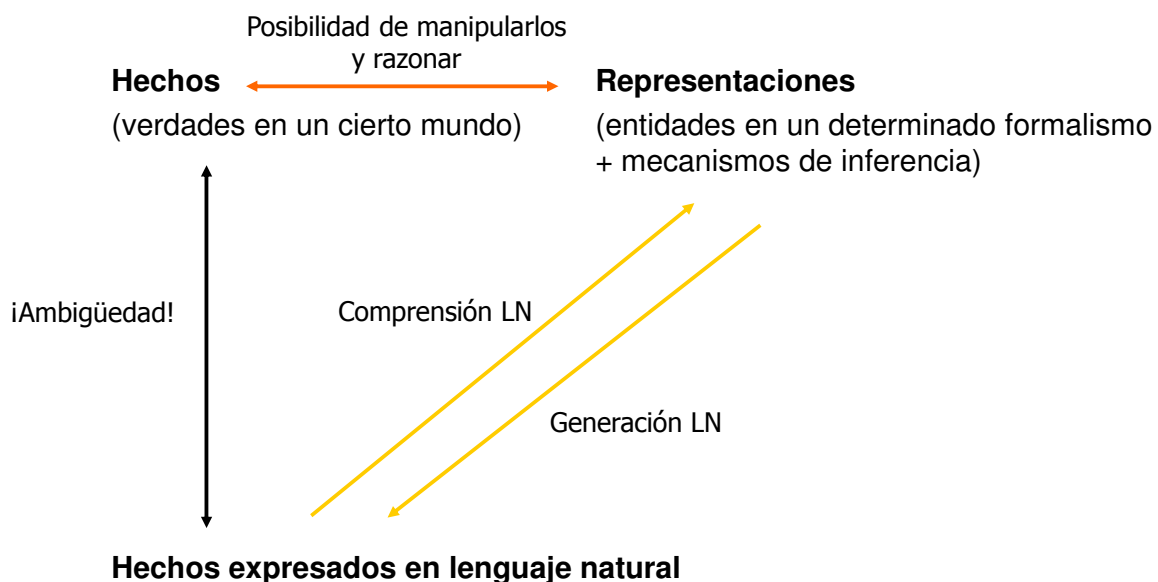
- ❑ Es la generalización de la información extraída de casos particulares.

- ❑ No se puede garantizar su validez. Es la base del aprendizaje

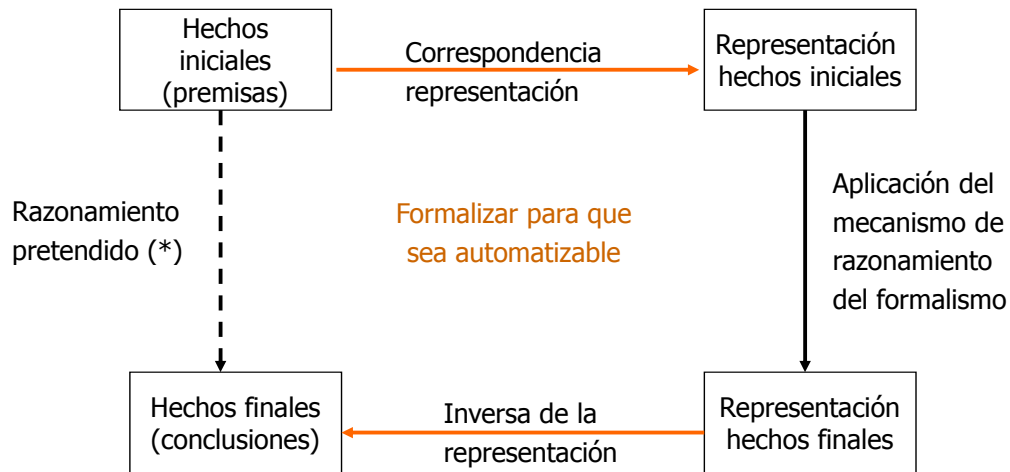
❑ Abducción

- ❑ Es la capacidad de generar explicaciones plausibles para un cierto hecho que ha ocurrido

Rol de la Representación: Ejemplo



Elementos que participan

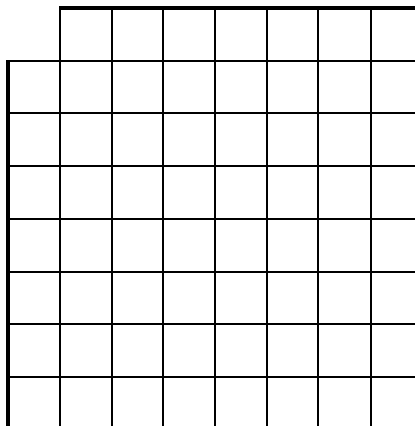


Cómo influye la representación en la complejidad - I

❑ Buscar una representación:

- ❑ Ejemplo del problema del tablero de damas mutilado: tablero 8*8 recortando dos esquinas opuestas
- ❑ ¿Es posible recubrir TODO el tablero con fichas de dominó sin que las fichas se solapen entre sí ni queden trozos fuera?
- ❑ Se asume que cada ficha ocupa dos casillas en el tablero

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



Cómo influye la representación en la complejidad - II

→ Representación 2:

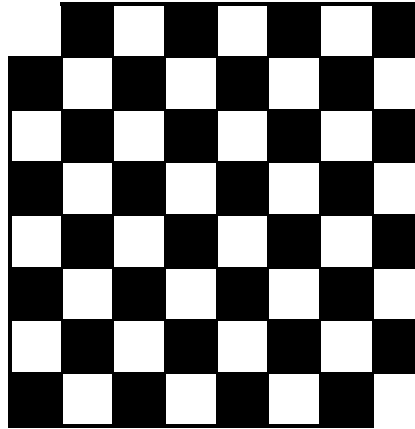
pintar casillas de blanco y negro e intentar recubrirlo

→ Representación 3:

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

Se ve: No hay solución

¡Resuelto directamente!



No existe una
representación
óptima para todos
los problemas

Propiedades de una representación

- ❑ Para un determinado dominio hay que valorar (+ ó -)
 - ❑ **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 (deseado)
 - ❑ **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

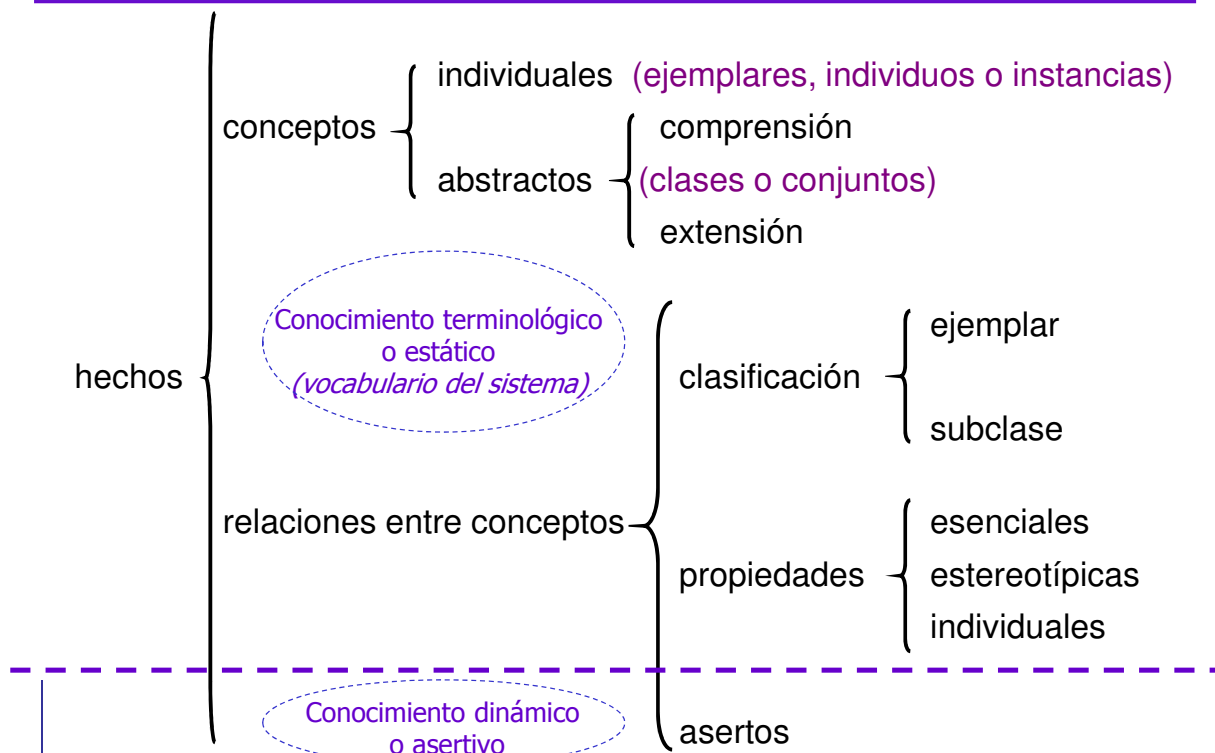
Bases de conocimiento (BC)

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



1. Conocimiento factual - II : explícito

☐ Representación Conocimiento declarativo

- ☐ Se especifica **qué** conocimiento pero no **cómo** debe ser usado
 - ☐ Ventajas: modularidad (*cambios*) y flexibilidad (*consultas nuevas*)
 - ☐ Desventajas: necesario añadir especificación de uso del conocimiento

☐ Decidir la representación conceptual

- ☐ Dualidad: Como clase o como individuo
 - ☐ Dependiendo de cómo lo vayamos a manejar
 - ☐ Y del nivel de granularidad de la representación
 - ☐ *Rioja como subclase o como ejemplar de VinoTinto*
- ☐ Granularidad: Nivel de detalle en la representación del mundo
 - ☐ *Dependerá del problema y número de hechos que constituyen un estado*

1. 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
 - ☐ Mecanismo para deshabilitar la herencia de este tipo de propiedades
- ☐ **Individuales**: no tienen por qué ser compartidas a nivel de clase

1. Conocimiento factual - IV : implícito

- ❑ Se infiere a partir del conocimiento factual explícito
- ❑ A partir de las reglas de inferencia (*modus ponens, resolución,...*)
 - ❑ Forma general de obtener conocimiento implícito
- ❑ Ejemplo, la herencia es un conocimiento implícito
 - ❑ 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
 - ❑ Ayuda a prevenir inconsistencias al añadir nuevas clases o instancias
- ❑ Necesarios mecanismos para indicar qué propiedades son heredables

2. Conocimiento procedimental (u operativo)

- ❑ Conocimiento procedimental
 - ❑ Indica, mediante pasos, cómo actuar en ciertas situaciones
 - ❑ Ej: edad calculada a partir de la fecha de nacimiento y la actual
 - ❑ Ej: fórmula de cálculo de intereses de hipoteca.
 - ❑ Expresable en forma de
 - ❑ Programa algorítmico
 - ❑ Reglas de producción (con resultados monótonos sin incertidumbre)
 - ❑ Se asocia a algún concepto o parte de la BC
- ❑ Representación Conocimiento procedimental
 - ❑ 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 (consultas prefijadas)

3.Meta-conocimiento (conocimiento de control)

- ☐ Conocimiento que facilita la gestión del conocimiento en la BC
- ☐ Permite garantizar la consistencia de la base de conocimiento
 - ☐ Por ejemplo, fecha de nacimiento < fecha actual
- ☐ Permite mejorar la eficiencia
 - ☐ Dirigiendo búsquedas (orden, categorías,...)
 - ☐ 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
- ☐ También puede representarse de diversas formas
 - ☐ Muy rudimentario en Prolog: corte y orden (cláusulas y subobjetivos)
 - ☐ Otros sistemas ofrecen más posibilidades: meta-reglas, meta-clases,...

-- Propiedades del conocimiento – I --

A.- Conocimiento incompleto (vs. datos completos en programas)

- ☐ Falta conocimiento en la BC o mecanismo de inferencia insuficiente
- ☐ En general, suele ser imposible representar todo el conocimiento
- ☐ Hipótesis del mundo cerrado (en sistemas más simples)
 - ☐ Todo lo que **no** está en la BC es falso: “Los asertos verdaderos están incluidos en la BC o pueden ser derivados de ella,”
 - ☐ El humano razona así cuando es muy experto en el dominio
- ☐ Hipótesis del mundo abierto: “no sé, no me consta”
 - ☐ El humano razona así cuando no es demasiado experto en el dominio

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
Porque: la hipótesis del mundo
cerrado
¿Habría que decir NO SÍ? ?
“mundo abierto”

Propiedades del conocimiento - II

B.- Conocimiento por omisión (*by default*)

- ☐ Se asume implícitamente mientras no se niegue explícitamente
 - ☐ Las excepciones se establecen a posteriori
- ☐ Con los mecanismos de herencia con excepciones
- ☐ Dos tipos de Sistemas ¿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 - III

C.- 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 Q también será verdadero con un factor de certeza de 0.7
 - ☐ 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

D.- 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 unos pocos de estos hechos cambian
 - ❑ Si guardamos todos los hechos en cada estado, gastaremos mucho espacio y tiempo. Solución
 - ❑ Centrarse sólo en lo que varía
- ❑ Mecanismos más habituales para resolver el problema:
 - a) 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
 - b) Mantener una única descripción del estado actual que se va modificando al aplicar operadores
 - ❑ Dificulta el *backtracking* pero permite conocer instantáneamente el estado actual

-- Desarrollo de SBC - I: Conceptos --

- ❑ Sistemas Basados en el conocimiento (SBC)
 - ❑ El conocimiento (“datos”) separados del motor de inferencia (“algoritmo”)
- ❑ Adquisición de conocimiento (el problema mayor de los SBC)
 - ❑ Extracción del conocimiento especializado (a partir de expertos humanos, libros, etc.)
 - ❑ Requiere mucha interacción entre el Ingeniero del Con. y el experto del dominio
- ❑ Ingeniero del conocimiento: es el “programador” de un SBC (*KBS*)
 - ❑ Se encarga del proceso general de construcción del SBC
 - ❑ Las bases 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
 - ❑ Diseñar el modo de razonamiento
 - ❑ Motores de inferencia para cada representación

- ❑ Ingeniería del Conocimiento: es el proceso de desarrollo de un SBC

Desarrollo de SBC – II: Cuando es adecuado?

- ❑ Adecuación de una aproximación basada en el conocimiento
 1. Cuando no haya una solución algorítmica
 2. Cuando la tarea del Análisis del dominio sea compleja
 - ❑ La tengan que realizar expertos y no simples aficionados
 3. Cuando el problema no requiera demasiado “sentido común”
- ❑ DEF: Análisis del dominio:
 - ❑ *Comprensión del dominio*
 - ❑ *Qué conceptos son importantes*
 - ❑ *Qué relaciones existen: causa, efecto, partes de, etc...*
- ❑ DEF: Sentido común:
 - ❑ *Conocimientos generales implícitos del otros dominios (el mundo)*
 - ❑ *Lo que se da “por supuesto”*

Ingeniería del Conocimiento (IC)

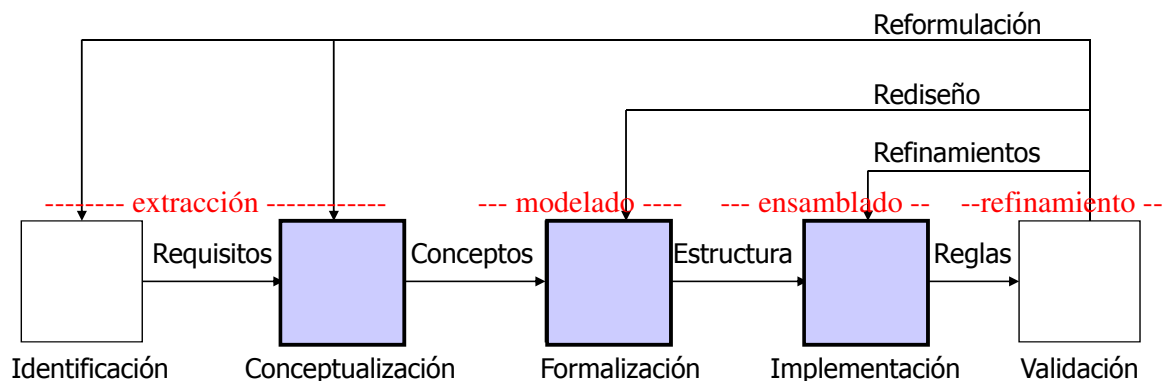
1. Antes, **la IA**: Técnicas generales de resolución de problemas
2. **Sistemas Expertos**: (los SBC surgen en los años 70)
 - ❑ Extracción del conocimiento especializado (a partir de expertos humanos, libros, etc.) y representación en bases de conocimiento
 - ❑ Transformar el conocimiento disponible para que sea aplicable por una máquina (*“manufacturar” conocimiento*) , *razonar*
3. **Ingeniería del Conocimiento** : más metodológica, ingenieril (finales 80's)
 - ❑ 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
 - ❑ Lo inadecuado puede no verse inmediatamente
 - ❑ ...Se pasa de la “transferencia de conocimiento” al “modelado del c.”.

Actividades del ingeniero del conocimiento

Tareas de procesamiento del conocimiento	Actividades del Ingeniero de C.	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 <i>revisados</i>

Desarrollo de SBC – III : Fases del ciclo original

Fases del ciclo (1º intento de metodología) :



1.- Modelo de ciclo de vida propuesto por Buchanan (1983)

- Abarca desde la concepción del sistema hasta su madurez
- **Problema** : Adquisición de conocimiento

Desarrollo de SBC – IV: evolución

2.- Evolución de desarrollo, nuevos modelos:

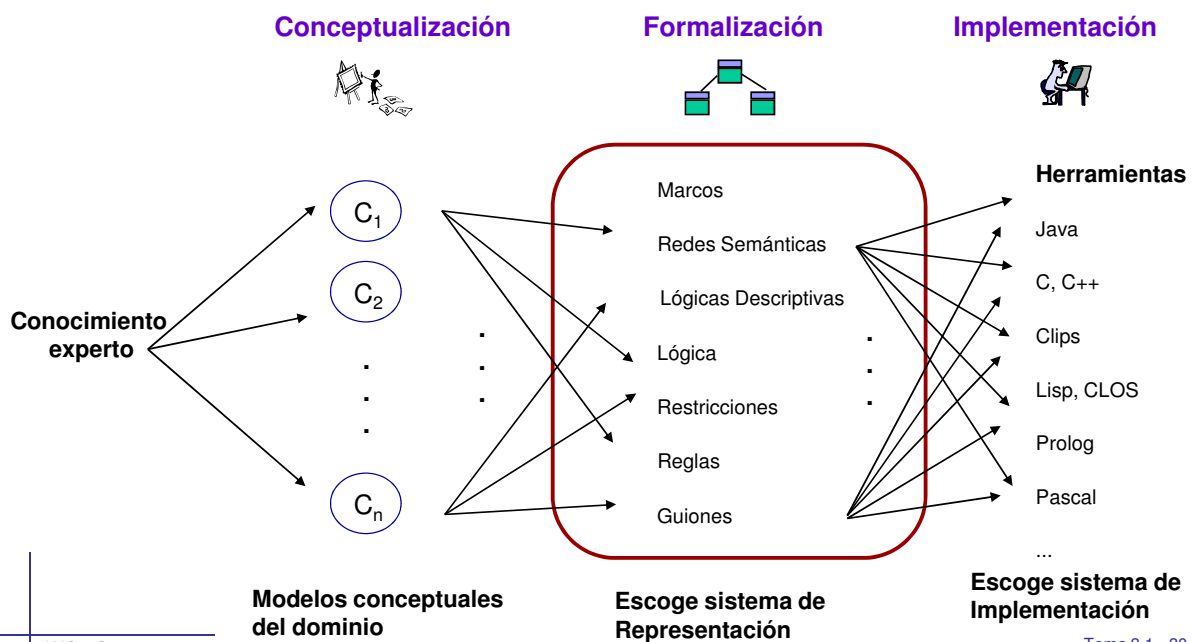
- ❑ Prototipado (Kahn, 1994)
- ❑ Ciclo de vida en espiral (Boehm, 1988).

3.- Perspectiva del modelado (mejorar Adquisición del C) (90's)

- ❑ Conceptualización: se establece un modelo del dominio.
- ❑ Formalización: se elige el sistema de representación.
- ❑ Implementación: se elige el lenguaje y herramientas

3.- Perspectiva del modelado

- ❑ 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