

Técnicas de representación y razonamiento

❑ Tema 3: Representación del conocimiento e inferencia

❑ 3.3: Redes semánticas – Índice de contenidos

- ❑ Introducción
- ❑ Definición de redes semánticas (o asociativas)
 - ❑ Características
 - ❑ Tipos de arcos
- ❑ Mecanismos de inferencia (o razonamiento)
 - ❑ Herencia de propiedades
 - ❑ Búsqueda de la intersección entre dos conceptos
 - ❑ Contestación de preguntas: equiparación
- ❑ Representación con redes semánticas
 - ❑ Representación de relaciones no binarias
 - ❑ Representación de sucesos
- ❑ Conclusiones

Técnicas de representación y razonamiento

❑ Técnicas de representación del conocimiento

❑ Representaciones básicas

- ❑ Lógica de predicados. Representación en Prolog

❑ Redes semánticas

- ❑ Sistemas de producción

❑ Representaciones estructuradas

- ❑ Marcos (frames) y guiones (scripts)

❑ Estudio comparativo de las técnicas de representación

❑ Lenguajes de representación del conocimiento

Redes semánticas: introducción

- ❑ Las representaciones lógicas surgieron para caracterizar los principios del razonamiento correcto
 - ❑ Los lógicos (matemáticos y filósofos) se centraron en lenguajes de representación con reglas de inferencia correctas y completas, que preservan la verdad
- ❑ Hay una línea alternativa más preocupada por caracterizar la naturaleza de la comprensión humana
 - ❑ A psicólogos y lingüistas les interesa, no tanto el razonamiento correcto, sino **describir cómo el ser humano adquiere y usa el conocimiento**
 - ❑ Esta línea ha resultado de mucha utilidad en el área de tratamiento del lenguaje natural, y en los razonamientos de sentido común
- ❑ La investigación en **formalismos para la representación estandarizada del conocimiento** y en ontologías persigue hacer más eficiente el proceso de creación de SBCs

Redes semánticas: introducción

- ❑ **Teorías asociativas**: el significado de un objeto se expresa a través de una red de asociaciones con otros objetos
 - ❑ Según los asociativistas cuando un ser humano percibe un objeto y razona acerca de él
 - ❑ Establece una **correspondencia** entre el objeto y un concepto
 - ❑ El concepto forma parte de nuestro conocimiento del mundo y está **conectado mediante relaciones con otros conceptos**
 - ❑ Estas relaciones constituyen la **comprensión** de las propiedades y comportamiento de los objetos
 - ❑ Nieve → fría, blanca, hielo, muñeco de nieve...
- ❑ Existen evidencias psicológicas de que los seres humanos
 - ❑ **Somos capaces de establecer asociaciones entre conceptos**
 - ❑ **Organizamos nuestro conocimiento de forma jerárquica**

Redes semánticas: introducción

- ❑ Almacenamos las propiedades en el nivel más abstracto posible y tenemos que ascender por la jerarquía de estructuras de la memoria para responder a preguntas
 - ❑ *Canario* no está asociado directamente con la *capacidad de volar*, sino que ésta forma parte de las propiedades de *pájaro*, así como la *capacidad motora* depende de *animal*
- ❑ Las excepciones, en cambio, las almacenamos directamente en los conceptos
 - ❑ *Un avestruz no puede volar*
- ❑ Formalización en sistemas con herencia
 - ❑ Almacenamiento de la información en los niveles más altos de abstracción
 - ❑ Reduce el tamaño de la BC y ayuda a prevenir inconsistencias al añadir nuevas clases e instancias
 - ❑ Los grafos constituyen el vehículo ideal para esta formalización de las teorías asociativas del conocimiento

Redes semánticas: introducción

- ❑ Quillian se cuestiona la idea de que nuestra capacidad para entender el lenguaje pueda caracterizarse mediante un conjunto de reglas básicas
 - ❑ Sugirió que la comprensión de textos involucraba la “creación de alguna representación simbólica”
 - ❑ Esto le llevó a preocuparse por cómo almacenar el significado de las palabras en una máquina para que haga un uso similar de éstas al que hacemos los seres humanos
- ❑ Fue el primero en sugerir que la memoria humana puede modelarse mediante una red y en proponer un modelo de recuperación de la información memorizada

Redes semánticas: introducción

- ❑ Quillian inicia en 1968 el trabajo con redes semánticas en la IA (investigación en comprensión del lenguaje natural)
 - ❑ BC (tipo diccionario) organizada en planes
 - ❑ Cada plan es un grafo que define a una palabra en función de otras
 - ❑ Una palabra puede tener asociados varios planes (*significados*)
 - ❑ Su sistema usaba la BC para encontrar relaciones entre palabras: **concepto común o nodo intersección**
- ❑ Quillian defendía que su aproximación permitía a un sistema
 - ❑ Determinar el significado de un texto construyendo una colección de nodos intersección
 - ❑ Elegir entre distintos significados de una palabra, localizando los significados con menor camino intersección con otras palabras de la frase
 - ❑ Responder a preguntas basándose en asociaciones entre palabras de las preguntas y palabras del sistema

Redes semánticas: introducción

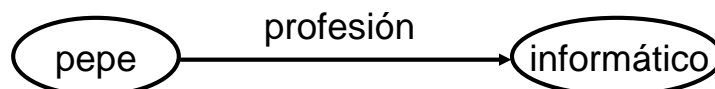
- ❑ Éste y otros trabajos previos demostraron que los grafos son una técnica potente para modelizar significado asociativo, aunque limitada por la extrema generalidad del formalismo
- ❑ Generalmente, el conocimiento se estructura en función de relaciones específicas
 - ❑ Concepto/propiedad, clase/subclase, agente/verbo/objeto...
 - ❑ Definición de arcos y reglas de inferencia para permitir inferencias específicas como la herencia
- ❑ La investigación en estos formalismos a menudo se ha centrado en especificar estas relaciones
 - ❑ Definir etiquetas primitivas para los arcos como parte del formalismo y no del dominio
 - ❑ BCs más sencillas de construir, más generales y más consistentes

Redes semánticas: introducción

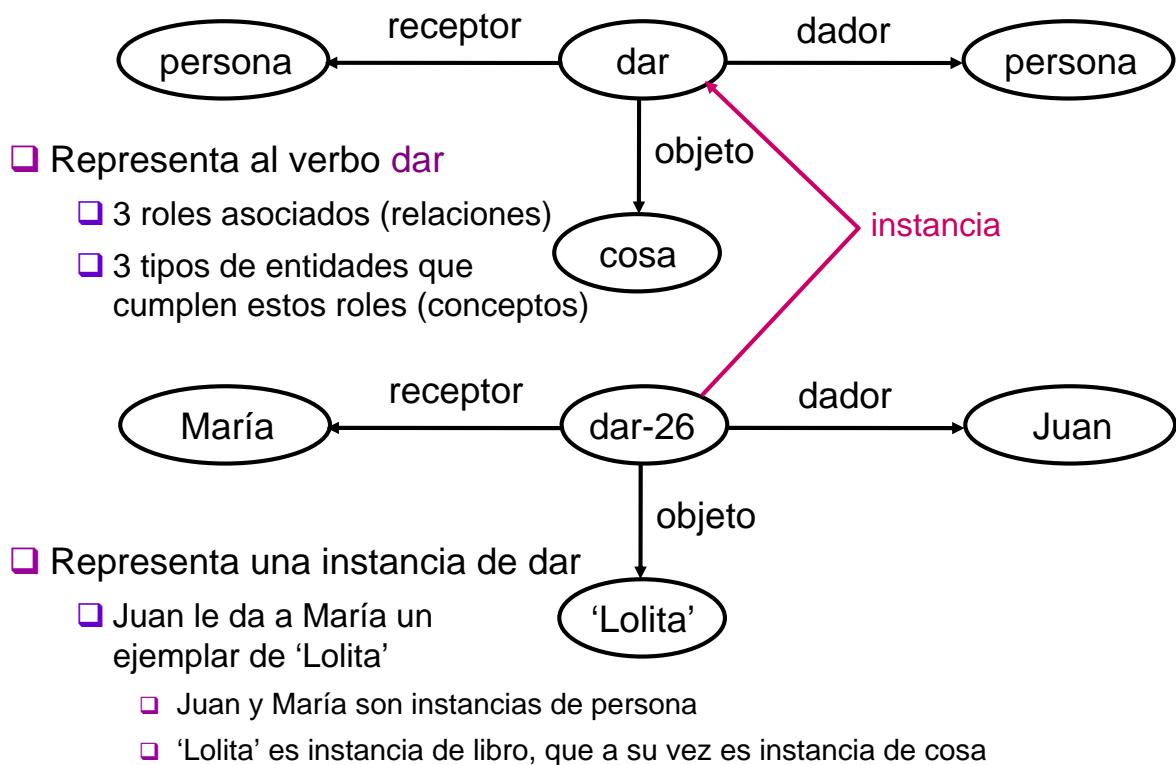
- ❑ Una red semántica representa conocimiento mediante un grafo
 - ❑ nodos: conceptos
 - ❑ arcos etiquetados: relaciones entre conceptos
- ❑ Por red semántica actualmente se entiende toda una familia de representaciones basadas en grafos que difieren entre sí en los nombres que se permiten para nodos y arcos, y en las inferencias que pueden hacerse
- ❑ **Grafos conceptuales:** lenguaje de representación basado en redes más moderno (Sowa, 1984)
 - ❑ Grafos dirigidos finitos bipartitos
 - ❑ Los nodos son de dos tipos: los que representan conceptos, y los que representan relaciones entre conceptos
 - ❑ Los conceptos sólo tienen arcos hacia relaciones y las relaciones sólo tienen arcos hacia conceptos. Los arcos no tienen etiquetas

Redes semánticas (o asociativas)

- ❑ **Técnica de representación declarativa a través de grafos dirigidos etiquetados**
 - ❑ Utilizada inicialmente para representar la semántica de los lenguajes naturales, especialmente en los sistemas de traducción automática (como lenguaje intermedio –*interlingua*)
 - ❑ **Idea principal:** el significado de un concepto se especifica a través sus conexiones con otros conceptos
 - ❑ **Nodos:** representan **conceptos** (entidades, atributos, sucesos y estados)
 - ❑ **Arcos:** representan **relaciones** conceptuales (*asocian conceptos*). La etiqueta identifica el tipo de relación (espacial, temporal, causal, rol desempeñado, etc.)



Ejemplo: fragmentos de una red semántica



Redes semánticas (o asociativas)

□ Características

- Redes complejas organizadas en jerarquías que facilitan la utilización del razonamiento basado en la **herencia**
- Un concepto está **asociado** con otros conceptos a través de los arcos salientes del nodo que lo representa (conexión con otros conceptos)
 - Tienen una estructura tipo diccionario
 - Por ejemplo, “un velero es un barco con velas”



- **No tienen un vocabulario prefijado de representación**, pero todas las variantes son capaces de representar conceptos individuales, conceptos colectivos y relaciones entre conceptos
- Fácil comprensión gráfica

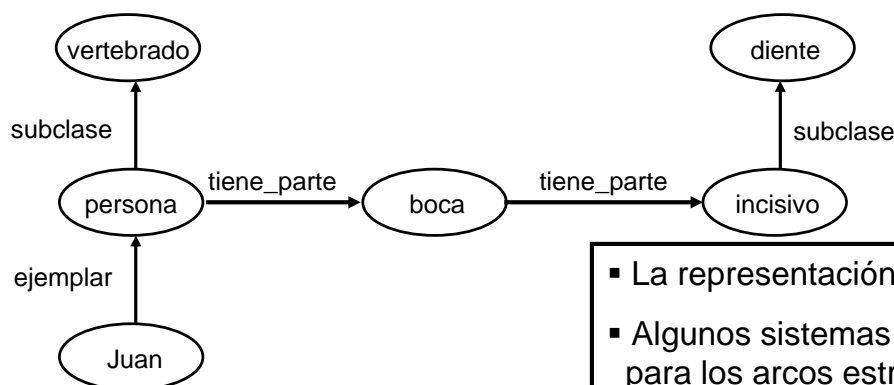
Redes semánticas (o asociativas)

❑ Características más importantes

- ❑ Distinción entre nodos conceptuales: colectivo o individual
 - ❑ Los **nodos tipo** están conectados con una configuración de nodos token de otros nodos conceptuales que constituyen su definición
 - ❑ Como en un diccionario
 - ❑ El significado de los **nodos token** se deriva haciendo referencia al significado de los nodos tipo
 - ❑ Para entender una palabra que aparece en la definición de otra en un diccionario, podemos necesitar buscar su definición
 - ❑ Ayuda a la construcción y mantenimiento de las representaciones del conocimiento
 - ❑ Al menos un nodo tipo por cada nodo token
- ❑ Economía cognitiva
 - ❑ Herencia de propiedades
- ❑ Se han ido añadiendo más facilidades en los últimos años en los sistemas de redes semánticas modernos, aunque las ideas básicas son las mismas

Tipos de arcos: relaciones entre conceptos

- ❑ **Arcos estructurales** (semántica independiente del dominio)
 - ❑ *Instancia o ejemplar*: une un objeto con su tipo (clase)
 - ❑ *Subclase*: une una clase con otra más general
 - ❑ *Tiene_parte*: liga un objeto con sus componentes



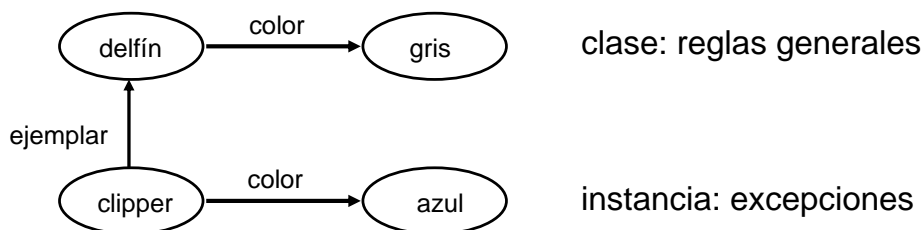
- La representación no es única
- Algunos sistemas crean inversas para los arcos estructurales

- ❑ **Arcos descriptivos** (semántica dependiente del dominio)
 - ❑ **Propiedades:** *Profesión, Color_Pelo*, etc.
 - ❑ **Relaciones (no estructurales):** *Amigo_de, Padre_de*, etc.

Mecanismos de inferencia: herencia

Herencia de propiedades

- La notación de redes semánticas hace muy conveniente la utilización de razonamiento basado en herencia
- Algoritmo simple y eficiente con manejo de excepciones
 - Los nodos acceden a las propiedades definidas en otros nodos siguiendo los arcos *Instancia* (o *Ejemplar*) y *Subclase*
- Ventajas
 - Evita repetir propiedades
 - Permite compartir conocimiento entre diferentes conceptos de la red semántica



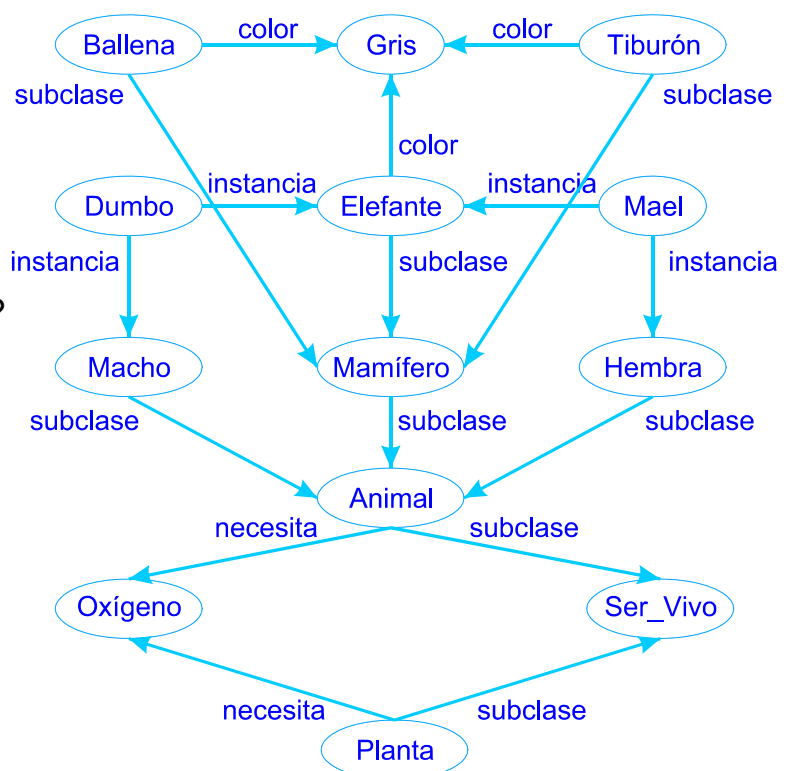
Herencia de propiedades: ejemplo

¿De qué color es Dumbo?

- Gris

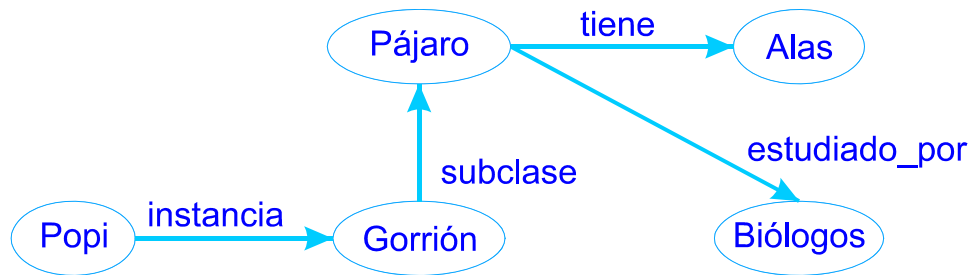
¿Qué puedo decir de Dumbo?

- Es un elefante
 - Es de color gris
- Es un macho
- Es un mamífero
- Es un animal
 - Necesita oxígeno
- Es un ser vivo



Problemas con la herencia de propiedades

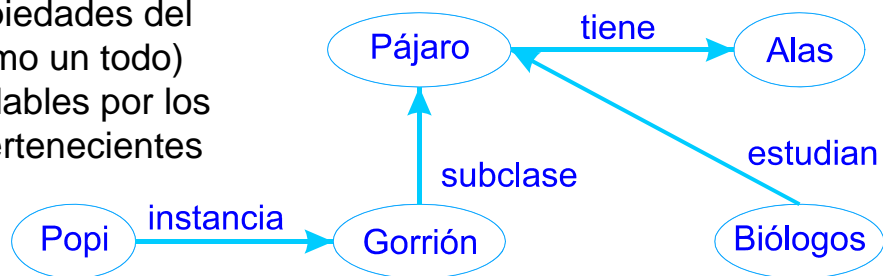
- ❑ Herencia de propiedades que no son ciertas (*inferencias inválidas*)



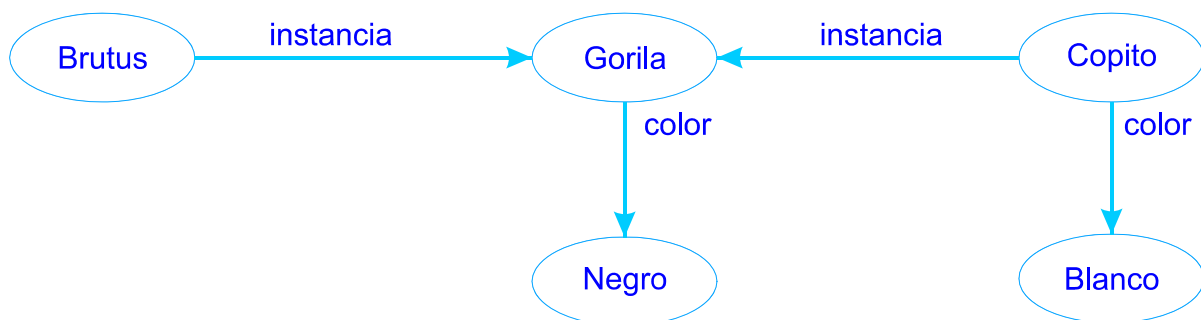
- ❑ Causa:

- ❑ Algunas propiedades del conjunto (como un todo) no son heredables por los individuos pertenecientes al conjunto

Otra posibilidad



Excepciones a la herencia de propiedades



- ❑ Se hereda el valor de la propiedad del nodo más cercano al nodo que sirvió como punto de partida en la inferencia
 - ❑ Brutus es de color negro (*hay herencia de la clase Gorila*)
 - ❑ Copito es de color blanco (*no hay herencia*)

- ❑ Si el nodo más cercano no es único, estamos ante herencia múltiple (*se permite en redes semánticas*)

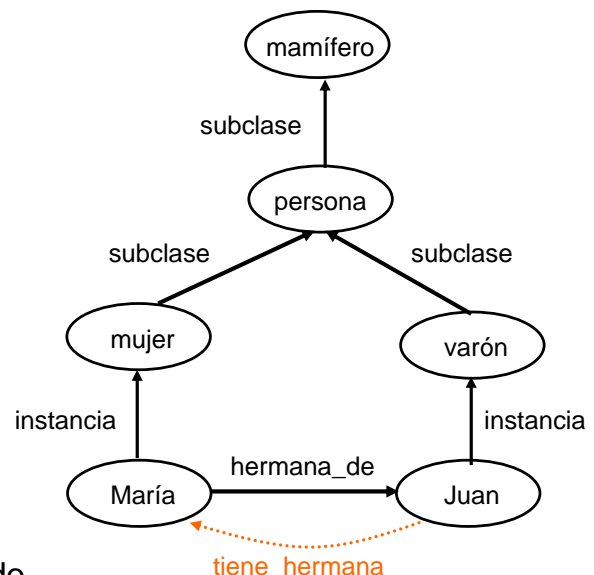
Mecanismos de inferencia: intersección

- ❑ Búsqueda de la intersección entre dos conceptos
 - ❑ Dados dos conceptos $C1$ y $C2$, queremos saber cuál es su relación
- ❑ Se utiliza un mecanismo de **propagación de la activación**
 - ❑ Inicialmente activamos ambos conceptos
 - ❑ La activación se propaga a los nodos que están a un arco de distancia de los nodos iniciales, después a los nodos que están a distancia 2, ..., formando “ondas” concéntricas
 - ❑ Cuando las ondas procedentes de $C1$ intersecan a las procedentes de $C2$ (o a algún nodo del interior), hemos encontrado la intersección
 - ❑ La relación entre $C1$ y $C2$ viene dada por las etiquetas de las aristas existentes de $C1$ al punto de intersección y de $C2$ al punto de intersección
 - ❑ Si hubiera varios puntos de intersección, esto indicaría que existen varias relaciones distintas entre $C1$ y $C2$

Uso de enlaces inversos

- ❑ La búsqueda de la intersección a menudo necesita generar la **inversa de una relación**
 - ❑ Algunos sistemas lo hacen automáticamente con los arcos estructurales

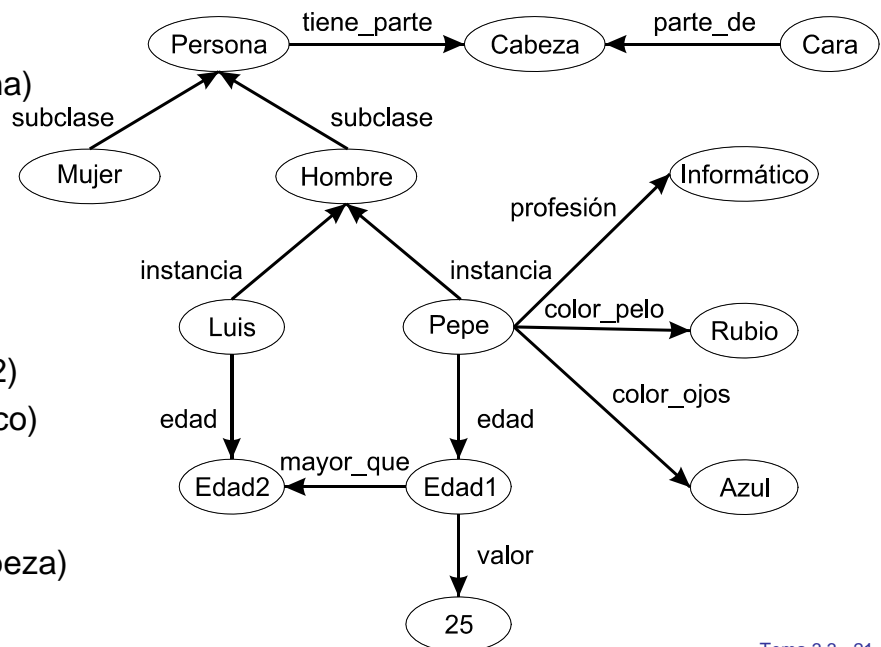
- ❑ ¿Quién es hermana de Juan?
 - ❑ El algoritmo de inferencia podría deducir que *tiene_hermana* es inversa de *hermana_de* y responder siguiendo el enlace de *Juan* a *María*
 - ❑ Si no, comprobaría cada mujer para ver si tiene un enlace *hermana_de* hacia *Juan*
 - ❑ Indexación directa sólo para los enlaces que salen de un nodo



Ejemplo de representación: relaciones binarias

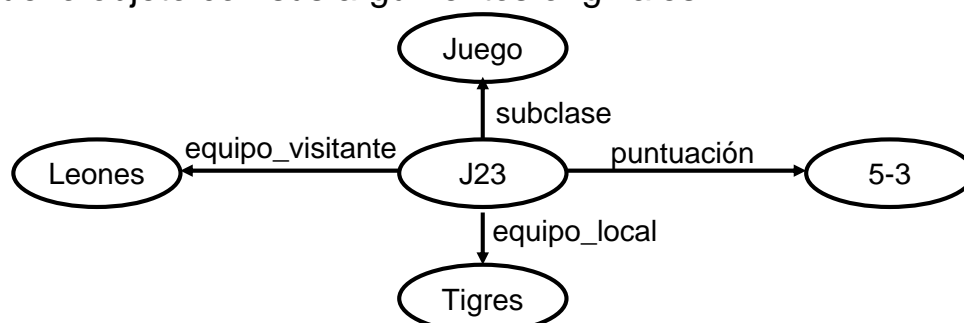
- Una red semántica es la forma natural de representar relaciones correspondientes a instancias cerradas de **predicados binarios** en lógica

```
subclase(Mujer, Persona)
subclase(Hombre, Persona)
instancia(Pepe, Hombre)
instancia(Luis, Hombre)
edad(Pepe, Edad1)
edad(Luis, Edad2)
valor(Edad1, 25)
mayor_que(Edad1, Edad2)
profesión(Pepe, Informático)
color_pelo(Pepe, Rubio)
color_ojos (Pepe, Azul)
tiene_Parte(Persona, Cabeza)
parte_de(Cara, Cabeza)
```



Representación de relaciones no binarias

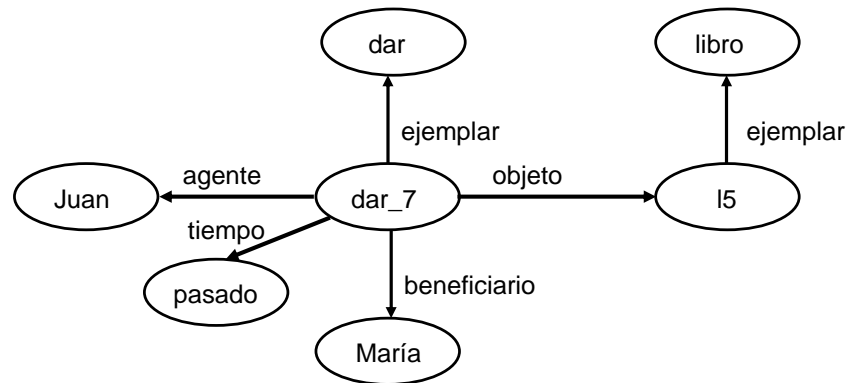
- Los enlaces representan relaciones binarias
 - ¡Un arco sólo tiene 2 extremos!
- La representación de relaciones n-arias en una red semántica también es posible. Han de convertirse a formato binario
 - Se crea un nuevo objeto que representa a la relación concreta *puntuación(Tigres, Leones, 5-3)* J23
 - Se introducen predicados binarios para describir la relación de ese nuevo objeto con sus argumentos originales



- Esta técnica resulta útil para la representación de sucesos

Representación de sucesos

- Juan dio el libro a María



- El objeto del suceso es un libro concreto que no está representado como tal en la frase dada por el usuario → el sistema crea un objeto, ejemplar de libro y le da un nombre (I5)
- Juan sí es un individuo concreto al igual que María
- Este tipo de representación está orientado a contestar preguntas de distinto tipo sobre el conocimiento que tenemos representado

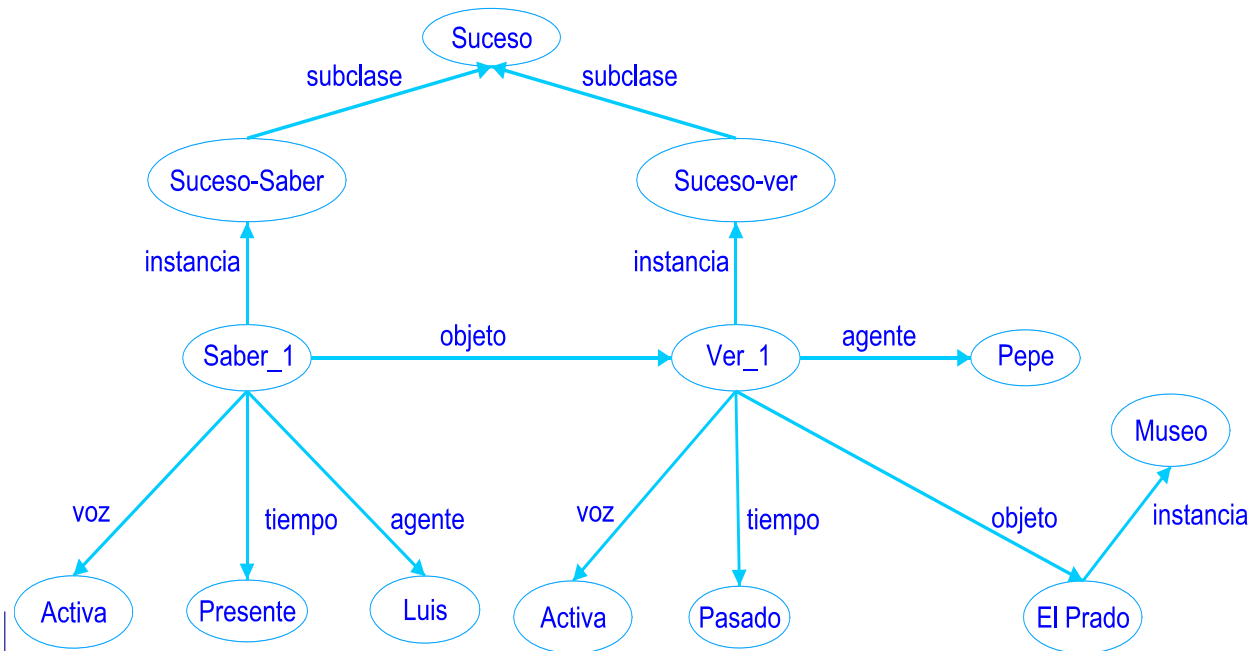
Representación de sucesos

- Pepe vio un museo en Madrid



Representación de sucesos

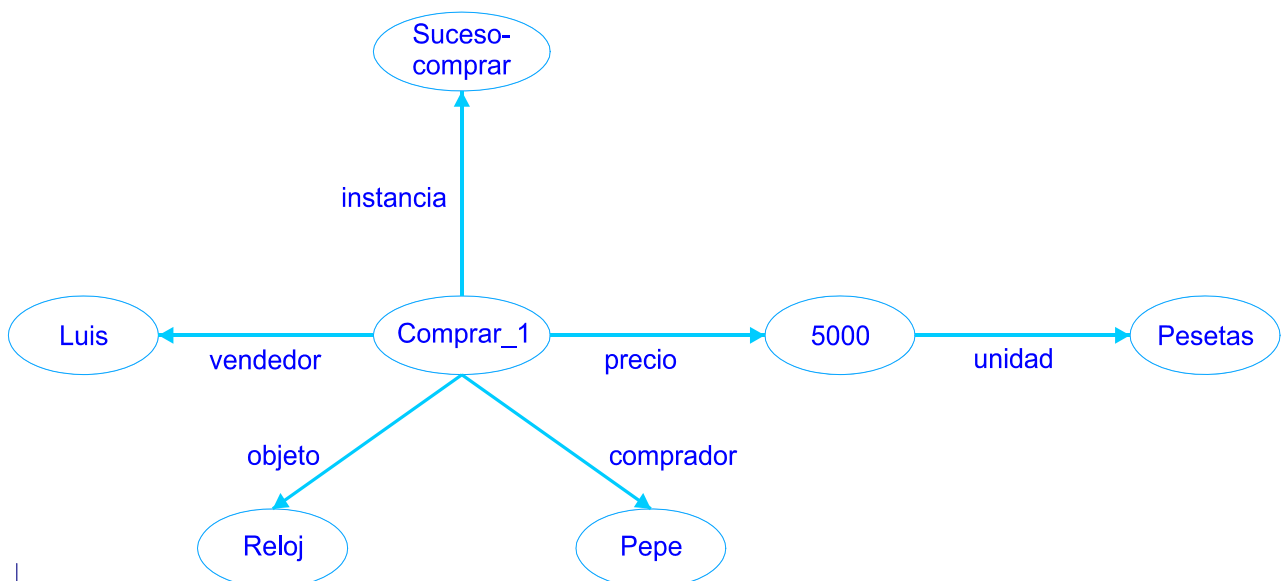
□ Luis sabe que Pepe vio el museo de El Prado



Representación de sucesos

□ Pepe compra a Luis un reloj por 5000 pesetas

□ Lógica: compra(Pepe, Luis, Reloj, 5000, Pesetas)

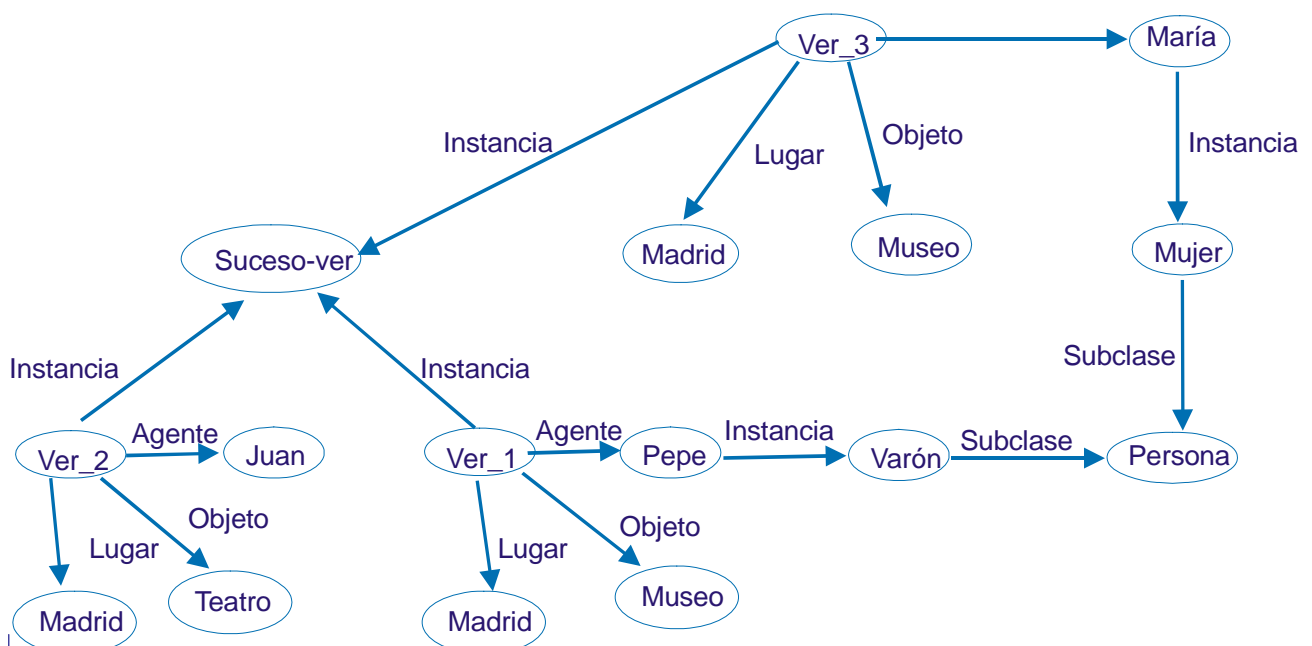


Contestación de preguntas: equiparación

- ❑ Se razona por **equiparación**
- ❑ Una pregunta se equiparará con una base de conocimiento si la primera puede asociarse con un fragmento de la segunda
- ❑ Pasos del proceso de equiparación:
 - ❑ Construir un apunte (red semántica) para la pregunta en cuestión
 - ❑ Elementos: nodos constante, **nodos variable**, arcos etiquetados
 - ❑ Criterio de construcción: el mismo de la base de conocimiento
 - ❑ Cotejar el apunte con la base de conocimiento
 - ❑ Equiparación de nodos
 - ❑ Respuesta
- ❑ La complejidad es importante
 - ❑ Si pregunto algo falso (o que el sistema no sepa) puede ser necesario estudiar la red semántica por completo

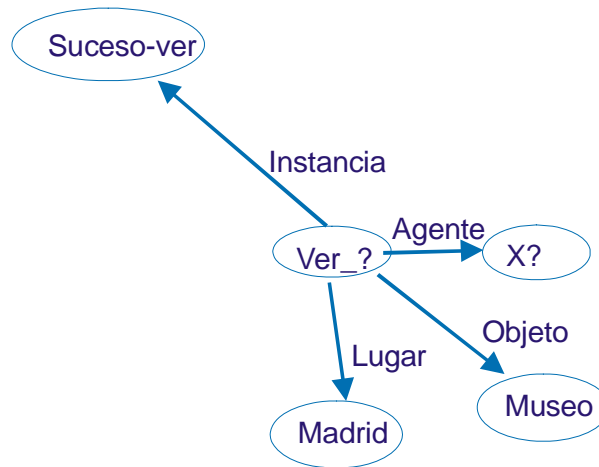
Equiparación: ejemplo

- ❑ Base de conocimiento



Equiparación: ejemplo

❑ Consulta: ¿quién vio un museo en Madrid?



Equiparación 1:
Ver_? \equiv Ver_1
X? \equiv Pepe

Equiparación 2:
Ver_? \equiv Ver_3
X? \equiv María

Equiparación: ejemplo

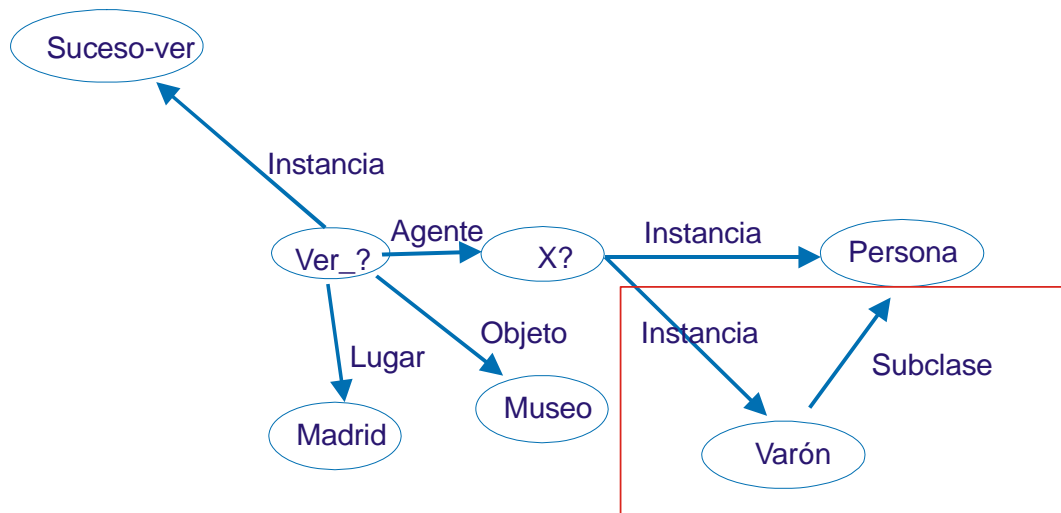
❑ Consulta: ¿algún varón vio algún museo en Madrid?



Equiparación:
Ver_? \equiv Ver_1
Varón? \equiv Pepe

Equiparación: ejemplo

- ❑ Consulta: ¿alguna persona vio algún museo en Madrid?




- ❑ No existe equiparación directa con la consulta, pero puede inferirse

Redes semánticas: adecuación

- ❑ Más intuitiva y cercana al pensamiento humano que la lógica
 - ❑ Mismos conceptos base que la lógica, pero con la ventaja de que el conocimiento se organiza en base a conceptos (y no a relaciones)
- ❑ Ayuda gráfica para visualización, algoritmo eficiente de herencia
 - ❑ Permite fácilmente el mecanismo de herencia con excepciones, siendo el proceso transparente (facilidad de visualizar los pasos)
- ❑ Mecanismo específico para obtener la relación entre dos conceptos: búsqueda de la intersección
 - ❑ Fue uno de los usos más tempranos de las redes semánticas en IA (Quillian, 1968): operación básica de recuperación de información
 - ❑ A menudo, necesita la generación de las relaciones inversas
- ❑ Contribución a investigación en representación del conocimiento
 - ❑ Abrió una década de investigación en formalismos basados en redes
 - ❑ Éxito limitado como modelo psicológico de la memoria humana

Redes semánticas: dificultades

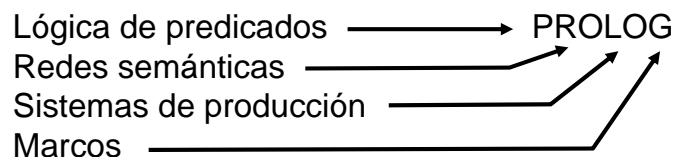
- ❑ Falta de estándares a la hora de nombrar nodos y arcos
 - ❑ Como en la lógica de predicados
 - ❑ Problema: no seguir convenios al asignar significado a nodos y arcos
- 
- Dos personas distintas pueden hacer diferentes interpretaciones de la misma red
- ❑ Explosión combinatoria: sigue estando presente, aunque la inferencia se reduzca a la búsqueda de la intersección
 - ❑ Respuestas negativas: cantidad descomunal de búsqueda
 - ❑ Esto prueba su no adecuación como modelo psicológico
 - ❑ ¿Hay un equipo de fútbol en Plutón?
 - ❑ Imposibilidad de distinguir entre características propias del conjunto y características heredables por sus elementos
 - ❑ El cardinal del conjunto *delfín* es característica de la clase y NO de los individuos de la clase (como *flipper*)

Redes semánticas: problemas

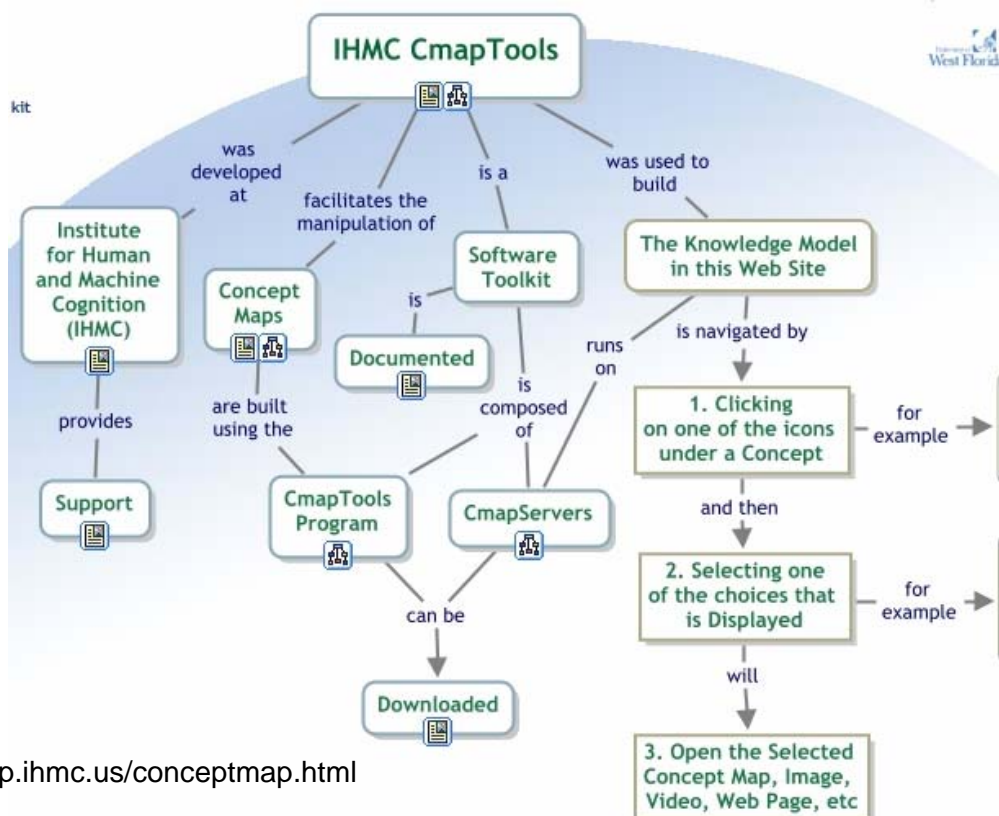
- ❑ Falta de adecuación lógica
 - ❑ Imposibilidad de hacer las mismas distinciones: faltan negación, disyunción, símbolos de función anidados, cuantificadores...
 - ❑ La falta de cuantificadores (todo se representa sobre nodos concretos) se ha resuelto con el uso de redes semánticas **particionadas** en las que se puede indicar qué parte de la red está cuantificada existencialmente y cuál lo está universalmente
 - ❑ Significados de nodos y arcos dependientes de las capacidades del sistema: confusión de semántica con detalles de implementación
- ❑ Falta de adecuación heurística
 - ❑ Imposibilidad de incluir meta-conocimiento para dirigir la búsqueda
 - ❑ Extraer información puede ser muy ineficiente
- ❑ Escasez de estructura
 - ❑ Evolución hacia sistemas más estructurados: los **sistemas de marcos** que soportan mejor ciertas tareas
 - ❑ Menos costoso un recorrido para contestar a preguntas negativamente

Implementación de redes semánticas

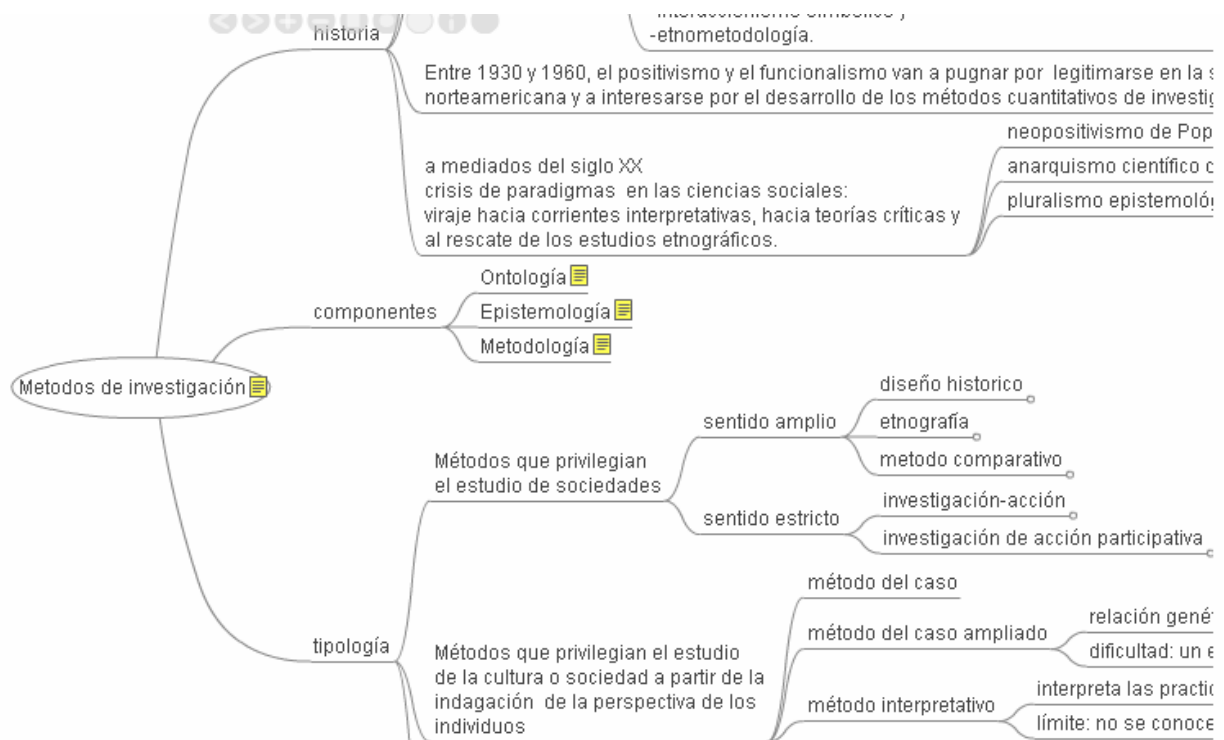
- ❑ Existen entornos específicos que proporcionan las herramientas básicas para construir redes semánticas, aunque en su mayoría han evolucionado hacia sistemas de marcos
 - ❑ Poco adecuadas como herramienta universal, aunque tienen usos especialmente adecuados
- ❑ Otras alternativas:
 - ❑ Implementación de un grafo → podemos usar cualquier lenguaje de programación
 - ❑ Podemos también simular la representación de redes semánticas en un lenguaje como Prolog, al igual que haremos con otras técnicas de representación



Variaciones: Mapas Conceptuales



Variaciones : Mapas Mentales



http://freemind.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page

Variaciones : Ontologías

The screenshot shows the Protege ontology editor interface. On the left, the 'SUBCLASS RELATIONSHIP' pane displays a hierarchy of classes under 'owl:Thing', including 'Accommodation', 'Activity', 'Contact', and 'Destination'. 'FamilyDestination' is highlighted under 'Destination'. The main 'CLASS EDITOR' pane is for the 'FamilyDestination' class. It shows the 'Name' as 'FamilyDestination' and the 'rdfs:comment' as 'A destination with at least one accommodation and at least 2 activities.' Below this, the 'Asserted Conditions' pane shows three conditions: 'Destination' (NECESSARY & SUFFICIENT), 'hasAccommodation ≥ 1' (NECESSARY), and 'hasActivity ≥ 2' (NECESSARY). On the right, the 'Annotations' pane shows 'rdfs:comment' with the value 'A dest'. The 'Properties' pane on the far right shows 'hasAccommodation' with a cardinality of 1, 'hasActivity' with a cardinality of 2, and 'hasPart' with a cardinality of multiple.

<http://protege.stanford.edu/>