



Revista Electrónica de Metodología Aplicada

1996, Vol. 1 nº 1, pp. 39-70

URL:http://www3.uniovi.es/user_html/herrero/REMA/v1n1/a4v1n1.wp5

ResMul.

José A. L.Brugos
 Belarmino Corte
 Depto. de Matemáticas
 ETSIII-Universidad de Oviedo
 e-mail:brugos@golum.etsiig.uniovi.es

ABSTRACT.

This paper describes the essential idea of RESMUL (Semantic Nets for Hypermedia). RESMUL deal to outline with a Intelligent Tutoring hypermedia environment (HIIT) foundation supported by experience and reflection about knowledge, and a representation knowledge system based on extended semantic nets, combinig both distributive and collective sets and pointing out the inheritance problem of properties. Thus, the essential structured interrelated knowledge of images, text and voice for knowledge, HCI, interfaces and hypermedia can find sound fundation. Moreover, RESMUL try to outline a method for design HIIT and Hypermedia.

Key word: Hypermedia, intelligent instruction tutors, computer-aided systems, interfaces, semantics nets, collective sets, mereology, representation knowledge, cognitive psychology.

1.- Introducción

La pretensión de la informática de adaptarse al comportamiento natural del usuario ha llevado la incorporación de **texto, imágenes y sonido** (los llamados **entornos multimedia**) a las Estaciones de Trabajo y Pc actuales, al tiempo que éstos aumentaban su capacidad.

Este supuesto también es asumido en proyectos. Citaré dos ejemplos.

a) El Proyecto Japonés de la Quinta Generación, donde se dice en su tercer objetivo:

"The intelligent interface function will have to capable of handing communication with the computer in natural language, speech, graphics, and picture images so that information can be exchanged in a ways natural to man"

Es interesante advertir, no obstante, que esta propuesta se ha *dividido y traspasado a proyectos específicos*, dada la dificultad de ponerla en práctica conjuntamente y las exigencias inmediatas ('el fortísimo tirón') del mercado, dejando la responsabilidad del ICOT japonés casi exclusivamente orientada a las arquitecturas en paralelo. Señalo, de paso, que las *demos* del congreso del 92 se dedicaron a la biotecnología, la jurisprudencia y la electrónica.

b) El Proyecto Europeo ESPRIT'90 "MULTIWORKS-MULTimedia Integrated WORKStation" de Olivetti, Bull, STL/ICL y Philips comienza proclamando:

"It is recognized trend that workstation of the 90's will be characterized by the ability to process multimedia information"

El objetivo buscado consiste en facilitar las operaciones cotidianas del usuario corriente: que los 'multimedia' puedan ser procesados en forma digital, almacenados y recuperados por dispositivos de acceso directo, transferidos dentro y fuera de los soportes externos (cinta, papel, etc.), intercambiados a través de líneas de comunicación, accedidos desde lenguajes de programación y manipulados por el usuario desde una terminal.

Desde el punto de vista del mercado, se trata, pues, de proporcionar a las computadoras personales la posibilidad de satisfacer una necesidad evidente de los usuarios, extendiendo y haciendo más natural su uso. Este proyecto trata fundamentalmente de 'engancharse' al mercado de la *ofimática o burocrática*.

La tecnología actual hace posible la realización de estos objetivos, que no difieren esencialmente de los ideales de los pioneros de MULTIMEDIA.

El fenómeno MULTIMEDIA

En los albores del Renacimiento, con el *papel* y la *imprensa* nace el **libro: la revolución industrial de la información**. El papel, por ser más barato y flexible que el pergamino, y la automatización de las tareas del escriba (la imprenta) porque convierte al libro en mercancía al alcance de amplias capas de población.

A parte de más barato y abundante, por su tamaño y disposición **menos secuencial**, el libro de pergamino o papel ya es más rápidamente legible y manejable que el rollo de papiro, que a su vez lo fué respecto al barro y la piedra. Los diccionarios **Tesaurus** avanzan además en la organización de los términos (nombres) relacionándolos semánticamente por los conceptos que expresan. En estos diccionarios latinos y en Raimundo Lulio (s.XIV) se inspira **Leibniz** (s.XVII-XVIII) para crear su lógica: *lingua characteristic* y *calculus ratiocinator* (unificada por **Frege** en *Die Begriffsschrift*, 1879), en consonancia con la aspiración renacentista de crear una lengua artificial y la creencia de que subyace una gramática lógica universal bajo las lenguas (como actualmente Chomsky). Ya hay una cierta concepción de *red semántica* en los **Tesaurus** (como la había en el Arbol de Profirio), que Leibniz trata de formalizar simbólicamente por medio de una lógica de clases y relaciones.

El objetivo de los pioneros de MULTIMEDIA fué el almacenamiento económico y la recuperación ágil y flexible de la información en el medio electrónico. Por eso se dice que ellos iniciaron la *revolución electrónica de la información*.

Los padres de MULTIMEDIA

1) **Vannevar BUSH** (1890-1974).

Propuso el sistema **MEMEX** (**MEM**ory **Ext**ended) en su artículo seminal *As We May Think* (1945; esbozado en 1932, 1933 y 1939). Fué difundido por Ted Nelson en *Literary Machines* y editado por Microsoft en CD-ROM. Este artículo sirvió de inspiración para los investigadores de los años sesenta, especialmente Engelbart y Nelson.

Bush fué un importante creador de hardware, haciéndose famoso por sus inventos, como el MIT differential Analyser (1931). El presidente norteamericano Roosevelt lo nombró su asesor durante la II Guerra Mundial.

Una destacada aportación de Bush a Multimedia fué su concepción de un entorno similar a **WINDOWS** en términos de microfilms y sus *railes calientes* (link blazers), antecedente de las **autopistas de la información**.

2) Doug **Engelbart** concibió, dentro de proyecto **AUGMENT** (1962, 1968), el sistema

NLS (oN Line System) en el Stanford Research Institute (SRI).

Durante la elaboración de AUGMENT el equipo almacenó sus artículos, informes y memorias en un periódico electrónico compartido.

Algunos investigadores de su equipo pasaron al **XEROX PARC**, de donde se escindieron creando la empresa **APPLE**.

Recientemente Engelbart ideó el Bostrap Project de la Universidad de Stanford.

Engelbart realiza dos aportaciones relevantes: la invención del **ratón** y la **computación interactiva** en forma de **realidad virtual**. Una demo fué presentada, con sus propios recursos, en la Fall Joint Computer Conference de 1968, causando un gran impacto.

3) Ted **Nelson** proyectó **XANADÚ** (1968,1990) en el RI de la Universidad Brown (Providence,EEUU). Su proyecto representa el inicio de lo que denominó **HIPERTEXTO**. En 1990 la Xanadú Operating Company implementó varias partes de Xanadú.

Tal vez la idea visionaria de Bush esté bien expresada por las palabras de Engelbart:

“Los símbolos con los que los humanos representan los conceptos que están manipulando pueden ser colocados ante sus ojos, movidos, almacenados, vueltos a llamar, operados de acuerdo con reglas muy complejas, -todo con un respuesta muy rápida-, por medio de instrumentos especiales de tecnología cooperativa”(1965).

Cronología de HIPERTEXTO

1er. sistema Hipertexto (1967): Hypertext Editing System de Andies van Dam (Univ.Brown). Fué implementado en una IBM/360 y vendido al Houston Manuel Spacecraft Center, que lo utilizó para editar documentación de las misiones espaciales Apollo.

2º sistema Hipertexto (1968): FRESS (File Retrieval and Editing System), que fué un subproducto de Hypertext Editing System de la Universidad Brown. En 1989 se hizo una demostración en la ACM Hypertext Conference.

1er. sistema hipertexto comercial (1985): Symbolic Document Examiner, que se diseñó para los usuarios de las estaciones de trabajo Symbolics de XEROX. Se escribió con el interfaz *Concordia* siguiendo la **metáfora del libro**. Como las Symbolics eran caras, XEROX anunció **NOTECARDS** en 1985, y la Universidad Brown, **INTERMEDIA**, que se comercializaron mucho más tarde.

1er. sistema hipertexto comercial popular (1986): GUIDE (Office Workstation Limited, OWL), para **Macintosh** y luego PC.

En **1987 Bill Atkinson** creó **HYPERCARD** para **APPLE**, que lo distribuyó con el **Macintosh**. Utiliza el lenguaje de programación (orientado a objetos) **HYPERTALK**. Originalmente era un entorno de programación gráfica, que seguía la *metáfora de las fichas*. Este producto **popularizó definitivamente hipertexto**.

1er. Hipermedia (1978): Aspen Movie Map creado por Andrew Lippman en el MIT Architecture Group, unificado como Media Lab. El Movie Manuel incorporó **realidad virtual**. Se realizaba así una aspiración de Engelbart.

1ª Conferencia de Hipermedia (13-15 Nov.,1987): Hypertext'87 de la ACM (Association for Computing Machinery) de USA.

2ª Conferencia Europea (29-30 Junio,1989): Hypertext'2, en York (U.K); la 1ª europea fué en Aberdeen (Escocia).

Principales aportaciones de Multimedia

- 1) Entornos de iconos: **WINDOWS (Bush,Xerox,Apple)**
- 2) Autopistas de la información (Bush)
- 3) Ratón (Engelbart)
- 4) Programación interactiva (Engelbart)
- 5) Realidad virtual (Engelbart, Lippman)
- 6) Hipertexto (Bush,Engelbart,Nelson, Apple)
- 7) Multimedia (Apple, otros)

Así, pues, a principios de los años setenta, las ideas de la 'corriente multimedia' encontraron la tecnología dispuesta para su realización (XEROX;APPLE). Y, a finales de los ochenta (1987), Hipertexto culmina en HYPERCARD de APPLE, fruto de las investigaciones iniciales de XEROX (Palo Alto) e IRIS (Universidad Brown). Maduradas razonablemente las condiciones de capacidad, precio y aceptación, Steve Jobs (padre del Macintosh) construyó hacia 1990 (1988, primer prototipo) una primera máquina experimental multimedia, la NEXT.

MULTIMEDIA = Hipertexto + sonido

Proposición sobre la relación Multimedia e IA:

La idea de las operaciones inteligentes humanas que, parceladas, investigaba la IA se clarifica e integra cuando confluye con la corriente histórica de multimedia.

Justificación:

Antes de que la existiera **IA** como investigación organizada (seminario de Darmouth, 1956), W. Bush concibió '**multimedia**'. En la IA, fué Quillian (1966) quien introdujo el **modelo asociativo de la memoria** humana en las Redes Semánticas para poder representar la semántica del lenguaje natural, inspirándose en la investigación de Simon y Newell (1962) sobre Resolución de Problemas. En el modelo asociativo es donde confluyen IA e Hipertexto (multimedia).

A la necesidad de cálculo, Bush añadió la de *almacenamiento y acceso rápido y compartido* (no lineal) a la información (MEMEX:método asociativo de indexación), especialmente entre aquellos que trabajaban en los complejos proyectos del mundo de la electrónica de computadoras. ¿Por qué no disponer de ficheros electrónicos compartibles? (Nelson: XANADU). Tampoco es de extrañar que, en este medio visionario (Bush: MEMEX; Engelbart:NLS; Nelson: XANADU) de la documentación simbólica (que, en 1965, Nelson denominaría **hipertexto**), surgiera la necesidad de pantallas adecuadas para textos e imágenes, y de recursos operativos como los iconos y el ratón (Engelbart, 1963), siguiendo la lógica de los signos gráficos (iconos, signos y símbolos) del lógico norteamericano Ch.S.Peirce y su filosofía del **pragmatismo**, y luego del **conductismo**. Hipertexto se inspira (como Leibnitz en el s.XVII) en los diccionarios thesaurus, en la metáfora del libro y los ficheros, en la lógica operacionalista y en el modelo de la memoria asociativa.

En la segunda mitad de los años ochenta, al texto y a la imagen se añadió el sonido, transformándose la denominación 'hipertexto' en '**hypermedia o multimedia**'. Además hay que señalar que, aunque la **orientación a objetos** proviene de la encapsulación de variables (bloques) del ALGOL y, sobre todo, de los objetos de **SIMULA-67**, hipertexto exigía un

lenguaje de programación (como Hypertalk) orientado a objetos que facilitara la manipulación de trozos de información asociativa (texto, imagen y sonido): **el entorno natural de programación de multimedia es la orientación a objetos**. Y el método de **representación del conocimiento** coherente con el modelo de la memoria asociativa lo constituyen las **REDES SEMANTICAS**.

2.- El problema crucial.

Lo que denominamos **problema crucial** o **estado de la cuestión**, consiste en lo siguiente:

en los actos de comunicación humana están interrelacionados imágenes, texto, voz, (iconos, signos y símbolos), pero en la programación actual se utilizan como cosas independientes (pegotes), ligadas espontáneamente en el tiempo y el espacio por el programador e interpretadas por la semántica natural del usuario.

Nuestro planteamiento:

Estos 'pegotes' de **imágenes, textos y sonidos** necesitan una filosofía del conocimiento que fundamente su función interna dentro de la comunicación de conocimientos, o sea *pasar a ser elementos de la estructura de conocimiento y no sólo datos*. A esta filosofía la llamamos **idea intuitiva de la comunicación sistema-usuario**. Para deslindar este problema, lo situamos en un contexto de **enseñanza de conocimientos**, o sea, **Tutores Inteligentes en entornos Multimedia (TIM)**, que, por otro lado, resulta uno de los campos privilegiados de las aplicaciones de multimedia. De esta manera, además, puede contribuir a crear un **método** para el diseño de tales aplicaciones. Pero un método, en computación, significa no sólo unas reglas de comportamiento sino, como es sabido, un esquema de **representación**, que sirva de plataforma común a IA y Multimedia. Nuestro esbozo de **esquema de representación del conocimiento** se basa en las **redes semánticas** y, por eso, lo denominamos **RESMUL** (Redes semánticas para multimedia).

Multimedia supone una organización general de la arquitectura y dispositivos de ordenadores y una organización de la programación: un **hardware** y un **software** adecuados. Su orientación a aplicaciones de **enseñanza y entrenamiento** resulta un campo privilegiado de experimentación. Pero se necesita que esta orientación tenga un soporte teórico contrastado. Tal soporte teórico lo constituyen los **Tutores Inteligentes (TI)**, que son un tipo de **sistemas expertos (SE)** con unos módulos especiales (módulo del alumno, módulo pedagógico) y una reestructuración de los existentes (módulo de conocimiento, módulo de explicaciones, interfaz). El concepto de TI supone la existencia de un **usuario inteligente** con quien dialoga el TI. Para facilitar esta comunicación el TI necesita disponer de un *modelo del alumno y de un interfaz de comunicación*. Así, pues, el TI contiene un **modelo de usuario que le sirve de plataforma de intercomunicación con el usuario real**. TI y usuario tienen que ponerse a un nivel de conocimiento razonable y concordar en el lenguaje, como si se tratara de dos sujetos *cooperativos* que van a dialogar sobre objetos convenidos.

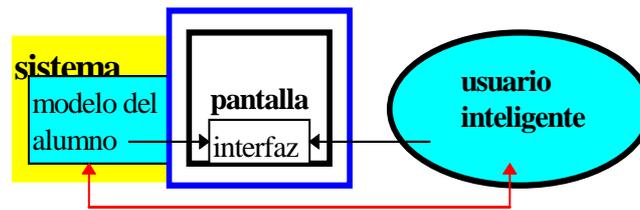


Fig. 1 El modelo del alumno y el usuario inteligente

La necesidad de un **modelo del usuario** es patente en los sistemas de comunicación basados en la **semántica** (por ejemplo, dependencias conceptuales y *scripts*: grupo de Yale), pues tal modelo contiene la interpretación que se espera del usuario.

El modelo de adquisición del conocimiento de J.R. Anderson (ACT* y luego PUPS) representa una teoría que puede servir de referencia **cognitiva** (modelo computacional del alumno) para una presentación en forma de un modelo productivo: modelo de realización (performance) y modelo de aprendizaje; donde, además, se interrelaciona el *conocimiento declarativo y procesual*.

Nuestro planteamiento de los **TIM** supone una transformación fundamental de la **Base de Conocimiento** (BC) y de los **Interfaces** de los **TI**. En la BC porque el conocimiento se articula sobre la estructura de las imágenes (análisis y síntesis), y, en los interfaces, porque exige distinguir entre el comportamiento del usuario y el del sistema.

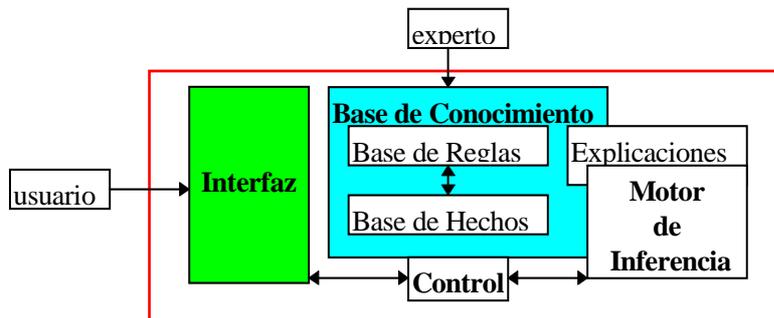


Fig.2a. Esquema de Sistema Experto

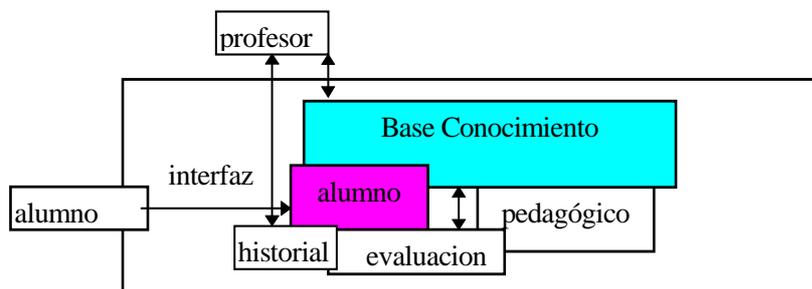


Fig.2b. Esquema de TI

De entre los múltiples productos multimedia que hemos analizado detalladamente señalamos dos porque ilustran bien el estado presente de este tipo de aplicaciones y herramientas: **NAUTILUS** (realizado en TOOLBOOK) y **TOOLWORKS**. El primero es una especie de enciclopedia y el segundo es una herramienta típica para manejar ficheros de objetos

multimedia. En ambos se ve que, aunque utilicen un cierto método de diseño basado en STORYBOARD y, en última instancia, en la experiencia publicitaria y de los comics (lo cual es natural y conveniente), continúan pegándose los objetos de una manera casi arbitraria y, desde luego, no abordan el llamado problema crucial al nivel que la IA exige a la representación computacional del conocimiento. En este caso, como suele suceder, el mercado va por delante de los métodos de programación proporcionando una experiencia de uso fundamental para el desarrollo de una técnica científica. Esta manera de proceder está asumida también en la filosofía que da pie a nuestra llamada *idea intuitiva de la comunicación*. Y, junto al *análisis de aplicaciones*, hemos reflexionado sobre nuestra experiencia de construir 'pantallas', así como sobre la de otros tan cualificados como el Center for Design of Educational Computing de la Universidad Carnegie-Mellon. Por otra parte, como es lógico, también es necesario tener presente el estado que van presentando los distintos recursos multimedia que tratan de adaptarse a los requisitos razonables del uso natural (dispositivos de captación, procesamiento y tratamiento de imágenes y sonido).

3.- La idea intuitiva.

Aplico la *Navaja de Ockam* (no multiplicar los entes sin necesidad):

dialogar acerca de lo que se ve.

Lo primero que capta el usuario son las **imágenes**, que él interpreta de modo inmediato (de ahí que la pintura sea el arte más directo). El usuario contempla la imagen presentada en la pantalla percibiendo directamente sus cualidades y relaciones 'físicas' entre sus partes, y esta percepción le sirve de premisas para crear los iconos que representan las cualidades de la imagen. **La pantalla funciona así como un paisaje de imágenes sobre las que van a dialogar el sistema y usuario.** Pero la pantalla resulta ser **el único** marco de comunicación y, la imagen, su objeto de comunicación, y el sistema lo respeta.

La partición de la imagen e interrelación entre sus partes inicia el conocimiento. Este papel central de la percepción de la imagen en la producción de conceptos -en el proceso de abstracción ilimitada del conocimiento- es la base de los esquemas simbólicos que el pensamiento codifica en el lenguaje: la imagen pasa por iconos e índices para desembocar en símbolos (la argumentación de Peirce). Tal forma de proceder hunde sus raíces en la tradición clásica de las **ideas**, donde la idea ($\epsilon\iota\delta\omega\varsigma$) evoca una imagen prototípica, un sello de identidad. Hasta los ciegos de nacimiento elaboran su lenguaje con contenidos perceptivos.

La psicología cognitiva actual proporciona fundamento experimental a este planteamiento, interrelacionando la imagen 'física' con la imagen 'mental' del objeto (R.Shepard). La filosofía del conocimiento la proporciona **Ch.S.Peirce**. En nuestro planteamiento, la imagen está tomada a caballo entre un gráfico (icono) y una fotografía (índice) (interpretada como un 'vector característico', lineal: una caricatura'; D.Pearson et al.).

Un **icono** es un símbolo que representa, o es análogo, a la cosa que representa. La diferencia entre icono e índice está -según Peirce- en que los primeros se refieren a un objeto independientemente de que éste exista o no, sin embargo, en los segundos (índices), la existencia del objeto es esencial para la referencia. Al tipo de signos como las fotografías, Peirce (con una terminología casi críptica) los llamaba 'sinsignos dicentes' y escribía: "*el hecho de que se sepa que esta última [una fotografía] sea el resultado de ciertas radiaciones procedentes del objeto hacen de ella un índice con alto grado de información*".

Este universo de imágenes estructuradas proporciona el **escenario o script** básico, que

como las **Dependencias Conceptuales de Shank** contienen **acciones primitivas**. La relación entre el lenguaje de iconos y los scripts para la descripción de escenarios fué señalada y estudiada por S Mealing y M. Yazdani, entre otros.

La imagen no sólo sirve para ilustrar un diálogo, sino que puede iniciarlo directamente, con la ventaja adicional de comportar un **contexto restringido** y una **interpretación inmediata** (señalado por **Comenius** en el s.XVII). En la imagen el usuario encuentra además de una pedagogía socrática, una **sintaxis y una semántica inmediatas**, que el sistema puede explotar. Una sintaxis porque la imagen tiene una descomposición inmediata (particiones y relaciones), y una semántica porque proporciona una idea, un contexto y unos nombres de clases y conceptos dependientes del análisis. Platón decía que los carniceros ven a los animales como si tuvieran pintadas las fronteras de sus partes: eso es lo que el sistema necesita saber, luego -como Sócrates- seguirá hasta los conceptos, paso a paso.

Algunos postulados y principios básicos

Postulados.

Postulado 0: el usuario es *inteligente* (un interpretante de signos, en palabras de Peirce) y tiende a aplicar a las imágenes una semántica espontánea.

1er. postulado experimental.

El usuario observa la pantalla enfocando su centro y propagando su mirada centrífugamente, y luego procede a recorrerla en forma de Z, es decir, de izquierda a derecha y de arriba a abajo, siguiendo nuestra forma habitual de lectura.

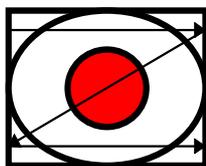
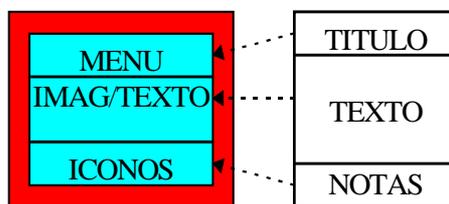


Fig. 3. Recorrido visual de una pantalla

Corolario. La lectura en Z, después de la focalización inicial de la pantalla, hace que el usuario espere la información general en la parte superior, el contenido propio de la pantalla en el centro, y las acciones a realizar en la parte inferior.

Nota: esta es la forma habitual de presentación de pantallas:



Pantalla

Hoja papel

Fig. 4. Distribución de una pantalla

Como puede observarse, la distribución de las **pantallas** es la misma que la de las **hojas de papel**.

2º postulado experimental.

El usuario observa primero las imágenes y luego el texto. El reconocimiento de la voz exige un tiempo de respuesta superior al de la imagen y una concentración mayor, por tanto

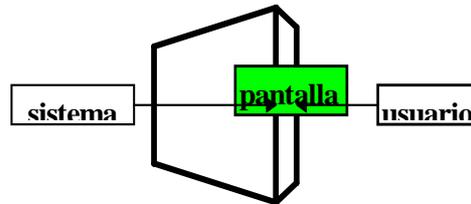
debe tener una función mas bien imperativa o de refuerzo (órdenes, observaciones, llamadas de atención, preguntas, afirmaciones-negaciones, ...), o sea subsidiaria.

Principios.

1er. principio. (Recuerda al Test de Turing)

El único medio de comunicación entre el usuario y el sistema es la pantalla.

Fig. 5. Esquema simplificado de la comunicación sistema-pantalla-usuario



Toda la información se transmite a través de los objetos que se presentan en la pantalla, por tanto ese es el único contenido semántico en el que tienen que concordar el sistema y el usuario. Y cada pantalla contiene una unidad básica, un átomo de conocimiento.

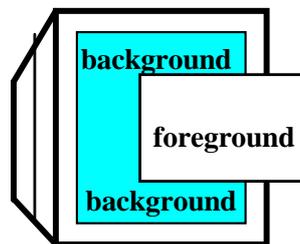
Nota: cuando digo el único es para resaltar que el sonido tiene un papel subsidiario.

2º principio.

Como en las Máquinas de Turing, a la interpretación de una pantalla colabora la pantalla anterior (u otra análoga a la que la presente va asociada). Entre una pantalla y la anterior vista se discriminan las diferencias (lo nuevo o específico) y se identifican las identidades y analogías (lo contante o general), como cuando se construyen clases de equivalencia que son la base de los 'conceptos universales'.

Nota: hay que recordar que el conocimiento es acumulativo, y que la analogía de las formas es un esquema de abstracción primario. De ahí que se asuma que lo repetido es lo general y lo nuevo presente es lo específico (**background** y **foreground** de las pantallas). Las propiedades del background se heredan, se mantienen hasta uno nuevo.

4.- El esquema de representación.



Supuestos:

1) La **comunicación** entre el **Usuario** y el **Sistema** se realiza **a través** de la **pantalla**, donde ocurren los actos de comunicación (el diálogo).

2) El **objeto** principal de la comunicación es la **imagen**.

2a) El análisis de la imagen comienza con su **partición**. La identificación de las partes de la imagen, sus relaciones y su función contienen el conocimiento básico.

2b) La clasificación de las partes en clases de equivalencia recorta los objetos en tipos de objetos estructurados jerárquicamente en un dominio de clases **extensionales**.

2c) Los conceptos convierten las clases extensionales en clases **intensionales**.

3) Las clases y los objetos (instancias) forman una estructura de tipos y ejemplares representada por una red semántica, que se interpreta de abajo a arriba como el recorrido de lo más concreto a lo más abstracto.

Problema principal: la integración de las clases **colectivas** en las **distributivas** y el problema de la herencia en las primeras.

3a) El esquema de representación propuesto se basa en las **redes semánticas**, por tanto supone los principios de esta Teoría.

¿Cómo llegaron a la IA las redes semánticas?

Otto **Selz** (1926) sugirió que los caminos de la red servían para razonar. Adriann **de Groot** (1965) aplicó las teorías de Selz a sus estudios sobre el pensamiento en el ajedrez. Y en su visita al Carnegie Tech informó sobre la obra de Selz a **Newell y Simon**, quienes lo citaron en sus trabajos sobre resolución de problemas (1972), referencia que mantuvo su discípulo Ross **Quillian** en su Tesis Doctoral (1966).

Las *dependencias* del lingüista francés Lucien **Tesnière** (1959) fueron utilizadas por Davis **Hays** en sus trabajos sobre traducción automática (1964), introduciéndolo en USA. Y a Hays se remiten las *dependencias conceptuales* de Roger **Schank** (1969).

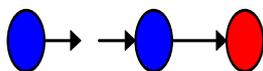
Postulado:

todas las etiquetas de los nodos son nombres de **clases de equivalencia**, o sea, clases **distributivas** (no, por ejemplo, colectivas), **para que valga la regla de herencia** (basada en la propiedad **transitiva** de la relación 'subconjunto de'). Pero los nodos del *subgrafo perceptual* son **clases colectivas**, regidas por la relación 'parte de' y los axiomas mereológicos ($\mu\epsilon\rho\epsilon\omicron$ $s = \text{parte}$).

La **razón** es que las clases distributivas son inclusivas, y la herencia utiliza la **transitividad** de la relación de inclusión ($Ako = 'A \text{ kind of}'$) de modo que las propiedades de una clase valen para sus subclases y para los individuos que ellas contienen. Las clases colectivas son mereológicas, y su herencia sigue las condiciones exigidas por los axiomas mereológicos (Lesniewski) que rigen las relaciones 'parte de' ($IsaPart = 'Is a Part'$). Por otro lado, clases e individuos (tipo y *tokens*) son similares a clases e instancias de los **lenguajes orientados a objetos** y a los *slots* y sus valores de los **frames**. La teoría que subyace bajo las **redes semánticas, frames (scripts) y lenguajes orientados a objetos es la lógica simbólica**, que está muy bien fundamentada (M.Nagao).

0. Una **Red** puede entenderse como un retículo de tipos: un conjunto U_c de nombres de conceptos ($T = \text{el tipo universal, supremo; } \perp = \text{el tipo absurdo, ínfimo}$) de un orden parcial. A cada elemento t de U_c se asociará el conjunto de objetos $T(t)$, que serán los referentes posibles de t (Sowa, 1984).

1. La **red básica (RP)** constituye la **Base de Hechos**, y el **Universo cerrado**. Y consiste en un grafo dirigido acíclico, cuyos nodos y flechas están etiquetados por **constantes**, nombres propios de individuos o clases y de relaciones binarias. Los átomos o vectores pueden ser interpretados en forma de **listas**: **[cola]** → **[cabeza]**,

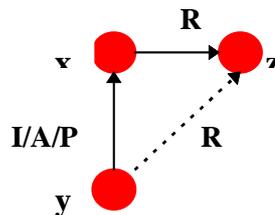


2. La **red auxiliar** (RA) contiene la **Base de Reglas**. Las reglas pueden contener constantes (reglas constantes) o **variables** (reglas variables). Las reglas permiten **deducir** conocimiento nuevo: nuevas relaciones: $A1 \wedge A2 \rightarrow B$ (A_i, B = relaciones binarias, vectores)

3. El grafo está **jerarquizado** y posee la regla de **herencia** para las relaciones **Ako** (*A kind of*, inclusión conjuntista), **Isa** (*Is a*, pertenencia conjuntista), y, con restricciones, **IsaPart** (*Is a Part of*, Parte-Todo). Como está jerarquizado, cada relación de las anteriores tiene un nodo del nivel siguiente, o sea, cada nodo de la relación pertenece a un nivel distinto (nodo-supernodo).

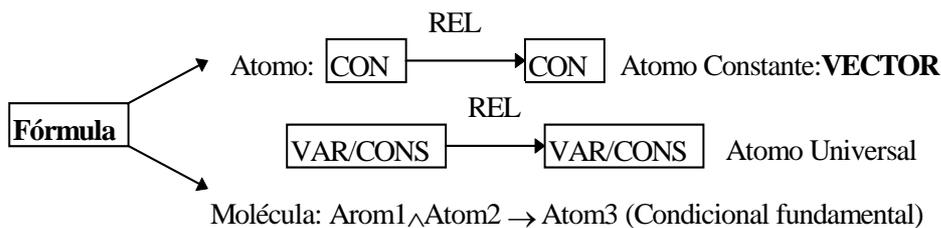
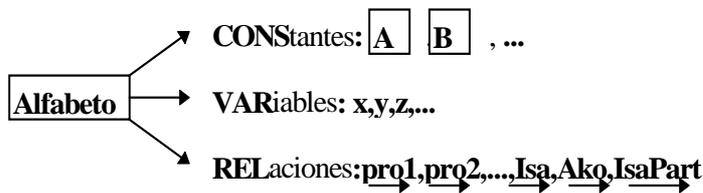
La **regla de la herencia** tiene la siguiente forma:

$$\forall xyz[R(x,z) \ \& \ \text{Isa/Ako/IsaPart}(y,x) \rightarrow R(y,z)]$$



4. Los nodos pueden tener otras relaciones (además de las antedichas), llamadas genéricamente '**propiedades**' (Pro).

5. **La sintaxis.**

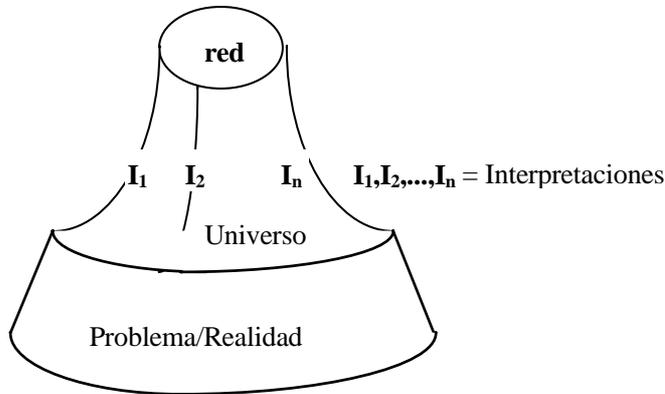


6. La **semántica**, $M = \{U, I\}$ (U =Universo, I =Interpretación), se basa en interpretaciones sobre la RP (Base de Hechos), que aquí ocupa el lugar de la realidad en la **verdad tarskiana** (son verdaderos aquellos enunciados cuya interpretación coincide con la Base de Hechos, la realidad): verdad por **adecuación**.

Un dominio de elementos de U denota las imágenes globales del grafo físico, y cada

elemento da lugar a un subdominio de subelementos que denotan las partes de imágenes. Y cada 'rel' denota una relación del grafo 'perceptual'. Pero la imagen global y sus partes pueden tener elementos no compartidos.

$$U_{\text{IMAG}} = \{\text{imag}_i\}, i \leq n; D = \{\text{partimag}_j\}, j \leq m; \{\text{rel}_r\}, r \leq s$$



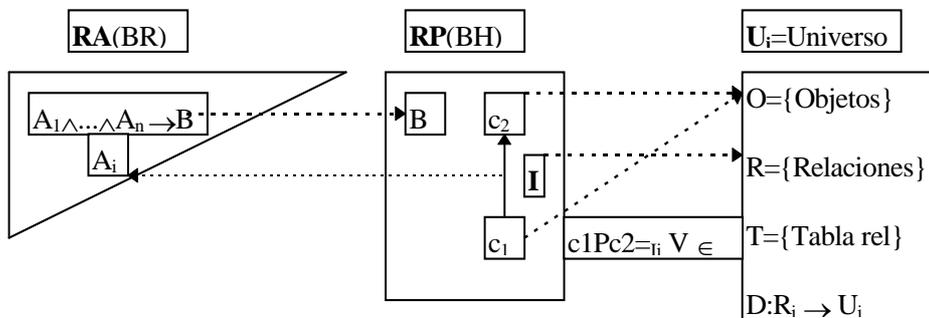
$U_i = \text{Universo}$, $O = \{\text{Objetos}\}$; $R = \{\text{Relaciones}\}$, $P = \text{Predicados}$; $T = \{\text{Tabla rel}\}$; $D: R_i \rightarrow U_i$; $c_i = \text{nodos}$

Una *Interpretación* es una asignación de Objetos y Relaciones de un Universo a nodos y relaciones de una Red (vector); y una *I* es Verdadera si pertenece a la Tabla del Universo.

$$c_i R c_{i-1} = I_i \text{ VERDAD} \in T$$

Número de interpretaciones:

$$M \times N = \{c_1, \dots, c_m\}_{RP} \times \{o_1, \dots, o_m\}_U = m \times m' = M; \{P_1, \dots, P_n\}_{RP} \times \{R_1, \dots, R_n\}_U = n \times n' = N$$



RA=Red Auxiliar; **BR**=Base Reglas; **RP**=Red Principal; **BH**=Base Hechos; **V**=Verdad

a) $A \rightarrow B = \text{Condición Fundamental}$ ($A, B = \text{vectores fundamentales}$), $A, B \in \text{vector}$

b) $A[x] \rightarrow B[n] = \text{Condición Universal}$ ($A[x], B[n]$ son vectores universales

(o Universales/Fundamentales), donde $A, B \in P$, $x, n \in C$.

c) Satisfacibilidad de:

c1) Vector Universal: cuando $A[x] = V$ bajo *al menos* una I en U .

c2) Condicional Universal: cuando $A[x] \rightarrow B[n] = V$ para todas las sustituciones

$[x], [n]$ bajo una I en U .

Prueba con Redes.

Red Principal (RP):

Una **RP(Γ)** es un **Universo Cerrado** que consta de un **conjunto de vectores Γ** (que traducen una conjunción de enunciados atómicos constantes, o sea, relaciones binarias) en orden parcial. **RP=Axiomas** (Base Datos extensional) (+ vectores-consecuencia)

Red Auxiliar(RA):

Un conjunto **RA** de condicionales constantes o universales (reglas).

Def.Variable:

Términos: VAR que están en lugar de nombres.

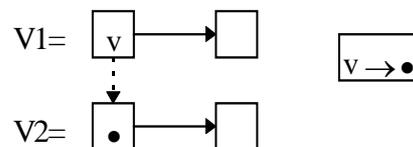
Ligadura: X/[nombre], o sea, VAR: X → [c1, c2, ...] (c_i = términos constantes),

de otra manera: ligadura = < X, c1 >, < X, c2 >, ...

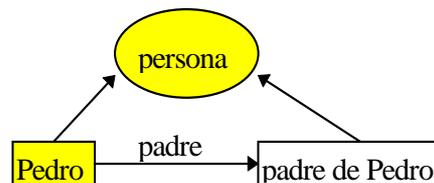
instancia = X/c1, X/c2, ...

Def.ligadura (matching con éxito):

Si un vector variable V1 empareja (matches) con un vector V2, entonces $\forall v, v \in V$, la etiqueta del nodo correspondiente a v en V2 es la ligadura de v:

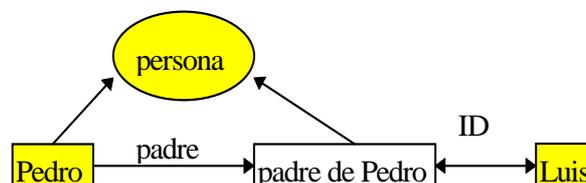
7. Los **Roles**.

A los individuos dependientes se los suele llamar roles, por ej., puede añadirse el rol padre al individuo Pedro en una red que contiene la información de que Pedro y su padre son personas (Notación de Thomason y Touretzky):

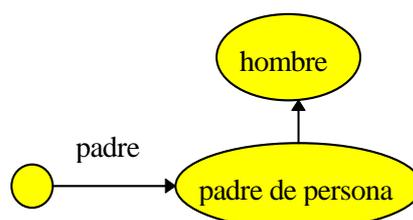


Los nodos individuales son cuadrados y los nodos de tipos son ovalados; los nodos independientes van rellenos y los dependientes (roles), en blanco. Los roles etiquetan flechas, no nodos.

El rol puede tener asociada una flecha de identidad: *padre_de(Pedro) = Luis*



Los roles también pueden ir asociados a tipos:



que significa que el rol *padre* está asociado al **tipo persona**, o sea, que la función parcial se define sobre todas las instancias de este tipo: *'cada persona tiene un padre'*.

8. Esta teoría de las Redes Semánticas coincide con la **Teoría lógica del Modus Ponens**: la Base de Reglas proporciona el condicional (**A**→**B**) y la Base de Hechos el antecedente (**A**), siendo **A** una conjunción de relaciones binarias (vectores) y **B** la relación nueva. La Base de Hechos, al contener sólo constantes, proporciona las **instancias** de las variables individuales de la Base de reglas.

Esta teoría posee, pues, las mismas propiedades metateóricas que la lógica de Primer Orden, especialmente la de Adecuación (ground).

9. Una ventaja adicional de esta Teoría es que resulta directamente programable en un **Lenguaje de Cláusulas** (un lenguaje de programación lógica, tipo Prolog, o de Base de Datos Deductiva, tipo Datalog), pudiendo servirse de su capacidad deductiva y de implementación.

10. Las leyes que rigen los objetos del **subgrafo perceptual** son las de la axiomática de **Lesniewski**, que es consistente pero no completa. El espacio de este subgrafo puede partirse siguiendo a Hendrix.

10.1. Distinción entre clases distributivas y clases colectivas (mereológicas)

a) Clases distributivas.

Def. **clase(a)** = ' la extensión de los objetos de **a**'

La palabra '*es*', en sentido distributivo, significa '*ser un elemento de la clase de*', o '*pertenece a la clase de*' ('∈', en el sentido de la Teoría de Conjuntos). Así, por ej., la proposición '*Sócrates es mortal*' significa lo mismo que '*Sócrates es un elemento (pertenece a) de la clase de los mortales*' o '*Sócrates pertenece a la denotación de "mortal"*'. Y '**A** ∈ **Kl(a)**' (en la terminología de Lesniewski) significa '*A es un elemento de la extensión de los objetos de a*', o sea, '*A es a*'. Y '*Sócrates es Kl(blanco)*' significa lo mismo que '*Sócrates es blanco*' o '*Sócrates es un elemento de la extensión de los objetos blancos*'.

Y la expresión '*clase de*' puede ser traducida sin afectar a su sentido lógico, o sea, que puede sustituirse por la extensión de los objetos de esa clase. Y lo mismo la palabra '*es*', en sentido distributivo, es un cuasi-funtor nominal, no real.

b) Clases colectivas.

El término '*clase colectiva*' es un **nombre real** (nombre propio), que no se puede reducir a un concepto lógico. Así, la expresión '*clase(a)*', en sentido colectivo, es un objeto realmente existente, que está compuesto de **todos los objetos del dominio de los objetos a**. Así, dado cualquier dominio de objetos **a**, su '*clase*' colectiva nos permite **obtener un objeto compuesto exactamente de los objetos que aparecen en el dominio**, es decir, de los objetos **a**. La condición indispensable para la existencia de un objeto '**kl(a)**' es que el dominio de objetos **a** sea no-vacío, i.e., que exista un objeto **a**. Los objetos de los que está compuesta la clase colectiva pueden ser disyuntos, por ej., en espacio o tiempo. Así, si existen ciertos objetos, por ej., algunos ladrillos, la '*clase de los ladrillos*', en sentido colectivo, es un objeto existente absolutamente real, compuesto de todos los ladrillos no importa dónde se encuentren. Y también, por ej., los libros que están en mi estantería en este momento constituyen un objeto que es la '*clase colectiva*' de todos los libros que están en mi estantería en este momento, estén o no en contacto físico unos con otros.

'*clase colectiva*' tiene las siguientes **propiedades**:

- 1) es única;
- 2) si es la clase de un solo objeto, es idéntica con este objeto;
- 3) la clase de una clase de objetos es idéntica con esta clase.

Por ej., para todo A, B, a , si A es $Kl(a)$ y B es $Kl(a)$, entonces $A=B$;
 $Kl(\text{Julio César}) = \text{Julio César}$; $Kl(Kl(\text{ladrillos}))=Kl(\text{ladrillos})$.

La definición del término:

T2: 'Kl' = 'clase colectiva':

$$[Aa] \{a \in A \wedge [\exists B](B \in a \wedge [B](A \in a \rightarrow B \in el(A))) \wedge [B]\{B \in el(A) \rightarrow [\exists CD](C \in a \wedge D \in el(C) \wedge D \in el(B))\} \equiv A \in Kl(a)\}$$

toma el siguiente significado. Si un objeto B es la clase colectiva construida con los objetos a (en caso extremo a sería B) y el objeto A es un elemento de B , entonces A no es necesario que sea uno de los objetos elementales a que forman la clase dada, i.e., el objeto B . En el ejemplo de los libros, consideremos sólo los libros que consten de páginas impresas, y supongamos que no haya páginas impresas excepto las que estén en libros. En este caso, B es la clase colectiva de **todos los libros** encontrados en mi estantería en este instante, y la misma B es también la clase colectiva de **todas las páginas impresas** encontradas en mi estantería en este instante. Así, la clase colectiva tiene la propiedad de que *para todo* A, a, b , si A es la $Kl(a)$ y A es la $Kl(b)$, entonces $Kl(a) = Kl(b)$. Pero no se sigue que los objetos a sean los mismos objetos b . De lo que se concluye que si un objeto A es un elemento de un objeto B , y un B es la clase colectiva de los objetos a , entonces A no es necesariamente un A . Así, si A es la clase de los libros encontrados en mi estantería en este instante y B es un elemento de A , entonces B no es necesariamente un libro, pues B podría ser, por ej., la quinta página de uno de esos libros o el objeto que sea la clase colectiva de todas las páginas ilustradas contenidas en los libros de mi estantería (supuesto que haya al menos una página ilustrada). En resumen, si B es un elemento del objeto A , entonces B puede ser cualquier pieza de A .

La **axiomática de Lesniewski** varía de primitivas según el año. La de 1916 se basa en el functor '**parte de**', y consta de 4 axiomas y de la definición de 'elemento' y 'clase' (la de 1920 utiliza como primitiva 'elemento' o 'clase'):

Notación:

Alfabeto:

VAR: A, B, \dots (variables individuales)

VAR: a, b, \dots (variables universales)

CONS: $V/\Delta, T/\perp, U/\emptyset$

(Objeto o clase universal/objeto no existente o clase nula, $A \in \perp = A \in A \wedge A \not\in A$)

FUNT: f, \dots (constantes: $Kl, el, pt, ov, extr, Sm, dscr, Cmpl$)

CONNECT: $\in, \cap, \cup :=$ (igualdad), $\neg, \wedge, \vee, \rightarrow (\supset), \leftrightarrow, \equiv$ (equivalencia) (jerarquía ascendente)

CUANT: $[VAR], \exists$ (precedencia izquierda-derecha, alcance desde paréntesis abierto cerrado)

SIGNOS PUNTUACIÓN: $() , [] , \cup , \{ \}$

Abreviaturas de funtores:

Kl = clase

el = elemento

pt = parte de

ov = overlap (solapamiento, tienen algún elemento en común)

$extr$ = exterior, fuera de

$dscr$ = discreto

Sm = suma

$Cmpl = 'A \in Cmpl(BC) = A'$: ' A es el complemento de B con respecto a C '.

Terminología:

$Kl(a)$ = ‘el conjunto de objetos a ’, ‘la clase de objetos a ’
 $A \in Kl(a)$ = ‘ A es el conjunto de todos los objetos a ’
 $el(A)$ = ‘elemento del conjunto A ’
 $B \in el(A)$ = ‘existe(n) tal(es) objeto(s) a que: $A \in Kl(a)$ y $B \in a$ ’

Axiomas

A1: transitividad de ‘parte de’

$$[ABC] \{A \in pt(B) \wedge B \in pt(C) \rightarrow A \in pt(C)\}$$

A2: el todo no es una de sus partes

(Si un objeto A es parte de un objeto B entonces el objeto B no es parte del objeto A)

$$[AB] \{A \in pt(B) \rightarrow B \in \neg pt(A)\}$$

En los 2 axiomas siguientes ocurren estos **términos**:

T1: ‘el’ = ‘elemento’

$$[AB] \{A \in A \wedge (A=B \vee A \in pt(B)) \equiv A \in el(B)\}$$

T2: ‘**Kl**’ = ‘clase colectiva’

$$[Aa] \{A \in A \wedge [\exists B](B \in a \wedge [B](A \in a \rightarrow B \in el(A))) \wedge [B]\{B \in el(A) \rightarrow [\exists CD](C \in a \wedge D \in el(C) \wedge D \in el(B))\} \equiv A \in Kl(a)\}$$

A3: la clase de las clases colectivas a es *única*

$$[ABa] \{A \in Kl(a) \wedge B \in Kl(a) \rightarrow (A=B)\}$$

A4: existe una clase a colectiva siempre que exista al menos un a

(Existe la clase de las a 's siempre que exista al menos un a , o sea, cada clase colectiva es *única* y *no vacía*) $[Aa] \{A \in a \rightarrow [\exists A] A \in Kl(a)\}$

Una de las consecuencias más notables de esta lógica es que, aunque dos clases colectivas sean iguales, no tienen por qué tener los mismos elementos, por ejemplo, si A es la clase de los libros de una estantería y B es un elemento de A , entonces B no es necesariamente un libro, pues B podría ser **la quinta página de uno de esos libros** o el objeto que sea la clase colectiva de todas las páginas ilustradas contenidas en los libros de esa estantería (supuesto que haya al menos una página ilustrada, pues una clase colectiva no puede ser vacía). Por ej., si la clase colectiva *Autonomías Españolas* consta de Cataluña, País Vasco, etc., o sea, $Kl(\text{Autonomías_españolas}) = \{\text{Cataluña, País Vasco, ...}\}$, podemos decir que Cataluña es un elemento de esta clase, pero no, por ej., Lleida o Bilbo. En resumen, si B es un elemento del objeto A , entonces B puede ser *cualquier pieza* de A . Además, el embotellamiento de clases colectivas, ($Kl(Kl(a))$), es la misma clase colectiva, por ej., $Kl(Kl(\text{ladrillos})) = Kl(\text{ladrillos})$, o sea, que una colección a 's es la misma cosa que una colección de colecciones de a 's, pero la converso no vale: una colección de a 's no es necesariamente idéntica a una a . Una prueba por inducción mostraría que si el número de a 's es n entonces el número de colecciones de a 's es $2^n - 1$.

Lesniewski probó que:

$$F1: [Aba] \{dscr(a) \wedge A \in a \wedge B \in a \wedge (A \neq B) \rightarrow a \propto cl(a)\} (\propto = \text{equinumericas})$$

‘si las a 's son discretas entre sí y si hay más a 's de una entonces las a 's son menos numerosas que las colecciones de a 's ‘

Catorce Tesis sobre las propiedades más características y elementales de los términos ‘clase’ y ‘elemento’ en sentido colectivo:

T1: $[a] [\exists A] \{A \in a \equiv A \in Kl(a)\}$

Si hay algunos objetos a , entonces existe la $Kl(a)$, y, conversamente, si la $Kl(a)$ existe, entonces hay algunos objetos a .

T2: $[Aba] \{A \in Kl(a) \wedge B \in Kl(a) \rightarrow (A=B)\}$

La $Kl(a)$ es única.

T3: $[A] \{A \in A \rightarrow (A=Kl(A))\}$

T4: $[AB] \{A \in Kl(B) \wedge B \in B \rightarrow (A=B)\}$

T5: $[Aa] \{A \in Kl(a) \equiv (A=Kl(a))\}$

T6: $[Aa] \{A \in Kl(a) \equiv (A \in Kl(Kl(a)))\}$

T7: $[Aab] \{A \in Kl(a) \wedge A \in Kl(b) \rightarrow (Kl(a) = Kl(b))\}$

T8: $[AB] \{A \in el(B) \equiv [\exists a](B \in Kl(a) \wedge A \in a)\}$

que es equivalente a:

$[AB] \{A \in el(B) \equiv [\exists a] (B \in Kl(a) \wedge A \in a)\}$

T9: $[Aa] \{A \in Kl(el(Kl(a))) \equiv A \in Kl(a)\}$

T10: $[A] \{A \in A \rightarrow A \in el(A)\}$

T11: $[ABC] \{A \in el(B) \wedge B \in el(C) \rightarrow (A \in el(C))\}$

T12: $[AB] \{A \in el(B) \rightarrow B \in B\}$

T13: $[AB] \{A \in el(B) \wedge B \in el(A) \rightarrow (A = B)\}$

T14: $[Aa] \{A \in Kl(a) \equiv \{A \in A \wedge [\exists B] B \in a \wedge [B] (B \in a \rightarrow B \in el(A)) \wedge [B] (B \in el(A) \rightarrow [\exists CD] (C \in a \wedge D \in el(C) \wedge D \in el(B)))\}$

En **1918 Lesniewski** redefinió los términos fundamentales en busca de nuevas axiomáticas:

T3: $[AB] \{ \neg(A=B) \wedge A \in el(B) \equiv A \in pt(B)\}$

T4: $[AB] \{ [\exists a] (B \in Kl(a) \wedge A \in a) \equiv A \in el(B)\}$

En **1920 Lesniewski** piensa en una axiomática con un solo functor primitivo: 'el' o 'Kl'

Se decide por 'el', como primitiva.

En **1930 J.F.Drewnowski** trata de simplificar la axiomática de Lesniewski utilizando como functor primitivo 'extr', que Lesniewski había probado en 1921 que servía como único functor primitivo.

T5: $A \text{ extr}(B) = \text{'A está fuera de B'}$ (A y B no tienen elementos en común)

$[AB] \{A \in A \wedge [\exists C] C \in el(B) \wedge [C] (C \in el(B) \rightarrow C \notin el(A)) \equiv A \in \text{extr}(B)\}$

Lesniewski probó que cada uno de los siguientes funtores puede ser primitivo:

T6: 'cl' = 'colección de a's' (la clase que consta de todas las a's)

$[Aa] \{A \in A \wedge [B] \{B \in el(A) \rightarrow [\exists CD] (C \in a \wedge C \in el(A) \wedge D \in el(C) \wedge D \in el(B))\} \equiv A \in cl(a)\}$

La clase de las a's consta de todas las a's. La definición T6 introduce el concepto de 'colección de a's'. Una colección de a's es un objeto que consta de un número de a's. A diferencia de la clase de las a's, una colección no necesita comprender todas las a's. El functor 'cl' es una de las constantes mereológicas fundamentales.

T7: 'A Compl(BC) = 'A es el complemento de B con respecto a C': 'Compl'

$[ABC] \{B \in el(C) \wedge A \in Kl(el(C) \cap \text{extr}(B)) \equiv A \in \text{Compl}(BC)\}$

O sea, A junto con B, que está fuera de A, forman un tercer objeto C, es decir, si de un objeto C separamos un objeto B, entonces la parte restante será A.

T8: 'A consta de 2 objetos B,C, uno de los cuales está fuera del otro'

$[ABC] \{A \in Kl(B \cup C) \wedge B \in \text{extr}(C) \equiv A \in B+C\}$

T9: 'A es la suma de las a's' = 'A ∈ Sm(a)': las a's son discretas entre sí y A es la clase de ellas: 'Sm'

$[Aa] \{A \in Kl(a) \wedge [BC] \{B \in a \wedge C \in a \rightarrow (B=C) \vee B \in \text{extr}(C)\} \equiv A \in \text{Sm}(a)\}$

Otros funtores primitivos.

En 1934 B.Sobocinski halló que puede ser primitivo el funtor definido por:

T10: 'dscr(a)' = 'las a's son discretas', 'las a's están unas fuera de oras'.

Es el funtor más débil de entre los que pueden ejercer de primitivos.

[a] \{[AB] \{A \in a \wedge B \in a \rightarrow (A=B) \vee A \in \text{extr}(B)\} \equiv \text{dscr}(a)\}

Tesis que caracterizan algunas propiedades de 'dscr':

B1: [AB] \{A \in A \wedge B \in B \wedge \neg(A=B) \wedge \text{dscr}(A \cup B) \equiv A \in \text{extr}(B)\}

T10 se sigue de B1

B2 [ab \{(a \rightarrow b) \wedge \text{dscr}(b) \rightarrow \text{dscr}(a)\}

B3: [a] \{\text{dscr}(\text{cl}(a)) \equiv [AB] \{A \in a \wedge B \in a \rightarrow (A=B)\}\}

B4: [ab] \{\text{dscr}(a) \wedge \text{dscr}(b) \wedge (\text{cl}(a) \leftrightarrow \text{cl}(b)) \rightarrow (a \leftrightarrow b)\}

Nota: 'a \leftrightarrow b' = '(a \rightarrow b) \wedge (b \rightarrow a)'

Una **Tesis**, por ej., será:

t11: A U = 'A es el Universo' (U = la clase colectiva de todas las cosas existentes)

C1: 'A es el Universo ssi cada cosa que está fuera es no existente'

[A] \{A \in U \equiv A \in A [a] \{(a \rightarrow \text{extr}(A)) \rightarrow (a \in A)\}\}

En 1946, **A.Grzegorzcyk** reconstruyó el funtor de Lesniewski 'extr' como primitivo. Y en 1954-1955, **C.Lejewski** dió otros axiomas únicos.

11. Hay que investigar las relaciones entre ambas lógicas dentro de la red semántica: la de conjuntos distributivos y la de conjuntos colectivos.

3b) Tipos de conocimiento considerados en el esquema.

Postulado:

*Hay tres tipos de conocimientos u objetos, dos 'abstractos' y uno 'perceptible'. El 'perceptible' se refiere a las imágenes, los abstractos se refieren a las clases de imágenes y a los conceptos sobre las clases de imágenes. Se diferencia el conocimiento 'físico' del 'conceptual', la relación IsaPart de la Ako. Podríamos llamarlos: **concepto, clase e imagen***

Una diferencia con las Redes Semánticas habituales está en que en estas el conocimiento 'físico' está mezclado con el 'conceptual', las relaciones y propiedades físicas aparecen entre las demás, y, sobre todo, la relación IsaPart va entre las relaciones Ako, sin embargo la relación Todo-Parte es diferente de la relación de inclusión conjuntista y exige un 'conocimiento semántico' del objeto que se está partiendo (o sea, que es menos abstracta). Ciertamente -como en el ejemplo del carnicero de Platón, citado más arriba- es necesario tener la idea de las 'partes formales' de un objeto para reconocer las 'partes físicas', pero las 'partes físicas' lo son por la experiencia, es decir, tienen que tener también unas fronteras físicas que sirvan de discriminación. Y siempre hay algunas partes que distingue cualquiera que haya visto la cosa a la que se refiere la imagen, sino no entendería la imagen, ni tal vez la vería siquiera: hay una mínima interpretación que permite entender la imagen. Por eso los ciegos de nacimiento a quienes se les repararon sus ojos, de inmediato no entienden lo que ven: les falta la semántica de las imágenes, tienen que aprender a ver. De hecho, esto es precisamente lo que pregunta quien ve un cuadro que no entiende ("¿y ésto qué es?"), por eso muchos pintores - para evitar esa frustración- le ponen un nombre a sus cuadros aún cuando sea arbitrario (saben de qué impresiones proviene pero no qué objeto representa); también por eso los pintores suelen pintar series de cuadros, no cuadros aislados.

Además esta red contiene su propio método de construcción y sus entidades están tratadas como conocimiento internamente estructurado, siguiendo el propio proceso natural del conocimiento. De las imágenes se construyen las clases y, de éstas, los conceptos, retroalimentándose.

El esquema de representación tiene que recoger los 3 tipos de conocimiento:

1. El **Subgrafo 'físico'** o **'perceptivo'**: La imagen total y sus partes y relaciones entre ellas, así como sus propiedades perceptibles o 'cuantificables'. Sus nodos de su esqueleto (objetos) corresponden a imágenes, por tanto son **constantes**. Una imagen aquí representa exactamente un objeto individual (se la nombra con un nombre propio).

2. El **Subgrafo de 'clases de partes'**: las partes formales son las clases a las que pertenecen las 'partes físicas' en las que se partió la imagen, de modo que cada parte de la imagen tendrá respectivamente una clase de la que es ejemplar en este subgrafo. Este modo de proceder permite decidir cuál va a ser el *mínimo de clases* de objetos individuales que va a tener el subgrafo, y, por tanto, evitar su multiplicación innecesaria, y el problema de decidir cuáles son las clases útiles (problema sin solución formal), y así no habrá clases vacías.

3. El **Subgrafo 'conceptual'**: los conceptos correspondientes a las superclases de clase que clasifica a la imagen total y sus partes, así como sus propiedades y relaciones. Sus nodos corresponden a conceptos.

Los tres subgrafos se construyen siguiendo el análisis progresivo natural del conocimiento envuelto en las imágenes: **subgrafo físico**, **subgrafo de clases de partes** y **subgrafo de conceptos**. También reflejan los grados de abstracción (concreción) y generalización (especialización) del proceso.

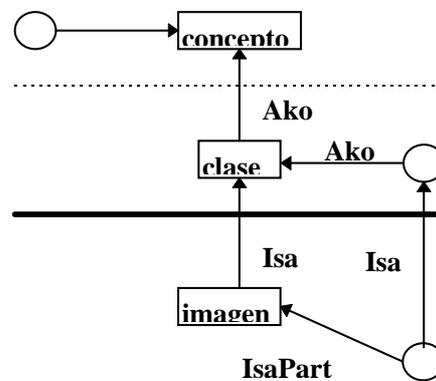


Fig.6a. Esquema global

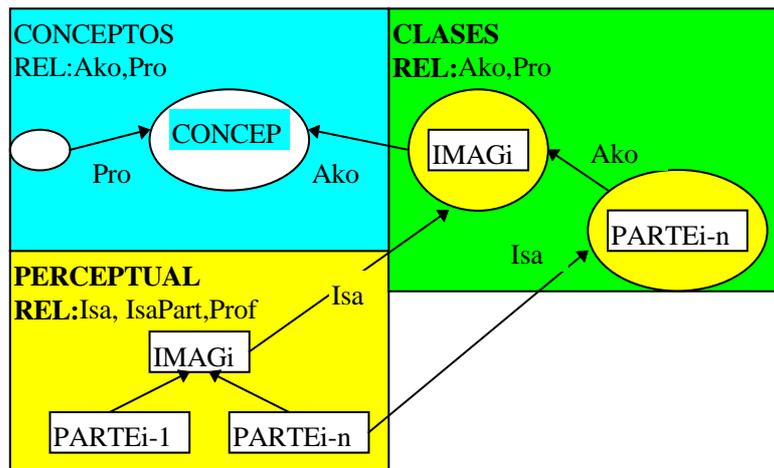


Fig.6b. Esquema del grafo de representación

3c) Descripción y explicación del grafo.

El grafo se construye comenzando por el nivel de clasificación de las llamadas imágenes totales en clases, por ejemplo la imagen de la catedral de Oviedo (puede tener asociadas distintas vistas, como si se la rodeara filmando un vídeo), la de Burgos, etc. en la clase Catedral, y así para cualquier otra imagen total.

La **imagen total** viene a ser la imagen **prototípica** de un objeto, y podría consistir en un conjunto de imágenes que completen la visión global de la cosa; en el caso máximo sería una secuencia de vídeo (fotogramas), y, en el mínimo, una imagen prototípica que dé pie aun script de situaciones-imágenes. En todo caso, cada imagen es un objeto físico único.

El nivel de clasificación también tiene un caso mínimo, inicial, que es el de **una sola imagen prototípica** clasificada dentro de su clase (por ejemplo, catedral de Oviedo dentro de catedral). Digo que es inicial en el sentido que decimos "ponme un ejemplo del concepto", y buscamos el mejor ejemplo que conocemos en el entorno cultural del interlocutor. A veces esa imagen existe fijada por un artista, y todo el mundo la reconoce, pero también puede haber diversas vistas según las características del usuario (un arquitecto, un niño de siete años, etc.) o el punto de vista de lo que se quiere enseñar (arquitectura, mecánica, etc.). Un caso muy útil para ciertos propósitos es cuando se presenta un dibujo-esquema o maqueta que reproduce los elementos esenciales de la cosa (por ejemplo, las maquetas de barcos, de la Catedral de Oviedo, etc.). Esta circunstancia ya fué explotada en la antigüedad, especialmente por **Comenius** en el s.XVII y, en el XVIII, por la Gran Enciclopedia Francesa de Diderot y D'Alembert.

La relación entre la llamada imagen total y la clase bajo la que cae es **Isa**, o sea, la *pertenencia o membresía conjuntista* ('ser un miembro de'), y se da -como es sabido- entre individuos y conjuntos o clases. Hago estas advertencias triviales porque en la literatura sobre Redes Semánticas y Bases de Datos muchas veces sólo se utiliza Isa, sin distinguir entre pertenencia e inclusión conjuntista ni lógica, quizás también por la confusión entre condicional material e implicación formal (Brachman ha llamado la atención sobre múltiples confusiones formales en las redes semánticas). Esta ambigüedad es frecuente además en la literatura sobre Bases de Datos Relacionales.

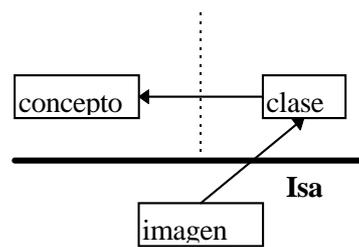


Fig. 7. Relación de pertenencia Isa

La raya horizontal separa el universo de objetos físicos del universo de objetos conceptuales

El Subgrafo Perceptual contiene Objetos-imágenes y su relación con el de Clases es la de Objeto y Clase, que pueden tener cardinalidad.

Hacia arriba sigue el **Subgrafo de Clases** y el Subgrafo Conceptual y el esqueleto de relaciones básicas (que son las que propagan la herencia de las propiedades que tienen las clases y los conceptos) son relaciones **Ako**, o de inclusión conjuntista. También habrá relaciones **Pro**, que asignan propiedades a las clases y a los conceptos. El grafo suele ser un árbol, así que tendrá un nodo origen, el Superconcepto de todos los conceptos del Grafo Conceptual, y máximo grado de generalización. El recorrido hacia arriba representa, pues, la operación de **generalización** y hacia abajo la **particularización; abstracción y concreción**: relaciones GEN-SPEC

Si los conceptos del grafo provienen de **reglas de producción** (condicionales) -lo cual es muy frecuente-, entonces el superconcepto sólo aparecerá en la *parte acción* de las reglas. Simétricamente, los conceptos mínimos (los que clasifican a los individuos), sólo aparecerán en la *parte condición* de las reglas. Los demás conceptos estarán entre estas dos cotas de la jerarquía. El árbol puede balancearse para que forme una pirámide. El nivel de profundidad dependerá del grado de enseñanza que se quiera impartir, es decir, del usuario.

Nota: *Sobre las relaciones entre reglas de producción y redes semánticas me remito a mi seminario en la Facultad de Informática de la Universidad de las Palmas, en 1992.*

Debajo del nodo llamado 'imagen' (el individuo imagen global) están los nodos, cuyo esqueleto establece la relación **IsaPart**, pero también existirán las relaciones **Prof** (relaciones o propiedades 'físicas', como por ejemplo, 'estar a la izquierda de', 'estar sobre', 'medir 2 metros', 'ser de piedra caliza', etc. Este conjunto de nodos constituye el denominado Grafo Físico o Perceptivo, que también está jerarquizado, proporcionando la reconstrucción de la imagen global y sus particiones a partir de sus partes: relaciones TODO-PARTE. De esta manera se puede ir subiendo por la jerarquía de partes nivel a nivel, lo cual es un buen procedimiento de aprendizaje; componer un objeto imagen a partir de sus partes supone conocer su posición y alguna de sus funciones.

El Grafo Físico puede desarrollarse siguiendo las investigaciones de **NALIG**, (ver, por ejemplo, Understanding scene descriptions by integrating different sources of knowledge, F.Giunchiglia, Int. J. Man-Machine Studies, 1992, 37, pp.47-81). Las investigaciones de este grupo comenzaron en Padua hacia el año 84 y continuaron en Edimburgo. Mi planteamiento ha sido totalmente independiente y tiene una orientación hacia la enseñanza, pero podría utilizar algunos de sus resultados. Este grupo considera varias relaciones espaciales, por ejemplo distintos tipos de contacto, cercanía, además de izquierda, etc., y ser parte de. También

utilizan para la representación flechas continuas y varios tipos de discontinuas. El objetivo es más bien el inverso del mío: dibujar prototipos a partir de descripciones en lenguaje natural.

El **Grafo de Partes Formales** o **Clases de Partes** (que aparece en medio de la Fig. 6) se enlaza con el Grafo Conceptual desde el concepto en el que cae la imagen global, por lo tanto es un tipo de este concepto relacionado por Ako. El grafo mínimo se corresponde con las partes de la imagen global, o sea que su esqueleto es el mismo que el proporcionado por IsaPart. Su interés está en que permite tratar las partes como clases de partes (o conceptos) al asignarles propiedades o describir características, y, a su vez, permite clasificar las partes de distintos objetos imágenes con partes comunes, es decir, puede filtrar las partes comunes de distintos objetos. Así, podríamos preguntar "¿en qué se parece una catedral de Oviedo a la de Burgos?". Como es evidente, esta posibilidad facilita la distinción entre partes esenciales y partes accidentales (y otras) para encontrar la 'esencia' de un concepto o su definición.

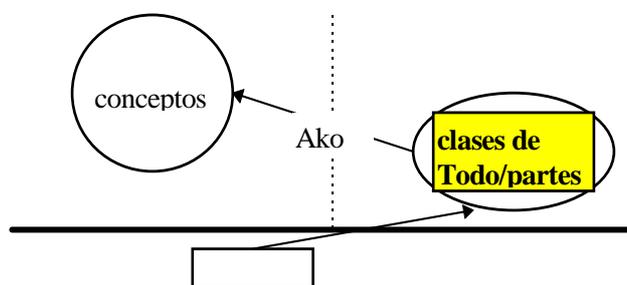


Fig. 8. Enlace del Grafo de Partes Formales

Clases y Categorías

Una categoría es una clase objetos, que pertenecen a ella conjuntamente y comparten ciertas propiedades. ¿Cómo llenamos de objetos las categorías? ¿Cuáles son las características de las categorías y para qué sirven?

1) Codificamos la experiencia por medio de categorías, estructuradas en taxonomías (una jerarquía de objetos situados en niveles sucesivos).

2) Las categorías facilitan inferencias inductivas: es improbable que una nueva creencia sea falsa si la vieja es verdadera. La categorización de objeto permite inferencias inductivas sobre él. Tanto los mayores como los niños, solemos utilizar más la membrecía entre objetos que la similitud.

Las categorías básicas y subordinadas ofrecen más inferencias que las superordenadas, y las de tipo natural más que las artificiales. En general, **las categorías facilitan más inferencias que las clases que no sean categorías.**

3) Similitud dentro de las categorías.

Dentro de unos límites, los miembros de una categoría tienden a ser físicamente similares, y, disimilares, los de las categorías en contraste. En general, se aplica el principio de **maximizar** la similitud **dentro** de una categoría, y **minimizar entre** categorías, pero los miembros de un nivel jerárquico más alto dentro de una categoría no necesitan parecerse unos a otros, al contrario de los niveles bajos.

La característica de similitud no se aplica a las clases que no forman categorías. De ahí que la similitud constituya una guía para categorizar.

Se propusieron diversos planteamientos para **medir la similitud.**

a) El enfoque **geométrico** funciona bien en la representación de objetos perceptivos.

Los objetos (items) se representan como puntos en cierto espacio, de modo que la distancia métrica entre dos puntos corresponde a la disimilitud entre los dos ítems.

Axiomas métricos:

Existe una función **d**, que asigna a cada par de puntos un número no negativo, su **distancia**, siguiendo los tres axiomas:

a1) Minimalidad: $d(a,b) \geq d(a,a) = d(b,b) = \emptyset$

expresa que la distancia entre cualquier ítem y sí mismo es idéntica para todos los ítems, y es la mínima posible.

a2) Simetría: $d(a,b) = d(b,a)$

expresa que la distancia entre dos ítems es la misma tanto si partimos de un ítem como del otro.

a3) Desigualdad triangular: $d(a,b) + d(b,c) \geq d(a,c)$

expresa que la distancia más corta entre dos puntos es la línea recta.

b) El enfoque de la similitud **por características** suele aplicarse a los ítems que representan un conjunto de características discretas: 'verde', 'redondo', 'pesado', etc. Supone que la similitud entre dos ítems crece en función de las características que tienen en común, pero decrece en función de las que difieren. La versión más extendida es el modelo de contraste de Tversky (1977):

La similitud entre el conjunto de características que caracterizan el ítem **i** (etiquetado **I**) y el conjunto que caracteriza el ítem **j** (etiquetado **J**) se expresa:

b1) $\text{Sim}(\mathbf{I}, \mathbf{J}) = a\mathbf{f}(\mathbf{I} \cap \mathbf{J}) - b\mathbf{f}(\mathbf{I} - \mathbf{J}) - c\mathbf{f}(\mathbf{J} - \mathbf{I})$

donde $\mathbf{I} \cap \mathbf{J}$ designa el conjunto de características comunes a los dos ítems; $\mathbf{I} - \mathbf{J}$ designa el conjunto de características distintas al ítem **j**; **f** es una función que mide el despegue de cada conjunto de características, y **a, b, c** son parámetros que determinan la contribución relativa de cada uno de los tres conjuntos de características.

4. Relación con la orientación a objetos.

Capas del análisis:

1) Clase/Objeto

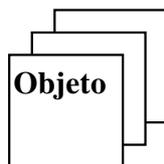
2) Estructura, por ej., Gen-Espec, Todo-Parte, herencia, etc.

3) Atributos.

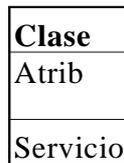
4) Servicios: mensaje y comportamiento de los objetos (servicios y métodos o procedimientos).

Se distinguen entre:

a) **Objetos**. Notación de Objetos:



b) **Clases**. Notación de Clases:



c) **Clase&Objeto** (clase&instancia). Notación Clase&Objeto:



Los objetos siempre ocurren en Clases

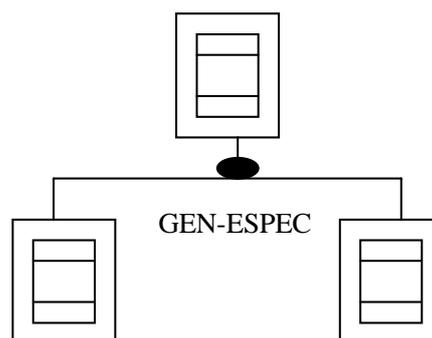
d) **Todo&Parte** (módulos). Notación Todo&Parte:



Las Partes siempre ocurren en Todos

Relaciones (estructuras)

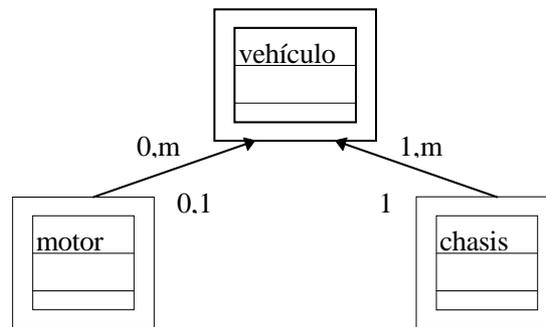
1) La relación **GEN-ESPEC** (Ako/Isa) se denota:



2) La relación **Parte-Todo** entre los objetos del Subgrafo Perceptual puede tener **cardinalidad**:

- a) 0,m (cero y más)
- b) 0,1 (cero y 1 a lo sumo)
- c) 1,m (exactamente 1 y más de 1)

Por ej.,



(0,m): Un vehículo puede no tener motor (0), o 1 o más motores (m).

(0,1): Un motor puede no ser parte de un vehículo (0), o sólo 1 vehículo (1).

(1,m): Un vehículo puede tener 1 (1) o más chasis (m), pero no menos de 1.

(1): Un chasis está siempre relacionado con 1 solo vehículo.

Servicios.

a) **Mensajes** (llamadas de computación): son entendidos por todas las instancias de las clases y por los módulos (Todo&Parte). El conjunto de mensajes que un objeto entiende define su interfaz (i.e., todas las formas posibles de referirse al objeto). Cada mensaje lleva asociado un método (procedimiento) que realiza las computaciones necesarias para responder al mensaje. Los mensajes (y los métodos utilizados para responderlos) se heredan de clase a clase.

b) **Métodos** (procedimientos): comunes a todos los objetos de una clase y a los módulos.

c) Variables de clases: sus valores son comunes a todos los objetos de la clase o a las partes de un módulo.

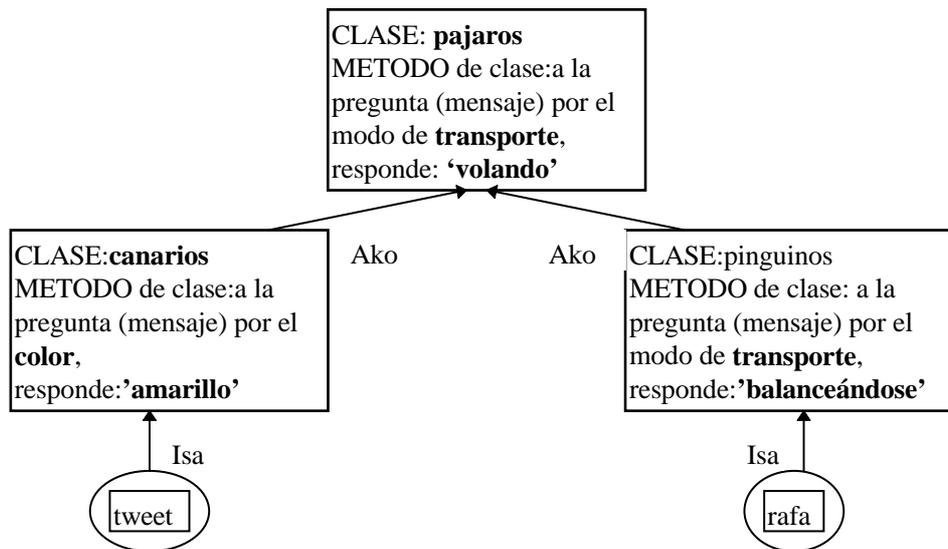
d) Variables de instancias (como los *slots* de los *frames*): su **valor es único** para un objeto particular o una parte.

La herencia.

La herencia de mensajes entre clases procede así:

si se envía un mensaje a una instancia de una clase, y el mensaje no está definido para esta clase, se pasa a la superclase de esta clase (i.e., a la clase superior en la jerarquía). De esta manera, una clase hereda todos los mensajes definidos en su superclase o encima de ella. Si en una clase se redefine un mensaje heredado -definición local- se superpone sobre la definición heredada de esta clase. Cuando cada nodo tiene un solo padre, se llama herencia **simple**. Por ej.:

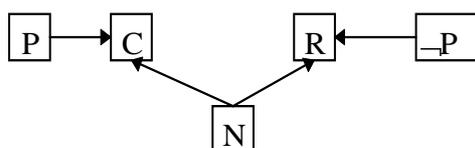
si se envía un mensaje a un objeto 'rafa' preguntando por el modo de transporte, lo maneja un método de la clase 'pingüinos', y devuelve la respuesta 'balanceándose'. Pero si envía el mismo mensaje al objeto 'tweety', no hay ningún método de la clase 'canarios' que pueda manejar ese mensaje, por tanto se pasa a 'pájaros', la superclase de 'canarios'. Un método de la clase 'pájaros' maneja el mensaje, y responde 'volando'.



El problema de herencia puede formularse como una forma de razonar que lleva a inferir propiedades de un objeto a partir de las propiedades de sus antepasados, o sea, dado un objeto, **O**, hallar sus propiedades o atributos, **A**, y valores, **V**: (**O**,**A**,**V**).

El problema inverso es el **reconocimiento o identificación**: dado un atributo o propiedad y un valor, hallar el objeto que los posee: (**O**,**A**,**V**). Es el que se manifiesta en el juego en que uno piensa un objeto y el otro pregunta inquiriendo sus propiedades, que el primero certifica con un 'sí' o 'no'. Es una forma de pattern-matching, con un pattern-objetivo y un pattern-entrada.

Cuando algún nodo tiene más de un padre, se denomina herencia **múltiple**. En este caso, hay que evitar herencia de propiedades contradictorias que llevan a la inconsistencia del razonamiento. Una manera de superar este obstáculo es primar unas propiedades sobre otras, una herencia sobre otra. Por ej.:



'Los cuáqueros son pacifistas'
'Los republicanos son no-pacifistas'
'Nixon era cuáquero' y 'Nixon era republicano'

5.- El objeto texto y el objeto voz.

Una de las razones del posible interés de mi planteamiento es que destina a cada uno de los objetos (imagen, texto, voz) **una función propia dentro del sistema**. Ya hemos esbozado el papel fundamental para el proceso de aprender conocimientos de una manera casi socrática, intuitiva y basada en la experiencia ("no hay nada en el entendimiento que primero no haya pasado por los sentidos"): todo el mundo **ve cosas** y ello presupone que ve alguna de sus partes (puesto que no existe todo sin partes), y también se presupone que todos tenemos alguna idea de los conceptos que median en los procesos de partición, aunque sólo sea por analogía (por ejemplo, catedral/casa, lobo/perro, etc.). La imagen se utiliza aquí, pues, como

vehículo de conocimiento, tanto en lo que respecta a los contenidos como a ciertos procesos de discriminación y abstracción. Imaginemos un diálogo, que me recuerda a P.Lorenzen: "¡Mira, papá, una gallina! ¡No, hijo, no es una gallina! ¡Uhhh! ¿Entonces qué es eso? ¡Un pato! ¿Por qué?...". Hay que aprender a discriminar una cosa que *parece* una gallina de este ave de corral. Pero hay que señalar que los babilonios no supieron hacer ladrillos regulares hasta que no adquirieron la idea de molde, es decir, la figura de cubo.

Hay que asignar al **objeto texto** un papel específico, ¿cuál? **Nombrar objetos**. Además hay que incluir en lo que denomino texto los lenguajes simbólicos (distintos del lenguaje natural), como por ejemplo las leyes matemáticas o físicas. Resulta prácticamente ininteligible una ley matemática expresada en enunciados del lenguaje natural, sea este escrito o hablado. Seguramente sólo un ciego podría entenderla. Conviene, pues, para identificar los objetos-imágenes, ponerles un nombre, una etiqueta. De hecho, nosotros, en la vida cotidiana, damos nombres propios a las cosas que nos interesan, así las individualizamos. Aún así, conviene pasar por el proceso fundamental de nombrar objetos describiéndolos antes por medio de descripciones o roles, que en la lógica también se llaman funtores. Por ejemplo, "lo que está a la izquierda del cubo rojo", o, como decimos en Asturias, "el fiu de Pin de la Quinta". Este proceso muestra el fundamento de los nombres propios y ciertas características de ellos, y es la base del proceso de abstracción. Pero, cuando el objeto es muy conocido, o conceptual, no tiene sentido utilizar una descripción, sino su nombre. Cuando disponemos de la imagen de la cosa, utilizamos esta imagen en lugar de ella presentándola cuantas veces sea necesario, pero cuando es un concepto (y no queremos utilizar su nombre) sólo podemos recurrir a sus características o definición, lo cual frecuentemente complica el aprendizaje. Otra cosa es que el sistema pueda tomar en cuenta los conceptos relacionados con uno determinado.

Según ya indiqué, al **objeto voz** se le asigna el papel de **reforzar** verdades ya conocidas, transmitir mandatos, dar mensajes generales o explicaciones causales, y, sobre todo, para dar al usuario instrucciones de control, o centrar la atención sobre un objeto o acción. Por ejemplo, "¡Tienes que elegir una respuesta, no dos!", o "¡Ya es suficiente!", o "¡Eso no puede ser una catedral!" (cuando se pide pinchar o nombrar una gallina), o "¡Pincha el botón rojo si quieres saber la respuesta!", o "¡Has acertado!", etc. Es evidente que los sonidos onomatopéyicos o musicales ayudan a identificar objetos, crear un clima, mantener la atención, agradar y hasta informar. El sonido tiene, por tanto, mas bien una función retórica o de refuerzo de la atención, de orientación o **ayuda al usuario**. La **ayuda** se proporcionará dosificada en el momento que el usuario la necesite.

Las imágenes fijas

Presentan los objetos individuales del grafo perceptual que intervendrán en los procesos y se usarán en las tareas. Cada uno va acompañado de su etiqueta textual, que lo nombra, y del nombre del proceso en que interviene. Formarán parte de las animaciones y secuencias de vídeo. Constituyen la primera fase del aprendizaje: identificación de objetos.

Las animaciones y secuencias de vídeo

a) Las animaciones representan lo esencial de los **procesos** y las funciones de los objetos: modelado de procesos (envuelven **verbos**). Y pueden provenir de secuencias de vídeo filtrando 'el ruido' de los fotogramas, o sea, reduciéndolos a los objetos fundamentales y sus relaciones.

b) Las secuencias de vídeo sustituyen los procesos reales. Sirven para mostrar el entorno **real** de los objetos (y sus funciones).

Ambas suelen llevar asociada la voz que describe el proceso y sus sonidos.

Constituyen la segunda fase de aprendizaje: las funciones o procesos.

6.- El lenguaje natural.

El tratamiento del lenguaje natural está estrechamente vinculado al conocimiento contenido en el grafo de representación, y, por tanto, a las **etiquetas** de este, pero también al **método pedagógico** impuesto y a la inducción/deducción.

Como es sabido, un **diálogo** en lenguaje natural está muy afectado por el **conocimiento que un interlocutor tiene del otro** y por el **contexto o entorno** donde el diálogo tiene lugar. Lo primero está aquí proporcionado por el **modelo del usuario** y, lo segundo, por el '**paisaje o dominio de imágenes**'. Las redes semánticas facilitan la capacidad de **deducción** que el diálogo necesita.

Tanto en las redes semánticas como en los frames o scripts para que el diálogo entre el sistema y el usuario sea posible, es necesaria una **situación o dominio específicos**. El diálogo se basa en preguntas-respuestas, pero además el sistema tiene que fijar el objetivo de cada pregunta (goals) y el tipo de información necesaria, incluso **demandando información** al usuario, lo cual exige una actitud cooperativa por parte de este (M.Nagao).

Las etiquetas.

Las etiquetas nombran los objetos básicos y sus relaciones: **imágenes o partes de imágenes** (que son las cosas individuales acerca de las que versa el conocimiento y se dialoga, **las relaciones** entre las partes de las imágenes, **los conceptos y las clases** a las que las imágenes pertenecen, **las relaciones entre esos conceptos y clases**, y **las propiedades** de todos los objetos.

El análisis de las imágenes es similar a los **scripts** de las **Dependencias Conceptuales de Shank** (grupo de Yale). Está dirigido por el conocimiento experto del objeto que se analiza y las **acciones primitivas** que se pretenden realizar sobre él.

Desde el punto de vista cognitivo el sistema se puede entender de modo computacional como un **Sistema de Producciones** como el de **J. R. Anderson (PUPS**, que proviene de **ACT***), donde la Red Básica opera como memoria de trabajo y el aprendizaje se realiza por inducción (generalización y discriminación), analogía e inferencia causal.

Ya he señalado que las Redes Semánticas y las Reglas de Producción son equivalentes, con la diferencia de que, en las primeras, el **conocimiento está distribuido** y funciona la ley de la herencia, comportando, pues, una Base de Hechos *comprimida* (respecto a los hechos relevantes) que deja a la Base de Reglas todo el **conocimiento deducible**. Existen procedimientos para podar las redundancias y ciertas incoherencias.

Así, pues, el diálogo sigue los procedimientos de recorrido del grafo y sus deducciones. Y una **gramática de estructura de casos** (case-frame grammar, Fahlman) compone y analiza las frases sencillas en función de su conocimiento de la situación (paisaje de imágenes). La semántica superficial la proporcionan las imágenes y la interpretación espontánea del usuario: explota la semántica inmediata de las imágenes correspondiente al sentido de las proposiciones que surgen de esa interpretación.

7.- El método pedagógico.

La pedagogía, aquí, es fundamentalmente **socrática** apoyándose en la percepción inmediata que el usuario tiene de las imágenes, del escenario que éstas proporcionan, y del proceso que lo lleva de lo concreto a lo abstracto, de las cosas a los conceptos, y de lo

particular a lo general. Con la abstracción se aprende a construir descripciones del objeto menos detalladas; con la generalización se extiende el objeto a otros objetos. Se trata de ir dirigiendo al usuario flexiblemente hacia el conocimiento que envuelve las imágenes a través del análisis preestablecido y su recomposición: seguir el proceso de **análisis** y luego explotarla para comprobar la **síntesis**. La **evaluación** del conocimiento adquirido se basa en la capacidad de síntesis, de recomponer las imágenes por medio de lo aprendido. Los conceptos necesitan la comprensión de las características y de las funciones que cumplen las partes de las imágenes cuando se van agrupando para componer el todo, por tanto se trata de entender el por qué de las relaciones.

El **aprendizaje analítico** es fundamentalmente deductivo y trata de dirigir de un modo eficaz el conocimiento del usuario hacia un objetivo. El **aprendizaje sintético**, que es el que verdaderamente acrecienta el conocimiento del usuario, es mas bien inductivo y analógico (Michalski). Se trata aquí principalmente de un **aprendizaje sintético por ejemplos**.

La evaluación de lo aprendido.

Constituye un modulo especial de los TI. Mide el grado de asimilación de los objetivos alcanzado por el usuario, tanto los globales como los parciales. Normalmente se diseña aplicando el método top-down: qué conocimiento de la BC ha adquirido el usuario. Así, pues, este módulo está directamente ligado al de conocimiento (jerarquizado) y al pedagógico.

Suelen utilizarse test y puzzles. Las fases fundamentales son:

- a) Identificar objetos y sus funciones dentro de una imagen;
- b) Ordenar los objetos que participan en los procesos.

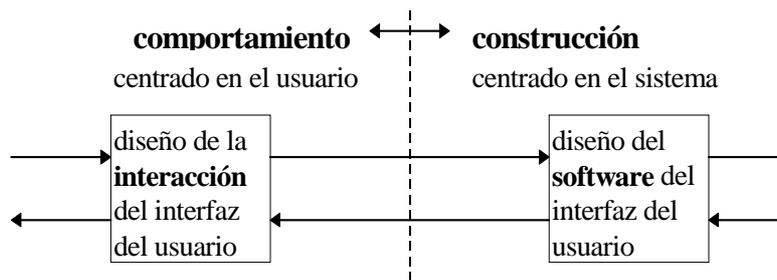
8.- La inducción.

La inducción se realiza principalmente sobre el **subgrafo perceptual**, que es **analizado** como si se tratara de un script de imágenes. Desde éste se generaliza (se amplía el conjunto de referencia) y abstrae (se reducen las descripciones del conjunto de referencia). La generalización (y especialización) se realiza mas bien a través del subgrafo conceptual por medio de la **deducción y la analogía**, siguiendo un proceso **sintético**. Las **clases** pueden almacenarse y tratarse con las operaciones del álgebra relacional, lo que va a facilitar el diálogo (recuperación), como un sistema pregunta-respuesta, tipo SQL.

9.- El Interfaz.

Hay que estudiar el comportamiento del usuario para diseñar la interacción: las acciones del usuario, el feedback, el aspecto de la pantalla, las tareas del usuario, la funcionalidad, la secuenciación, el contenido, el acceso a la información, los objetos del interfaz, la disposición de la pantalla, los estilos de interacción. Luego se procede a diseñar las especificaciones del software de implementación.

Para ello conviene disponer de un lenguaje de interfaz, tipo UAN (User Action Notation, Hartson, Siochi y Hix, 1990), que permita describirlo. Este lenguaje está orientado al usuario y a las tareas que describen el comportamiento físico del usuario dentro del interfaz.



La descripción de las tareas se realiza utilizando cajas con las columnas especificadas de este modo:

| | | |
|--|-----------------------|-----------------|
| TAREA: <i>seleccionar fichero</i> | | |
| ACCIONES DEL | FEEDBACK DEL INTERFAZ | ESTADO DEL |
| ~[file icon'] Mv | file icon ! | selected = file |
| M^ | | |

Por ejemplo, la TAREA puede ser '*seleccionar un fichero*' contiene las siguientes operaciones: 1) Mover el cursor hasta el contexto del icono de fichero;

2) Presionar el botón izquierdo del ratón y el icono se iluminará, y soltar.

que se describirán simbólicamente en las casillas inferiores:

1') ~ [file icon];

2') Mv^

donde “~” = “mover el cursor”; “[]” = “contexto del objeto:destino de la acción de mover el cursor”; “M” = “Mouse”; “v” = “presionar”; “^” = “soltar”; “!” = “iluminación”; “ ‘ ” = “objeto específico”

10.- Conclusiones.

Actualmente no existe ninguna teoría firme que dirija la construcción de un método para la realización de aplicaciones multimedia (especialmente en enseñanza), es decir, la integración coherente de imagen, texto y sonido. Mi propuesta, siguiendo la teoría de Tutores Inteligentes (un tipo especializado de sistemas expertos), propone un método de representación del conocimiento integrado de los objetos multimedia, basado en la extensión y adaptación de las redes semánticas. La inclusión de conjuntos colectivos en el subgrafo inicial 'perceptivo' de la red lleva a tratar el análisis y almacenamiento de las imágenes como conocimiento, y lleva a la reformulación de las bases de datos relacionales (fundamentadas en el álgebra relacional sobre conjuntos distributivos) y la ley de la herencia sobre la relación parte. Ello significa poder gestionar objetos a partir de la información almacenada sobre imágenes. Este método profundiza en la representación del conocimiento con imágenes, en el diseño de interfaces y sirve de guía eficaz para la construcción de aplicaciones multimedia (tutores, monitorización, etc.).

11.- Referencias

- Adorni, G. et al. (1984). **From description to images: what reasoning in between?** Elsevier.
- Anderson, J. R. et alii (1990). Cognitive Modeling and Intelligent Tutoring. En **AI and learning environments** (eds. W. J. Clancey and E. Soloway), MIT/Elsevier.
- Anderson, J. R. (1987). *Productions Systems, learning, and tutoring*. En **Production System Models of learning & Development** (eds. D. Klahr, P. Langley and R. Neches), Cambridge, MA: MIT Press.
- Barlow, H. et al. (eds.) (1994). **Imagen y conocimiento**. Barcelona: De. Drakontos (Grijalbo-Mondadori).
- Brugos, J.A.L., (1992). Notas del seminario **Redes semánticas y programación lógica**. Facultad de Informática de la Universidad de las Palmas, 29-30 Abril, 1992.
- Corte, B. y Brugos, J.A.L., (1993). **MULTIRES, Proyecto de investigación de Doctorado**. AIC de la Universidad de Oviedo, 1993.
- Dede, Ch., (1986). A review and synthesis of recent research in intelligent computer-assisted instruction. **Int. J. Man-Machine Studies**, **24**, 329 - 353.
- Engelbart, D., (1963). A conceptual framework for the augmentation of man's intellect. En P.D. Howeron and D.C. Weeks (eds.), **Vistas in information Handling**, vol.1, Washington: D.C., Spartan Books.
- FGCS, (1993). **Conference Tokyo 1992**. Vol. 9, n. 2, July.
- Giunchiglia, F., (1992). Understanding scene descriptions by integrating different sources of knowledge. **Int. J. Man-Machine Studies**, **37**, 47-81.
- Hartson, H.R. & Siochi, A.C. & Hix, D (1990). The UAN User-Oriented Representation for direct manipulation Interface Design. **ACM Transactions on Information Systems**, **8(3)**, 181-203.
- Hendrix, G., (1979). Encoding knowledge in partitioned networks. En **Associative networks: representation and use of knowledge by computers**, (de. Findler), N.Y.: Academic Press.
- Hix, D. & Hartson, H.R. (1993), **Developing user interfaces**. De. Wiley.
- Jacobs, P.S. & Rau, L.F., (1985). ACE: Associating language with meaning. En **Advances in AI**, (de. T.O'Sea), North-Holland.
- Jacobs, P.S., (1987). Knowledge intensive natural language generation. **AI**, **33(3)**, 325-378.
- Jacobs, P.S., (1991). Integrating language and meaning in structured inheritance networks. En **Principles of Semantic Networks**, (de. J.E.Sowa) Morgan Kaufmann.
- Lesniewski, S., (1984). **Lesniewski's Systems. Ontology and Mereology**. (Eds. Srzednicki et al.), The Hague: Martin Nijhoff.
- Luff, P., Gilbert, N. & Frohlich, D., (eds.), (1990). **Computers and Conversation**. London: Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich Pub..
- Michalski, R.S., (1993). Learning = Inferencing + Memorizing. En **Foundations of Knowledge Acquisition: Machine Learning** (eds. A.L. Meyrowitz & S. Chipman). Kluwer.
- Moretto, R., (1990). **MULTIWORKS. ESPRIT'90**. Project No. 2105.
- Nagao, M., (1990). **Knowledge and Inference**. (caps. 2,4-5,6). Academic Press.

- Nelson, T.H., (1965). The Hypertext. **Proceedings of the world Documentation Federation.**
- Peirce, Ch.S., (1974). **Collected Papers**, vol. V, Harvard Univ. Press.
- Peirce, Ch. S., (1974), **La ciencia de la semiótica**. Buenos Aires: Nueva Visión.
- Richards, T., (1989). Clausal form logic. Mass.: Addison Wesley.
- Shank, R.C. & Abelson, R.P., (1977). **Scripts, Plans, Goals and Understanding: an inquiry into human knowledge structures**. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Shank, R.C. & Riesbeck, C. K., (1981). **Inside Computer Understanding: Five programs plus miniatures**. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Shank, R.C., (1982). **Dynamic Memory**. Cambridge, Mass: Cambridge Univ. press.
- Shastri, L., (1988). **Semantic Networks**. Morgan Kaufmann.
- Shastri, L., (1989). Default reasoning in Semantic Networks: A Formalization of Recognition and Inheritance. **J. of AI**, **39**, 283-355.
- Smith, E.E., (1990). Categorization. (Eds. D.N. Osherson, E.E. Smith), **En Thinking**. MIT.
- Sowa, J., (1984). **Conceptual structures: information processing in mind and machine**. Reading, MA: Addison Wesley.
- Woods, W. A., (1985). What's in a Link: Foundations for Semantic Networks. En **Readings in Knowledge Representation** (eds. R. J. Brachman & H.J. Levesque). Morgan Kaufmann Pub..
- Yazdani, M. and Goring, D., (1990). **Iconic communication**. Dept. of Computer Science. Exeter University.