

6.1 Introducción

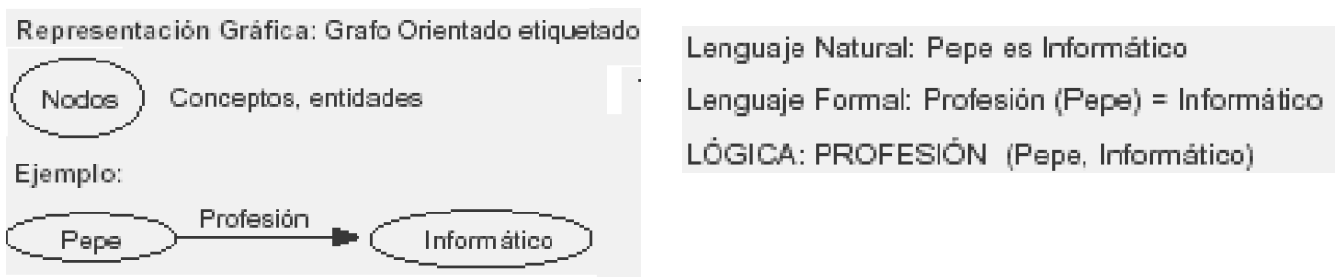
El formalismo de las Redes Semánticas fue definido por Quillian, como un grafo orientado formado por nodos y arcos unidireccionales, ambos etiquetados.

Los nodos representan conceptos y los arcos relaciones entre conceptos. Las redes semánticas se están utilizando en IA como una técnica de representación de conocimientos para expresar relaciones entre los conceptos de un dominio.

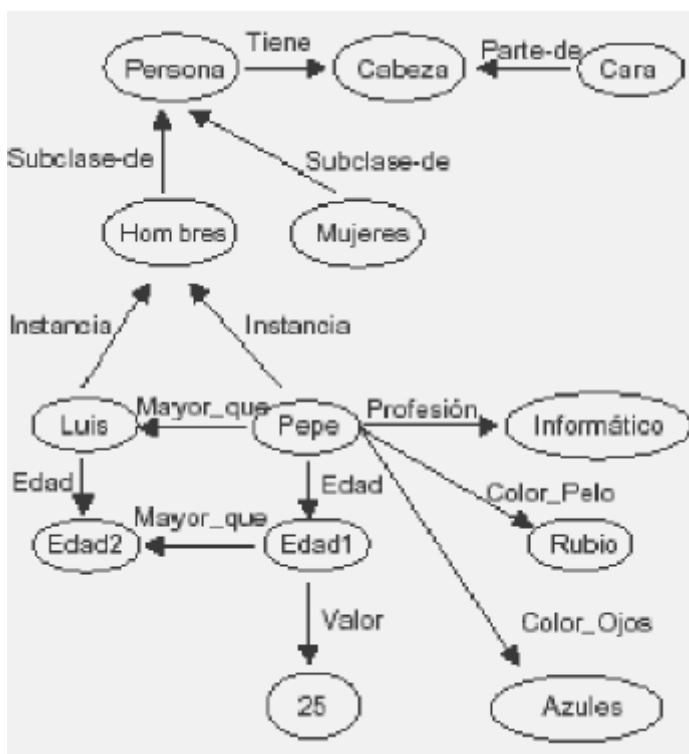
6.2 Representación del Conocimiento mediante Redes Semánticas

Las redes semánticas es un formalismo que centra su atención en las relaciones que aparecen entre los conceptos o entidades de un dominio.

Básicamente, una red semántica es un **grafo orientado** formado por nodos etiquetados, que representan conceptos e instancias, y arcos unidireccionales etiquetados, que representan relaciones entre conceptos o instancias. La siguiente Figura muestra los conceptos básicos de representación en redes semánticas.



7.2.1 Representación de conocimiento



Esta figura es un ejemplo sencillo de una red conceptual que representa a **Pepe, un profesional de la informática que tiene los ojos azules, el pelo rubio, 25 años y que es mayor que Luis**. La base de la representación de conocimientos en las redes semánticas consiste en modelar los conocimientos relativos a un objeto o concepto mediante pares atributo-valor. Los pares se representan en el grafo orientado de la siguiente manera: el nodo origen (Pepe) es el objeto o concepto para el cual se definen los pares atributo-valor, los arcos que parten de dicho nodo (profesión, color-pelo, etc.) son los atributos del par, y los nodos destinos (informático, rubio, etc.) representan los valores de los atributos

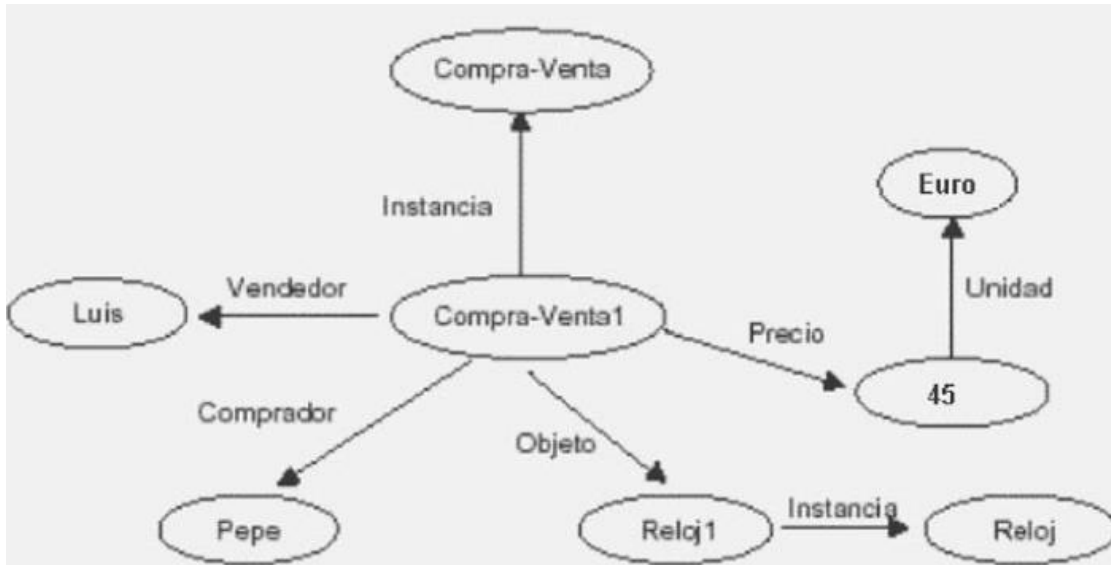
Básicamente, los arcos en las redes conceptuales se agrupan en dos categorías:

1. **arcos descriptivos:** describen entidades y conceptos, ejemplos profesión y color-pelo. En la red conceptual de la misma figura podemos ver dos tipos de arcos descriptivos: arcos que relacionen dos entidades independientes ya existentes y arcos utilizados para definir una nueva entidad. Por ejemplo, el arco profesión une dos nodos (Pepe, informático) con existencia propia. Sin embargo, los nodos Edad1 y Edad2 son nuevos conceptos que representan la edad de Pepe y de Luis respectivamente, y que se definen por sus relaciones con dichos nodos.
2. **arcos estructurales.** Enlazan las entidades o conceptos formando la arquitectura o estructura de la red. A diferencia de los arcos descriptivos, la semántica de los arcos estructurales es independiente de los conocimientos del dominio que se está representando. Ejemplos de arcos estructurales en la Figura anterior son los etiquetados como subclase-de, instancia y parte-de, que se corresponden respectivamente con los procesos básicos de generalización, instanciación, y agregación. No obstante, el IC puede definir, a medida, tantas etiquetas estructurales como crea oportuno. Estos procesos básicos asociados a arcos estructurales se pueden definir de la siguiente forma:
 - La generalización pone en relación una clase con otra más general, formando una red de nodos por especialización de conceptos. Las propiedades definidas en los nodos generales se heredan por deducción en los nodos específicos, siguiendo los arcos subclase-de. Por ejemplo en la Figura anterior se puede deducir que Pepe por ser Hombre y por ser Persona tiene Cabeza.
 - El arco instancia liga un objeto concreto con su tipo genérico. Por ejemplo, la aserción “Pepe es un Hombre” se representa en la Figura anterior mediante el arco instancia desde el nodo Pepe hacia el nodo Hombre.
 - La agregación liga un objeto con sus componentes. Siguiendo con el ejemplo de la figura anterior, la aserción “la Cara forma parte de la Cabeza” se representa utilizando el arco parte-de desde el nodo Cara hacia el nodo Cabeza.

PROFESIÓN(Pepe, informático)
INSTANCIA(Pepe,Hombre)
SUBCLASE – DE(Hombre,Persona) o $\forall x \text{ Hombre}(x) \Rightarrow \text{Persona}(x)$
TIENE(PersonaCabeza)

6.2.2 Representación de predicados no binarios

Los predicados de aridad distinta a dos se pueden representar también en redes semánticas. Por ejemplo, el predicado de aridad uno HOMBRE(Pepe) equivaldría a INSTANCIA(Pepe, Hombre). El problema aparece cuando se utilizan predicados de aridad tres o superior. En este caso, un nuevo objeto representa al predicado de aridad mayor que dos, y nuevos predicados binarios describen las relaciones entre este nuevo objeto y sus argumentos. Por ejemplo, al representar el predicado COMPRAVENTA(Pepe, Luis, Reloj1, 45, euros) en una red semántica, se crearía un nodo que representa la compra-venta (compra-venta1) y cinco predicados (vendedor, comprador, objeto, precio, unidad) que representan las relaciones con las cinco piezas de información, como se muestra en la siguiente Figura:



6.2.3 Representación de acciones

La gramática de casos se basa en que toda proposición contenida en una sentencia tiene una estructura profunda formada por un verbo, que es el elemento principal, y una o más frases nominales. Cada frase nominal se relaciona con el verbo mediante un conjunto de casos. Los casos hacen referencia al:

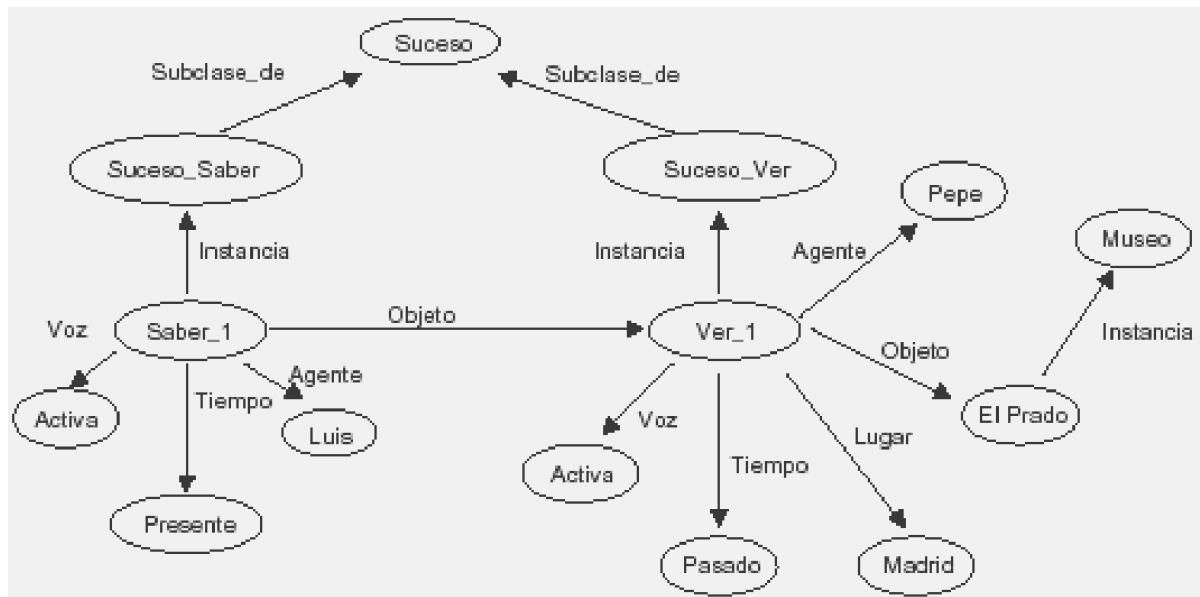
- Agente: persona que realiza el evento.
- Contra-agente: fuerza o resistencia contra la que se ejecuta la acción.
- Objeto: la entidad que es movida, cambiada, o cuya posición o existencia se considera.
- Resultado: la entidad que aparece como consecuencia de la acción.
- Instrumento: el estímulo o causa física inmediata de un evento.
- Origen: el lugar del que procede el evento.
- Propósito: el motivo por el que se ejecuta la acción.
- Lugar: sitio en el que se desarrolla la acción.
- Tiempo: fecha o momento en el que tiene lugar la acción.
- Sujeto: entidad que recibe, acepta, experimenta o sufre el efecto de la acción.

La modalidad, por su parte, hace referencia a características que presenta el verbo, tales como:

- El tiempo en el que se ha desarrollado la acción (presente, pasado, futuro).
- La voz del verbo: activa o pasiva.

Ejemplo representación de acciones en redes semánticas

“Pepe vio el Prado en Madrid”



F.6.4

Cada nodo situación tiene como atributos el conjunto de casos (agente, objeto, lugar) y de modalidades (tiempo, voz) que describen el evento, siendo el valor de cada atributo el valor de cada caso, (Pepe, El Prado, Madrid), o de cada modalidad (Pasado, Activa).

Con esta representación es relativamente sencillo representar acciones o sentencias. Además, las sentencias se pueden representar en lógica utilizando un predicado de aridad mayor que dos como VIO (Pepe, El Prado, Madrid). Finalmente, mencionar que el esquema de nodos situación permite representar sentencias compuestas como “Luis sabe que Pepe vio El Prado en Madrid”, tal y como se muestra en la Figura anterior.

6.3 Métodos de Inferencia en Redes Semánticas

La eficacia del razonamiento en las redes depende de los procedimientos que trabajan con la semántica de sus arcos. Las técnicas más empleadas son la equiparación y la herencia de propiedades.

6.3.1 Equiparación

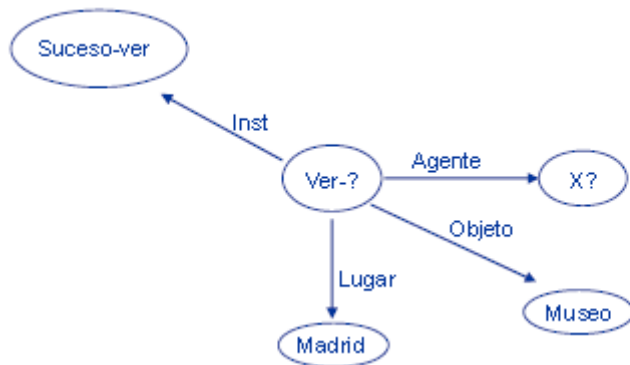
Se dice que un fragmento de red, apunte o consulta **se equipara** con una red semántica, si el apunte se puede asociar con un fragmento de la red semántica. Para explicar la técnica de equiparación en redes semánticas se utilizará como base de conocimientos la red de la Figura anterior, y la consulta “**¿Existe algún varón que viera un museo en Madrid?**”. Los pasos a seguir en el proceso de equiparación son:

1. Se construye un apunte que responda a la pregunta en cuestión utilizando los criterios seguidos en la construcción de la red semántica. El apunte está formado por un conjunto de nodos constantes, nodos variables y arcos etiquetados.

Los nodos constantes son los datos conocidos de la pregunta; en nuestro ejemplo, varón, Madrid, museo, suceso-ver; los nodos variables son los valores que se requieren y, por consiguiente, son desconocidos, Ver-? y Varón?; y los arcos

instancia, agente, lugar, objeto unen nodos constantes y nodos variables entre sí. El apunte descrito se muestra en las Figuras siguientes.

CONSULTA: ¿quién vio un museo en Madrid?



EQUIPARACIÓN 1:

Ver-? = Ver-1

X? = Pepe

EQUIPARACIÓN 2:

Ver-? = Ver-3

X? = María

CONSULTA ¿Hay algún varón que viera algún Museo en Madrid?



Respuesta: Ver-? = Ver-1

Varón? = Pepe

2. Se coteja o superpone el apunte sobre la red semántica en la base de conocimientos.
3. Los nodos variables se ligán a los nodos constantes de la red hasta encontrar una equiparación perfecta. Con este fin, en el ejemplo de la Figura 7.4, se busca en la red un nodo situación del que parta un arco Lugar hacia un nodo Madrid, y un arco Instancia hacia el nodo Suceso-Ver. Cuando esto ocurre, se liga la variable Ver-? del apunte con el nodo situación de la red, Ver-1, y el nodo Varón? Del apunte con el nodo constante de la red Pepe. Dado que en el apunte se conoce que se trata de un varón, es necesario comprobar en la red que desde Pepe parte un arco Instancia hacia el nodo Varón (u Hombre).
4. La respuesta a la consulta es el fragmento de red semántica con los valores con los que se rellenan los nodos variables. En el ejemplo: Ver-? = Ver-1 y Varón? = Pepe. Si no hubiera ninguna equiparación del apunte con la red semántica, la respuesta dada por la técnica de equiparación sería "No se ha encontrado un varón que haya visto un museo en Madrid".

6.3.2 Herencia de propiedades

El concepto de herencia de propiedades tiene su fundamento teórico en la regla del modus ponens. La herencia de propiedades permite que nodos específicos de una red accedan a las propiedades definidas en otros nodos utilizando los arcos Instancia y Subclase-de, favoreciendo así la compartición de propiedades entre diferentes nodos y evitando la repetición de propiedades en la base de conocimiento. La herencia de propiedades se puede utilizar en sistemas que razonan dirigidos por la meta o por los datos.

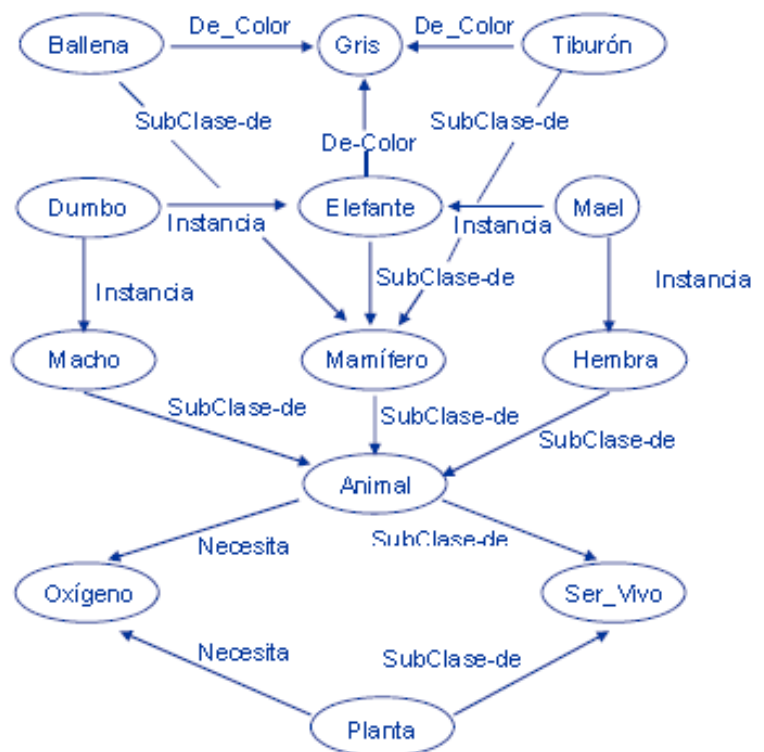
Supóngase que se quiere determinar la veracidad de la sentencia “Dumbo es de color gris”, en la red semántica de la siguiente Figura.

Ejemplo de Herencia

¿De qué color es Dumbo? → Gris

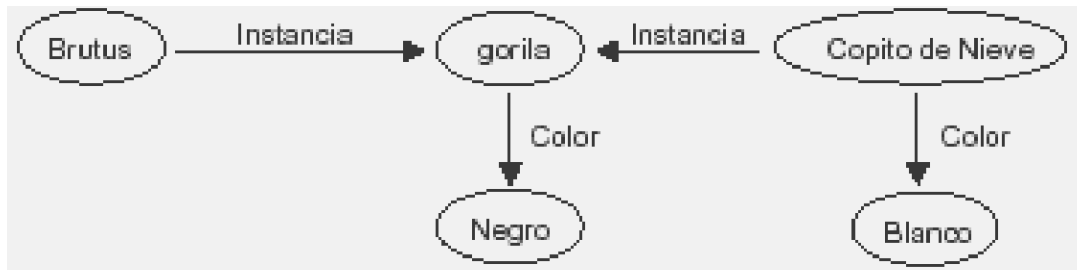
¿Qué puedo decir de Dumbo?

- Necesita Oxígeno
- Es Macho
- Animal
- Ser vivo
- Elefante
- Mamífero
- De color Gris



En primer lugar se debe localizar el nodo Dumbo, y después se debe buscar si desde dicho nodo sale un arco con la etiqueta Color. Al no existir el susodicho arco en Dumbo, el sistema buscará arcos Instancia que partan desde dicho nodo hacia algún otro nodo. En este caso, existen

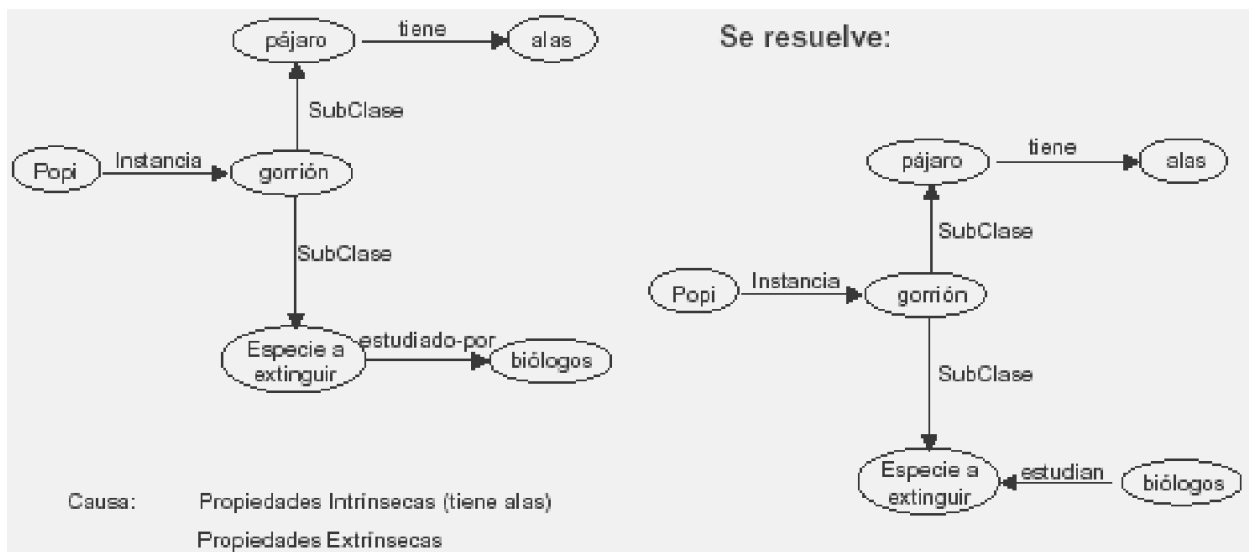
La herencia de propiedades trabaja muy bien con propiedades que presentan excepciones en sus valores. La distribución de las propiedades en la red permite que se herede el valor de la propiedad del nodo más cercano al nodo que sirvió como punto de partida en la inferencia. Por ejemplo, si en la red de la siguiente Figura se pregunta por el color de Brutus, utilizando la herencia de propiedades se deduce que “Brutus es de color Negro”. Sin embargo, si se pregunta por el color de Copito de Nieve, el valor que se obtiene es Blanco, porque desde Copito de Nieve sale un arco etiquetado con color hacia el nodo Blanco.



La inferencia basada en herencia de propiedades origina problemas si el IC ha formalizado mal los conocimientos. Los principales errores que se suelen cometer son:

- No distinguir los nodos que son instancias de aquellos que son conceptos.
- La etiqueta que da nombre al nodo o al arco tiene una semántica diferente al conocimiento que se quiere representar.
- El arco está en sentido contrario.
- No se han representado situaciones o acciones utilizando nodos situación.

En la red de la siguiente Figura, el problema aparece al aplicar herencia de propiedades.



En este ejemplo, Popi **hereda** todas las propiedades de Especie a Extinguir, del mismo modo que **hereda** las de Pájaro, lo que puede ser cierto o no.

La diferencia fundamental se encuentra en la naturaleza de los arcos tienen y estudiado-por, puesto que mientras que el primero se refiere a características intrínsecas al concepto Pájaro, el segundo no constituye un requisito para ser Pájaro.

Por consiguiente, el problema se encuentra en el sentido del arco y en la etiqueta estudiado-por, y no en la técnica de inferencia. Al cambiar el sentido del arco y la etiqueta estudiado-por por la etiqueta estudian, el problema se resuelve.

6.4 Introducción

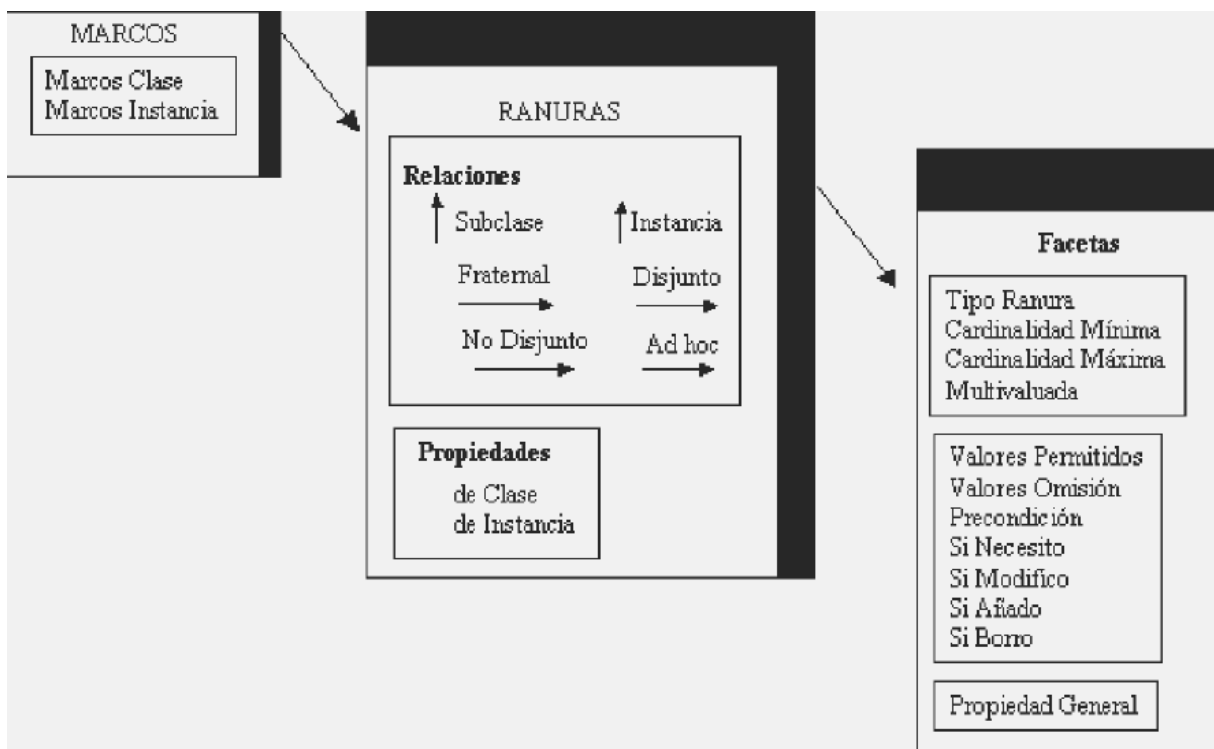
Los conocimientos que se expresan en los marcos son conocimientos declarativos del dominio. Dentro del marco, existen conocimientos procedimentales que se refieren a: cómo utilizar el marco, qué se espera que suceda a continuación, así como el conjunto de acciones que se deben realizar tanto si las expectativas se cumplen como si éstas fallan.

6.5 Representación de Conocimiento mediante Marcos

Los conceptos que el IC utilizará al formalizar la base de conocimientos en marcos son:

- **marcos** para representar conceptos o elementos,
- **relaciones** para expresar dependencias entre conceptos, propiedades para describir cada concepto, y
- **facetas** para expresar de múltiples formas los valores con los que se puede rellenar cada propiedad.

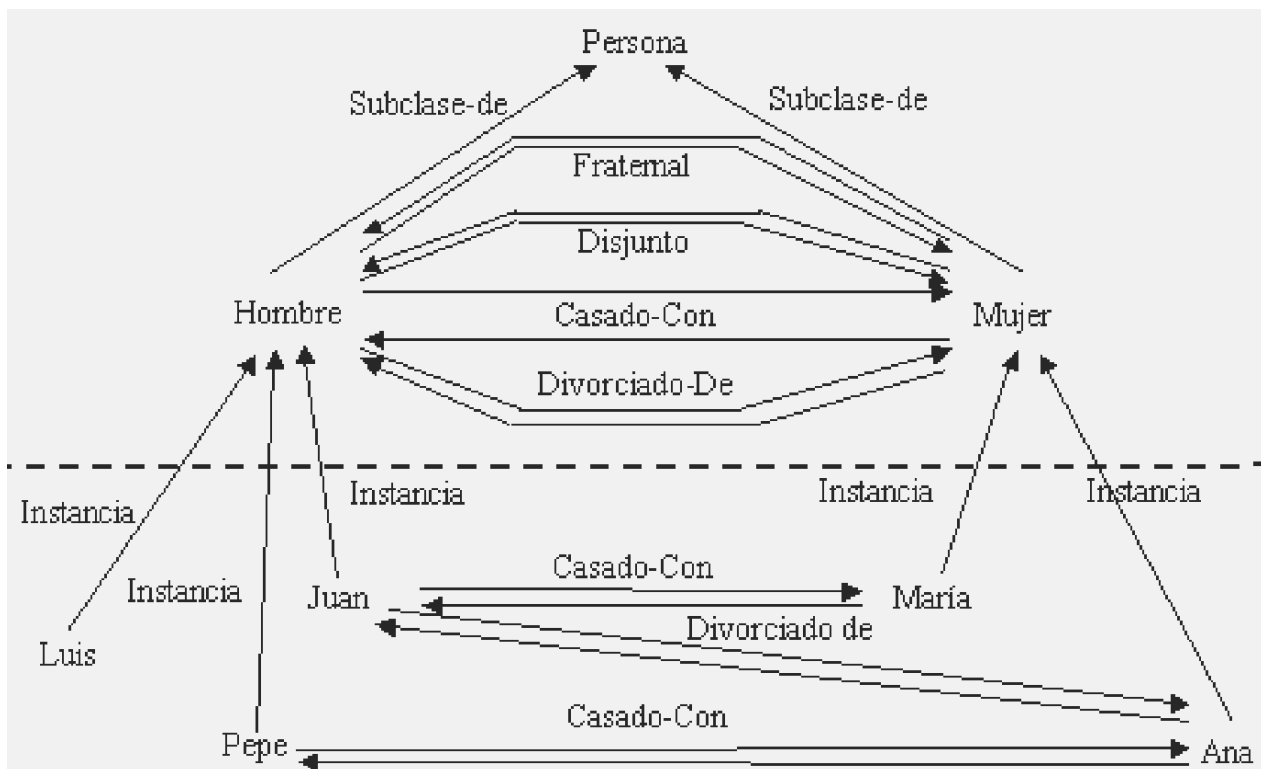
La siguiente Figura muestra los conceptos básicos de representación en marcos.



Los marcos clase se utilizan para representar conceptos, clases o situaciones genéricas descritos por un conjunto de propiedades, unas con valores y otras sin valores asignados, que son comunes al concepto, clase o situación que el marco representa.

Los marcos clase representan conceptos, es decir, entidades acerca de las cuales se desea describir cierto tipo de información. Los conceptos pueden ser de cualquier índole, ya se refieran a entidades físicas tangibles, descripción de tareas, procesos de razonamiento, entidades abstractas, etc.

Los marcos Persona, Hombre y Mujer de la siguiente Figura son ejemplos de marcos clase.



Ejemplo de una jerarquía en marcos

En los dominios de trabajo de los expertos, existen elementos, instancias, o individuos de clases. Por ejemplo, el martillo-1 de la clase herramienta para el experto carpintero. El formalismo de marcos permite representar estos objetos utilizando los marcos instancia. Los marcos instancia pueden considerarse como la representación en el dominio real de una clase determinada. Los marcos María, Ana, Luis, Pepe y Juan son marcos instancia de los marcos clase Mujer y Hombre.

6.5.1. Representación de relaciones entre conceptos

El formalismo de marcos representa las relaciones del dominio mediante relaciones entre marcos clase, entre marcos instancia, y entre marcos clase y marcos instancia, formando así un sistema basado en marcos (SBM). Intuitivamente, el significado del SBM de la Figura 4.12 es el siguiente:

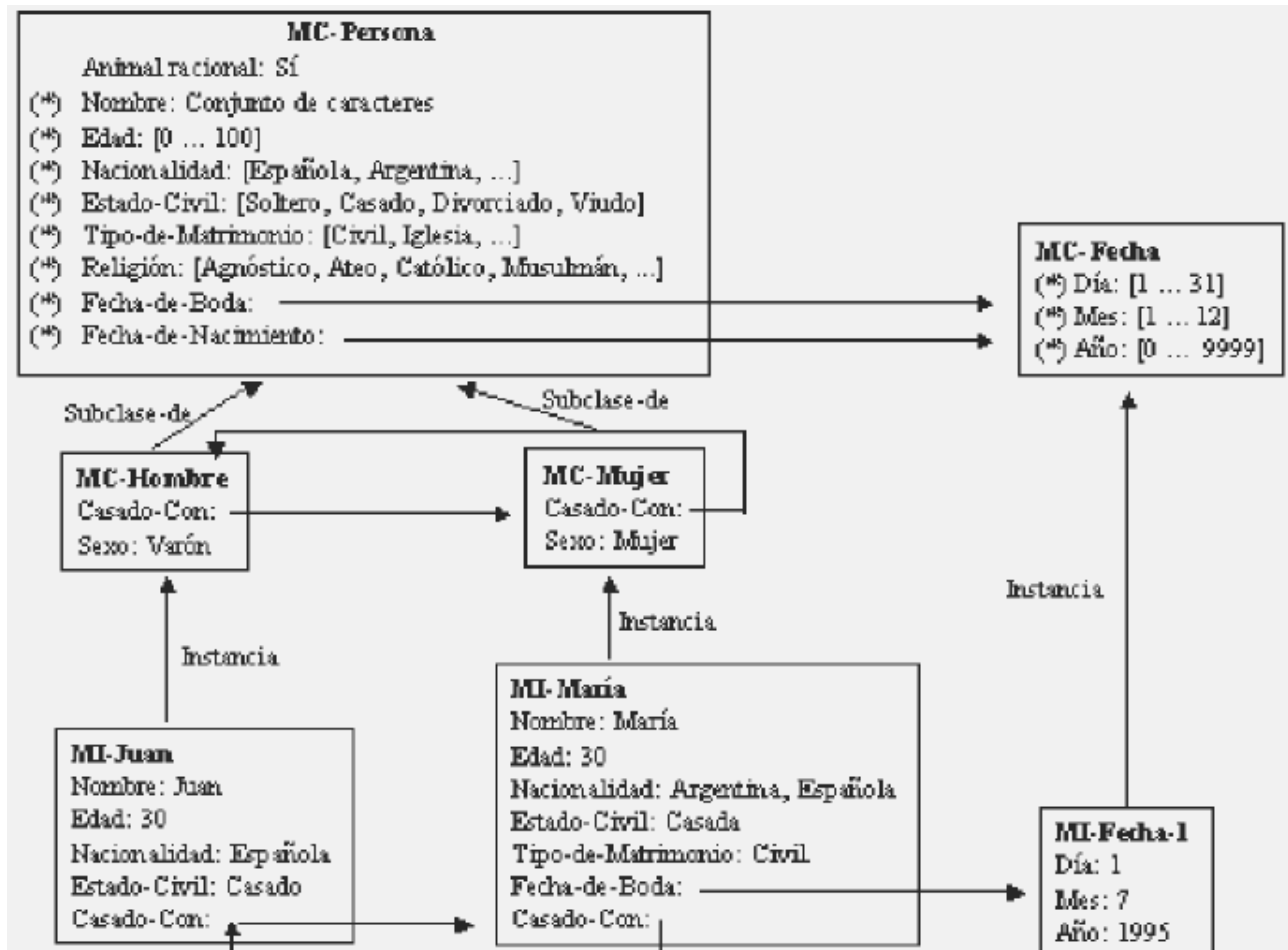
- Los marcos clase Hombre y Mujer son subclases del marco clase Persona, y el marco clase Persona es una superclase de los marcos clase Hombre y Mujer.
- Los marcos instancia Luis, Pepe y Juan son instancias del marco clase Hombre y, por lo tanto, el conjunto de los Hombres está formado por Luis, Pepe y Juan.
- Los marcos instancia Ana y María son instancias del marco clase Mujer y, por lo tanto, el conjunto de las Mujeres está formado por María y por Ana.
- Los marcos clase Hombre y Mujer son hermanos, pues tienen el mismo padre.
- Los marcos clase Hombre y Mujer son disjuntos, pues no hay instancias que pertenezcan simultáneamente a ambos marcos clase.
- Las relaciones casado-con y divorciado-de definidas entre marcos clase representan que los Hombres y las Mujeres se casan y se divorcian. Las relaciones casado-con y divorciado-de, definidas entre marcos instancia, representan que Juan está casado con María y divorciado de Ana, y que Ana está casada con Pepe.

6.5.2. Representación de las propiedades de los conceptos

El IC utiliza dos tipos de propiedades cuando formaliza su BC en marcos: propiedades de clase y propiedades de instancia:

Las propiedades de clase representan atributos o características genéricas de un concepto o clase. El IC define y rellena estas propiedades en el marco clase, y toman siempre el mismo valor en todos los elementos o instancias de la clase.

En la jerarquía de la siguiente Figura,



La propiedad animal-racional en el marco clase Persona y la propiedad sexo en los marcos clase Hombre y Mujer son propiedades de clase.

Las propiedades de instancia, aunque el IC las define en el marco clase y son comunes a todas las instancias del marco clase, se rellenan en cada instancia con valores concretos que dependen del elemento de la clase que se esté representando.

Gráficamente, si la propiedad va precedida del símbolo “(*)” se trata de una propiedad de instancia. En el SBM de la Figura 4.16, las propiedades nombre, edad, nacionalidad, estado-civil, tipo-de-matrimonio, religión, fecha-de-boda y fecha-de-nacimiento son propiedades de instancia en el marco clase Persona.

6.6 Representación de facetas de propiedades

Identificadas las relaciones y distribuidas las propiedades en los marcos clase, el IC pasa a describir las facetas de cada una de las propiedades. Las facetas permiten modelar características de las propiedades y relaciones en los marcos clase.

Declarativamente, una propiedad se define especificando un puntero o un tipo de datos (lógico, carácter, número, entero, real, o como un conjunto restringido de valores numéricos, caracteres, etc.); procedimentalmente, se define utilizando un procedimiento o una regla.

Las facetas, independientemente de que se rellenen con valores, punteros, o procedimientos, se clasifican en las siguientes tres categorías: facetas que definen propiedades de clase, de instancia y relaciones; facetas que define propiedades de clase y relaciones; y facetas que definen propiedades de instancia.

El motor de inferencias usa las facetas para mantener la integridad semántica de los datos, es decir, para comprobar que los valores introducidos en las propiedades realmente pertenecen al tipo especificado, en la obtención de valores, y en la asignación de valores por defecto.

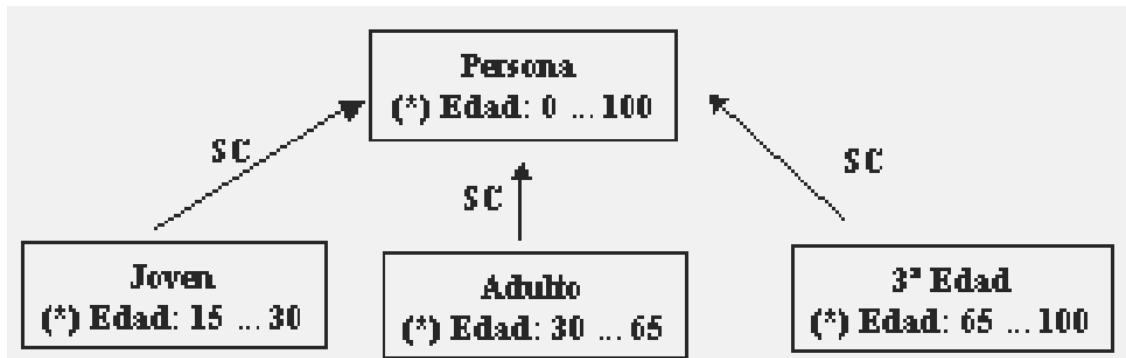
En cualquier propiedad o relación que defina el IC, obligatoriamente, debe especificar las facetas que definen propiedades de clase, de instancia y relaciones:

- tipo ranura, cardinalidad mínima y cardinalidad máxima de valores que puede tomar la propiedad o relación, y multivaluada si la propiedad o relación toma más de un valor.
- Cardinalidad mínima: esta faceta establece el número mínimo de valores con los que se rellena la ranura, siempre que ésta se rellene. Así, la cardinalidad mínima de todas las ranuras definidas en el marco clase Persona es uno.
- Cardinalidad máxima: esta faceta informa del número máximo de valores con los que se puede rellenar la ranura. Por ejemplo, en el marco clase Persona, la cardinalidad máxima de todas las propiedades es uno, salvo las cardinalidades de las propiedades nacionalidad y tipo-de-matrimonio. La propiedad nacionalidad podría llegar a tomar N valores, suponiendo que N sea el número máximo de nacionalidades que una persona puede tener.
- Multivaluada: esta faceta establece si la propiedad puede tener más de un valor o no. Si la cardinalidad mínima es igual a la máxima, y ambas son iguales a uno, entonces la propiedad no es multivaluada. En caso contrario, si la cardinalidad

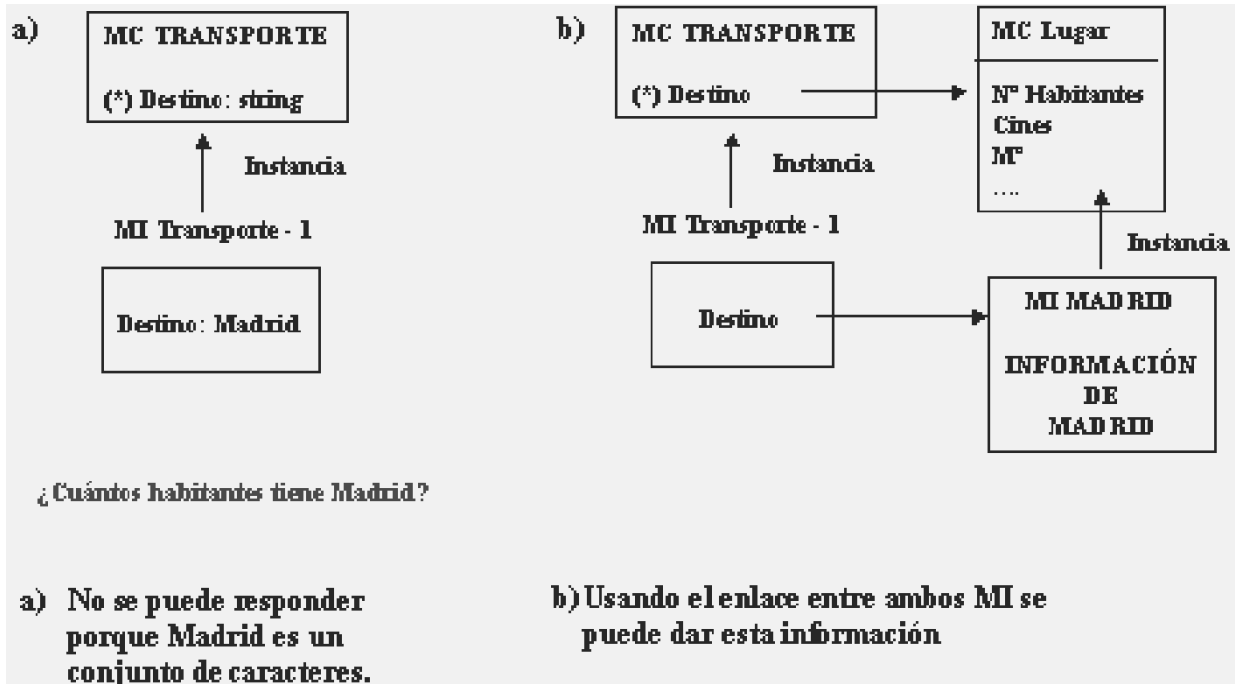
6.7. Criterios de diseño

En este apartado se presentan algunos criterios de diseño que pueden ayudar al IC a representar el conocimiento utilizando el formalismo de marcos:

- Se debe favorecer la compartición de propiedades de clase y de instancia entre marcos.
- Se debe evitar representar conocimientos redundantes.
- En cada marco clase debe haber una propiedad de clase que identifique a los elementos de dicha clase.
- Semántica de las propiedades: las propiedades deben tener o aportar significado a la representación.
- Debido al carácter local de las propiedades, se pueden tener propiedades repetidas con el mismo nombre en diferentes marcos clase.



Ejemplo de redefinición de propiedades



Ejemplo de propiedad definida como marco

- Si se desea conocer información o propiedades de las propiedades de un marco, entonces dichas propiedades deben ser definidas como marcos
- No se deben mezclar conceptos. Por ejemplo: el caso de un viajero que va a un destino usando un transporte que tiene un precio se debería representar como se muestra en la Figura anterior.
- Hay que tener en cuenta que en un marco instancia se pueden rellenar, o no, todas las propiedades de instancia definidas en los marcos clase con los que está conectado.
- Hay que recordar que las propiedades de instancia se rellenan con un valor concreto.
- Es importante recordar que no se pueden utilizar en las instancias propiedades que no se hayan definido en los marcos clase.