

# Representación mental de los conceptos, objetos y personas implicados en una tarea realizada en una interfaz

<sup>1</sup>José J. Cañas

y <sup>2</sup>Grupo de Ergonomía Cognitiva

<sup>2</sup>Adoración Antolí, Patricia Barquier, Alejandro Castillo, Inmaculada Fajardo, Pilar Gámez y Ladislao Salmerón

Facultad de Psicología, Universidad de Granada  
Campus de Cartuja, Granada, 18071  
{delagado}@ugr.es

## Resumen

Saber cual es el conocimiento que un usuario tiene de un sistema es fundamental para realizar un diseño eficaz de éste. También es necesario saber como los objetos, personas y conceptos que intervienen en la tarea del usuario están representados en su estructura mental. Para determinar la representación mental de éstos se utilizan las mismas técnicas de elicitación del conocimiento que se han revelado muy útiles en la investigación sobre modelos mentales. En este artículo presentamos un caso real para ilustrar el uso de una de estas técnicas y tres métodos de análisis de los resultados obtenida con ella.

**Palabras clave:** Representación del conocimiento; modelo mental; diseño de interfaces.

## 1. Introducción

Uno de los intercambios más fructíferos entre la Psicología Cognitiva y la Inteligencia Artificial (IA) ha sido el estudio de cómo las personas organizan el conocimiento en sus estructuras mentales. El énfasis de ambas disciplinas en investigar la representación mental estriba en su importancia a la hora de determinar la conducta humana. Los conocimientos adquiridos sobre este tema tienen una gran relevancia para el diseño de interfaces de interacción persona-ordenador.

De todas las formas de organización del conocimiento que la Psicología Cognitiva ha investigado, los modelos mentales han sido y siguen siendo los que más interés han despertado entre los investigadores. Por ejemplo, los investigadores que se ocupan del uso y programación de ordenadores

han mostrado que la adquisición de un modelo mental del ordenador facilita el aprendizaje de programación (Moran, 1981; Cañas, Bajo y Gonzalvo, 1994; Navarro y Cañas, 2001).

Aunque existen muchas definiciones de modelo mental, la más aceptada es la acuñada por Norman (1983). Según este autor un modelo mental de un sistema físico, el ordenador en nuestro caso, es un modelo conceptual del sistema que el usuario tiene y que incluye la representación de su estructura y su funcionamiento.

Hasta la fecha, numerosas investigaciones han mostrado la utilidad del concepto de modelo mental para explicar el aprendizaje del uso y programación de ordenadores. Mayer (1981) proporcionó a un grupo de sujetos que aprendían BASIC un manual donde se explicaba la estructura y funcionamiento

del ordenador. Otro grupo de sujetos aprendía sin este manual. La hipótesis de la investigación era que el grupo al que se le facilitaba el manual debería adquirir un modelo mental mejor del ordenador y esto se reflejaría en una mejor ejecución en un test de su conocimiento del BASIC. Los resultados efectivamente mostraron una mejor ejecución del grupo al que se le facilitó el manual con el modelo mental. Del mismo modo, Perkins, Schwartz y Simmons (1988) diseñaron un curso de programación donde se enseñaba a un grupo de estudiantes un modelo visual de lo que ocurría dentro del ordenador. Los estudiantes recibían dibujos que mostraban las variables con sus valores y el flujo de ejecución de las instrucciones del programa. Los resultados mostraron que este curso facilitaba el aprendizaje de programación de los estudiantes que lo recibían cuando se les comparaba con estudiantes control.

## 2. Medición de los Modelos Mentales

Debido a esta relación entre modelo mental y conducta y aprendizaje, los investigadores se han interesado por desarrollar métodos para inferir el modelo mental que un usuario adquiere, de tal manera que pueda ser tenido en cuenta durante el diseño de interfaces.

Sin embargo, es conveniente distinguir tres objetivos que podemos plantearnos y para los que es necesario medir los modelos mentales durante el ciclo de diseño de una nueva interfaz como se puede ver en la Figura 1:

1. Cuando se diseña un artefacto nuevo, los usuarios ya realizan la tarea de una determinada manera que es importante conocer.
2. Cuando se diseña un artefacto nuevo, en el ciclo de diseño se pueden ir midiendo los modelos

mentales de los prototipos para averiguar qué características del diseño no se ajustan al modelo mental 'intuitivo'.

3. Cuando el modelo ya está diseñado, se mide el modelo mental del usuario para diseñar el programa de entrenamiento.

Los objetivos dos y tres son los que tradicionalmente se han identificado como propios del papel de los modelos mentales. Sin embargo, el primero es también muy importante y constituye el objeto de este artículo. En este sentido, es conveniente que el modelo mental que adquieran del nuevo artefacto que se va a diseñar no sea incompatible con la forma en que realizan la tarea sin él. Por eso debemos llevar a cabo un análisis del conocimiento que los usuarios tienen de los objetos con los que realizan su tarea.

## 3. Evaluación del conocimiento sobre los objetos implicados en la tarea

Cada tarea que realizamos con un ordenador consiste en la manipulación de un conjunto de objetos que deben formar parte de la interfaz y del modelo mental que el usuario adquiera para interactuar con ella.

Imaginemos que un programador tiene que desarrollar un software para un banco. Desde el primer momento sabe que al diseñar la interfaz debe incluir en ella un conjunto de términos que se denominan objetos utilizados en 'las tareas bancarias'. Independientemente de que estos objetos después estén representados con iconos o con menús, o de cualquier otra forma, una cuestión importante es que la organización espacial y jerárquica en la interfaz tendrá que reflejar la representación mental que los usuarios tienen de ellos.

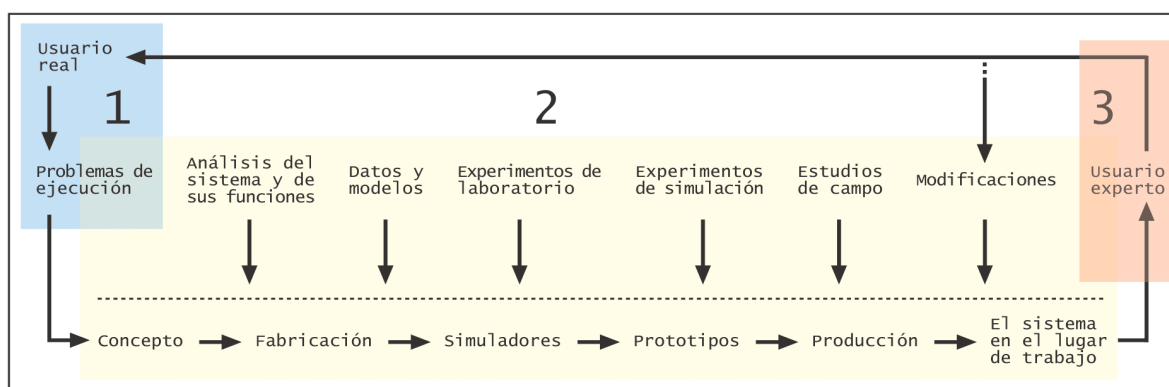


Figura 1. Fases del ciclo de diseño en las que se debe medir el Modelo Mental del usuario.

Por tanto, será necesario que el diseñador haga algún tipo de análisis de la estructura representacional de los objetos implicados en la tarea. Aunque el diseñador podría hacer un análisis formal de las tareas que los usuarios realizan y a partir de ahí establecer las relaciones semánticas entre los objetos, es posible utilizar un procedimiento simple y eficaz que consiste en aplicar las técnicas indirectas de elicitación del conocimiento como la que vamos a describir a continuación.

Los datos analizados corresponden a los juicios de relación entre 27 conceptos bancarios ofrecidos por 13 empleados bancarios expertos. Los conceptos hacen referencia a operaciones bancarias (e.gr. Efectivo), objetos (e.gr. Cajas de Alquiler) y personas y entidades relacionadas con el banco (e.gr. clientes). Los evaluadores realizaron una tarea de juicios de relación en la que se presentaban pares de conceptos y se les pedía que diesen un valor entre 1 y 7 que representase cómo de relacionados estaban en su opinión esos dos conceptos. Un valor de 7 correspondía a 'Totalmente Relacionado' y un valor de 1 a 'Nada Relacionado'. Cada evaluador generó una matriz rectangular de 27 por 27 con sus juicios de relación. En la tarea se pedía la relación entre los conceptos sin especificar dirección de esta relación. Por lo tanto, la matriz de juicios era simétrica.

#### **4. Descripción general de los procedimientos utilizados para analizar los datos**

No existe un método de análisis que permita extraer toda la información contenida en una matriz de juicios de relación conceptual. Debido, fundamentalmente, a que los diversos métodos han sido desarrollados en el contexto de diferentes teorías psicológicas de representación de conocimiento, cada método ofrece información sobre características diferentes del conocimiento de un experto. Por esta razón, la matriz promedio debe ser sometida a, al menos, tres métodos de análisis: Escalamiento Multidimensional, Pathfinder y Análisis de Cluster. Estos tres métodos son los que en la literatura actual en Psicología e Inteligencia Artificial se consideran más apropiados por cubrir aspectos diferentes y complementarios de la representación del conocimiento.

##### **4.1. Pathfinder**

Este procedimiento está basado en la teoría matemática de grafos y ha sido desarrollado debido a la importancia emergente que en la Psicología y la

Inteligencia Artificial ha adquirido la representación del conocimiento en estructuras de redes semánticas (Schvaneveldt, 1990). La teoría matemática de grafos es el procedimiento adecuado para trabajar con redes semánticas. Como en las teorías de redes, este procedimiento representa los conceptos en nodos de una red, y las relaciones semánticas entre los conceptos como punteros que unen estos nodos. Básicamente, el procedimiento consiste en reducir un grafo completo, donde todos los nodos están relacionados con todos los demás, y que representa la matriz de juicios de relación, en un grafo donde solo están representadas las relaciones importantes, desde el punto de vista del experto, entre los conceptos. Es utilizado cuando lo que se quiere obtener son las relaciones locales entre pares de conceptos. Si la relación entre dos conceptos es muy importante en la representación mental de una persona, esta relación se verá reflejada en un puntero directo entre ellos en el grafo. Por el contrario, si la relación no es importante y puede ser deducida a partir de las relaciones con otros conceptos, no existirá un puntero directo entre ellos, y la importancia relativa de esta relación se inferirá del número de punteros y nodos que hay que recorrer entre los dos conceptos en el grafo.

En el diseño de interfaces, el procedimiento Pathfinder se ha revelado útil para investigar las estrategias de navegación de los usuarios. Por ejemplo, en tareas de recuperación de información, los grafos conceptuales sirven de ayuda para mostrar las estrategias que los usuarios usan para navegar en la base de datos.

##### **4.1.1. Parámetros**

La matriz promedio de juicios de relación es sometida al algoritmo con los parámetros  $r$  y  $q$ . El parámetro  $r$  corresponde a la métrica de Minkowski y cuando no podemos conocer la escala real de los datos sobre los que se trabaja y solo podemos asumir una escala ordinal, se fija en el valor infinito. Por su parte, el parámetro  $q$  hace referencia a la longitud máxima del camino entre dos conceptos que se examinará durante la ejecución del algoritmo. Sus valores oscilan entre 2 y  $n-1$  (el número de conceptos menos 1). Con el valor 2 se obtiene el grafo más denso y donde no se pierden ninguna de las relaciones importantes. Finalmente, puesto que la matriz promedio es simétrica, el procedimiento ha obtenido un grafo nodireccional.

##### **4.1.2. Resultados**

Como en todos los procedimientos de análisis, es posible conocer la correspondencia entre la solución encontrada y los datos de los que se ha partido. En

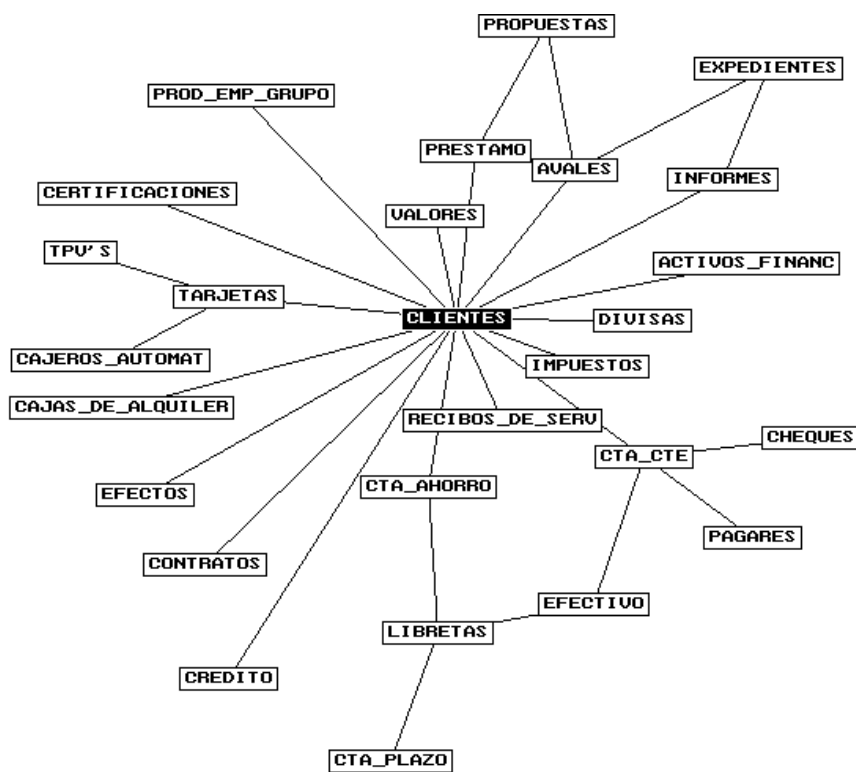
el caso del procedimiento Pathfinder, el método consiste en calcular la correlación entre la matriz de juicios de relación y la matriz de distancias en el grafo entre los conceptos. Estas distancias se obtienen calculando el número mínimo de punteros que hay entre dos conceptos en el grafo. La correlación encontrada en nuestra solución ha sido de 0,59, la cual se considera aceptable para este tipo de datos.

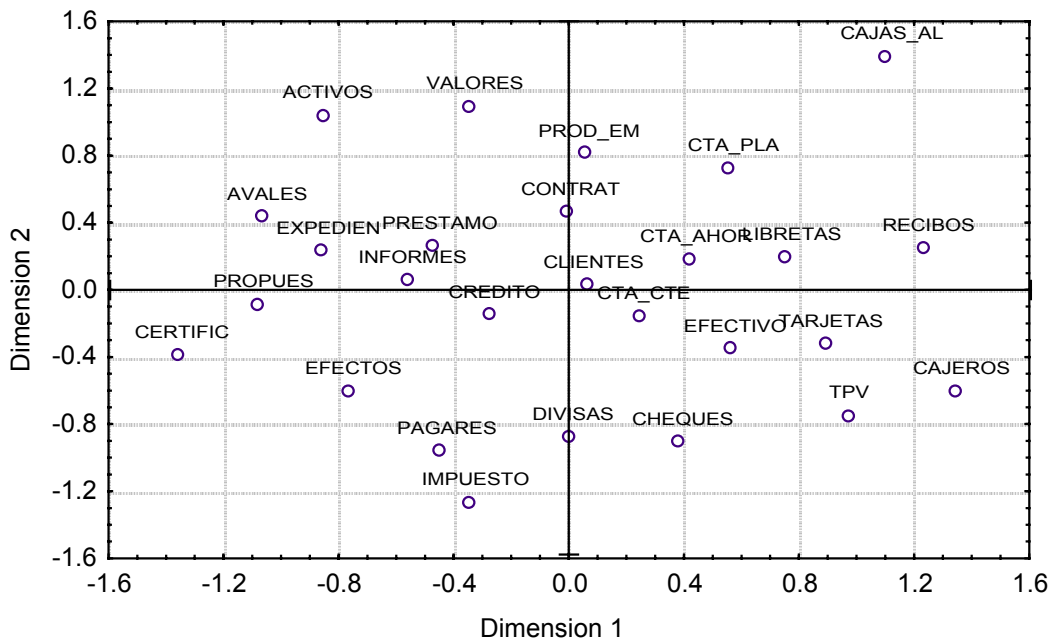
En la Figura 2 se muestra el grafo obtenido por este procedimiento. Para una correcta interpretación debe tenerse en cuenta lo siguiente. El grafo es el resultado de una transformación matemática de la matriz de juicios de relación en el que se encuentran las relaciones semánticas entre los conceptos reflejados en los punteros entre los nodos. Sin embargo, la interpretación de estas relaciones semánticas deben hacerla los propios expertos que han generado los juicios de relación. Aquí solo podemos sugerir las claves para esta interpretación. Por ejemplo es fácil ver que el concepto central en la red es 'clientes': cuando los usuarios piensan en realizar una tarea el primer objeto que debe estar disponible es la base de datos de clientes (su nombre, su DNI, su número de cuenta) y después la operación que quieren realizar.

## 4.2. Escalamiento Multidimensional

El objetivo fundamental de este procedimiento es representar un conjunto de conceptos en un espacio multidimensional de tal manera que la distancia euclidiana entre dos objetos en ese espacio se corresponda lo más fielmente posible con el juicio de proximidad conceptual asignado por una persona o un conjunto de personas a ese par de conceptos. Este tipo de análisis está estrechamente ligado a las teorías de representación dimensionales, y ofrece una forma de obtener una representación empírica de las dimensiones que relacionan los distintos conceptos de un área de conocimiento determinada (Schiffman, Reynolds, y Young, 1981).

A diferencia de los otros dos procedimientos expuestos aquí, el escalamiento multidimensional encuentra una solución global considerando todas las relaciones entre los conceptos simultáneamente. Es decir, mientras que el procedimiento Pathfinder es útil para describir relaciones locales entre pares de conceptos, y el Análisis de Cluster encuentra relaciones locales entre subconjuntos de conceptos, el escalamiento multidimensional ofrece las dimensiones globales que relacionan todos los conceptos con todos los demás.





**Figura 3. Representación obtenida con el procedimiento de Escalamiento Multidimensional**

En el diseño de interfaces, el Análisis multidimensional se ha revelado útil para descubrir las estructuras abstractas en la representación del conocimiento de los expertos usuarios de los sistemas. Son aquellas estructuras, más difíciles de adquirir por los nuevos usuarios, que determinan las estrategias globales de trabajo con el sistema.

#### 4.2.1. Parámetros

Como en los otros dos casos, los parámetros se fijan considerando la interpretabilidad de los resultados y las medidas de ajuste entre la matriz de juicios de relación y las distancias entre los conceptos en la solución encontrada. Desde este punto de vista, la decisión más importante a tomar en este procedimiento es la del número de dimensiones que el procedimiento encontrará. De nuevo, hay que tener en cuenta que existe una relación inversa entre ajuste e interpretabilidad. Mientras más dimensiones se obtengan el ajuste es mayor pero cada nueva dimensión que se añade es más difícil de interpretar. Generalmente, y éste ha sido nuestro caso, el número de dimensiones que proporcionan la mejor combinación de ajuste e interpretabilidad es de dos.

#### 4.2.2. Resultados

La medida de ajuste en el Análisis Multidimensional es el índice llamado *stress*. Se obtiene calculando el cuadrado de las diferencias entre las distancias euclidianas entre los pares de conceptos en el espacio multidimensional obtenido y las distancias (inversas de las similitudes) entre esos pares en la matriz de juicios de relación. Mientras más cercano es el valor

de *stress* a 0, mejor ajuste hay entre la solución encontrada y los datos originales. El valor en nuestro análisis ha sido de 0,30, el cual se aproxima significativamente a 0 y se considera un índice de buen ajuste.

La Figura 3 presenta los conceptos como puntos en el espacio tridimensional. Para la interpretación de estas dimensiones se debe considerar que los valores en los ejes (dimensiones) representan los pesos que los conceptos tienen en ellas. Un concepto situado en el valor 0 de esa dimensión indica que la dimensión no es importante para definirlo. El signo positivo o negativo de un peso sólo sirve para separar a los conceptos en cuanto a esa dimensión. Finalmente, mientras mayor (en valores absolutos) sea el peso de un concepto en una dimensión, mayor es la importancia de esa dimensión para definir el concepto.

Como podemos ver en la figura, el resultado muestra dos dimensiones que dividen el espacio en cuatro cuadrantes de fácil interpretación. Tomemos el cuadrante inferior derecho y veremos que los conceptos que se agrupan aquí hacen referencia a lo que podríamos decir que es 'Formas de pagar y obtener dinero'.

#### 4.3. Análisis de Cluster con Solapamiento

El objetivo fundamental de los procedimientos de Cluster es el de agrupar un número de conceptos en subgrupos de tal manera que un concepto que pertenezca a un subgrupo es más similar o está más próximo o comparte más características comunes

con los conceptos de este subgrupo que con los conceptos de otros subgrupos. Entre todos los procedimientos que existen hemos elegido el conocido como de ‘Cluster Aditivo’ o ‘Cluster con solapamiento’. Los procedimientos tradicionales, como el ‘Jerárquico’ o el de ‘Particiones’ obligan a que en la solución encontrada un concepto pertenezca a un subgrupo solamente. Sin embargo, existe solapamiento entre los subgrupos de tal manera que un concepto puede estar en más de un subgrupo simultáneamente. Por ejemplo, imaginemos que estimando la relación entre pares de dígitos del 1 al 10 una persona puede decidir poner en el mismo grupo al número 2 y al 6 porque son pares. Además, quiere poner juntos también al 3 y al 6 porque son múltiplos del 3. En un cluster de particiones o jerárquico la solución final del algoritmo no permitiría la pertenencia del número 6 a dos subgrupos que se solapan. Sin embargo, este solapamiento es reflejo de la representación del conocimiento sobre los números que realmente tiene la persona.

Los procedimientos de cluster son útiles cuando se quiere obtener información sobre bloques conceptuales en la representación del conocimiento. En el diseño de interfaces se han revelado particularmente útiles, por ejemplo, en el diseño de menús.

#### 4.3.1. Parámetros

El parámetro que, desde el punto de vista de la interpretación de los resultados, tiene que ser fijado por el analista es el número de subgrupos que habrá en la solución final. En nuestro caso el procedimiento ha sido ejecutado para que los conceptos se agrupen en 8 subgrupos. Durante una fase preliminar de análisis se ha estimado que con 8 subgrupos se obtiene la solución que se ajusta mejor a los juicios de proximidad y es más fácil de interpretar. Demasiados subgrupos pueden aumentar el ajuste pero ser muy difíciles de interpretar.

#### 4.3.2. Resultados

La medida de ajuste entre los juicios de relación y la solución obtenida con este procedimiento es la varianza de la matriz de juicios de relación explicada por las distancias entre los conceptos, calculadas éstas desde su pertenencia a los subgrupos. Dos conceptos están más cercanos mientras pertenezcan a más subgrupos. La varianza entre nuestra matriz de juicios y las distancias en la solución encontrada por el procedimiento ha sido de 0,72.

En la Tabla 1 se presentan los subgrupos y los conceptos que pertenecen a cada uno de ellos. Para cada subgrupo se presenta el peso que tiene en los resultados. Debe tenerse en cuenta que el peso de un subgrupo no debe considerarse lo único importante. También es fundamental que el subgrupo sea semánticamente interpretable. Por ejemplo, como puede observarse en la tabla, el primer subgrupo tiene el peso mayor (0,413). Sin embargo, el subgrupo es poco informativo porque incluye todos los conceptos excepto el de ‘Cajas de Alquiler’. Los subgrupos 2 y 3 con pesos menores, son más informativos. El subgrupo 2 contiene los conceptos relacionados con los préstamos y créditos, y el subgrupo 3 contiene los conceptos relacionados con las operaciones que los clientes corrientes (no empresas) realizan cotidianamente. Aunque, de nuevo, hay que decir que la correcta interpretación deben realizarla los propios evaluadores a quienes se les pueden presentar los subgrupos para que los cualifiquen.

**TABLA 1. Subgrupos obtenidos por el procedimiento de Cluster con solapamiento.**

<p><b>Subgrupo 1. Peso: 0,413:</b> cta_cte, cta_ahorro, cta_a_plazo, credito, prestamo, certificaciones, prod_em_grupo, avales, valores, activos_financieros, divisas, propuestas, contratos,cheques, pagares, libretas, tarjetas, recibos_de_serv., efectivo, tpv's, expedientes, clientes, informes, efectos, impuestos, cajeros_automat.</p>
<p><b>Subgrupo 2. Peso: 0,273:</b> crédito, préstamo, certificaciones, avales, propuestas, expedientes, clientes, informes.</p>
<p><b>Subgrupo 3. Peso: 0,239:</b> cta_cte, cta_ahorro, libretas, tarjetas, recibos_de_serv., efectivo, tpv's, clientes, impuestos, cajeros_automat.</p>
<p><b>Subgrupo 4. Peso: 0,235:</b> cta_cte, cta_ahorro, cta_a_plazo, prestamo, contratos, cheques, pagares, libretas, recibos_de_serv., efectivo, clientes, cajas_de_alquiler.</p>
<p><b>Subgrupo 5. Peso: 0,227:</b> credito, prestamo, certificaciones, prod_em_grupo, avales, propuestas, contratos, expedientes, clientes, informes, efectos, cajas_de_alquiler.</p>

## 5. Discusión

Como los resultados de este estudio demuestran es posible utilizar las técnicas de elicitación del conocimiento para obtener una estimación de la representación mental que un grupo de expertos tienen de los objetos, las personas y los conceptos implicados en la tarea para la cual se va a diseñar una interfaz de usuario. Cada una de estas técnicas aporta información diferente y complementaria sobre dicha representación mental. De esta manera, el diseñador tiene a su disposición una información muy valiosa para determinar cómo, por ejemplo, se deben diseñar los menús de tal manera que el usuario encuentre con la mayor facilidad posible un ítem que busca dentro de la categoría semántica a la que pertenece.

## Referencias

- Cañas, J.J., Bajo, M.T. and Gonzalvo, P. Mental Models and Computer Programming. *International Journal of Human-Computer Studies* (1994). 795-811.
- Carroll, J.D. and Arabie, P. INDCLUS: An individual differences generalization of the ADCLUS model and the MAPCLUS algorithm. *Psychometrika*. (1983). 48, 157-169.

- Mayer, R.E.. The psychology of how novices learn computer programming. *Computer Surveys*, (1981) 13, 121-141.
- Moran, T.P. An applied psychology of the user. *Computing Surveys*, (1981) 13, 1-11.
- Navarro, R. and Cañas, J.J. Are visual programming languages better? The role of imagery in program comprehension. *International Journal of Human-Computer Studies* (2001) 54, 799-829.
- Norman, D.A. Some observations on mental models. En D. Gentner y L.A. Stevens (Eds.) *Mental Models*. (1983). Hillsdale, NJ: LEA.
- Perkins, D.N., Schwartz, S. y Simmons, R. Instructional strategies for the problem of novice programmers. En R.E. Mayer (Ed.) *Teaching and Learning Computer Programming*. (1988). Hillsdale, NJ: LEA.
- Schiffman, S.S., Reynolds, M.L. y Young, F.W.. *Introduction to Multidimensional Scaling: Theory, Methods and Applications* (1981). London: Academic Press.
- Schvaneveldt, R.W. (1990). *Pathfinder Associative Networks: Studies in Knowledge organization*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.