

# Enseñar informática es como...

Daniel Gayo Avello

Dpto. de Informática  
Universidad de Oviedo  
C/Calvo Sotelo s/n 33007 Oviedo  
e-mail: dani@lsi.uniovi.es

Hortensia Fernández Cuervo

Licenciada en Psicopedagogía  
e-mail: tensi\_f@hotmail.com

## Resumen

Un problema habitual al explicar conceptos informáticos es su alto nivel de abstracción así como la dificultad para proporcionar ejemplos adecuados y, a la vez, próximos a la experiencia personal de los estudiantes.

Una posible solución para estos problemas radica en la utilización de metáforas como organizadores previos que permitan al alumno captar la esencia de los conceptos que emulan para poder extrapolar esos nuevos conocimientos al campo informático y aprender con mayor facilidad los conceptos explicados.

En este artículo se presentan algunos aspectos de las actuales teorías sobre la metáfora así como las implicaciones que tienen en el ámbito docente. Por último, se muestran unas técnicas muy sencillas para el desarrollo de metáforas didácticas y algunas metáforas construidas mediante su aplicación.

## 1. Introducción

Un problema muy habitual en la docencia en general y en la didáctica de la informática en particular está en la forma en que transmitimos a nuestros alumnos unos conocimientos con un elevado grado de abstracción y, generalmente, muy alejados de sus experiencias y conocimientos previos.

Si se quiere lograr un aprendizaje verdaderamente significativo es imprescindible partir de los conocimientos que poseen los estudiantes y enlazarlos con los conocimientos que les queremos transmitir.

Naturalmente, esta tarea no es nada fácil y no hay una única manera de llevarla a cabo

siendo el uso de metáforas una de las formas posibles. A lo largo de este artículo se expondrán brevemente algunas implicaciones cognitivas y didácticas sobre la metáfora y su uso en la docencia, además de esbozar una sencilla técnica para el desarrollo de metáforas didácticas y presentar algunos ejemplos de las mismas.

## 2. Teoría actual de la metáfora

Las teorías sobre la metáfora pueden remontarse hasta Aristóteles que en su obra *Poética* dice que “*la metáfora es la aplicación a una cosa de un nombre que es propio de otra*”; así, la metáfora sería un fenómeno puramente léxico y, aunque no se descarta por completo su valor cognoscitivo, su función primordial sería la de proporcionar al entendimiento un placer estético.

Desde entonces, el interés por la metáfora no ha hecho más que aumentar y no sólo desde un punto de vista filosófico o lingüístico sino también en los campos de la psicología cognitiva y la filosofía de la ciencia. Estos últimos serán los que más nos interesen como científicos y docentes.

Dos de los autores que más han influido en la visión que se tiene de la metáfora en ambos campos son Max Black y George Lakoff. El primero, sobre la base de los trabajos de Ivor Richards, propuso una concepción interaccionista según la cual en toda metáfora existen dos polos que interaccionan entre sí, siendo el significado de la metáfora el resultado de dicha interacción. El segundo, por su parte, reivindicó la importancia de la metáfora como elemento facilitador del aprendizaje.

Así, en la actualidad se considera que la metáfora es el principal mecanismo para la comprensión de conceptos abstractos puesto que, al proporcionar un “mapeo” entre dos dominios conceptuales diferentes, permite entender un dominio relativamente abstracto o poco estructurado en base a términos de otro más sencillo o, al menos, más estructurado. Esta concepción ha resultado fundamental para la aplicación didáctica de la metáfora que se viene llevando a cabo durante los últimos años.

### 3. La metáfora como organizador previo

Según Ausubel [1], el alumno alcanza un aprendizaje significativo al establecer relaciones entre los nuevos conocimientos que recibe y sus conocimientos previos (e.g., al entender el área de un triángulo a partir de la superficie de un rectángulo).

Esta reestructuración de conocimientos puede apoyarse mediante el uso de los denominados “organizadores previos”. Estos organizadores son un material introductorio desarrollado por el profesor a fin de proporcionar un marco de alto nivel para los nuevos conocimientos que se van a presentar. El propósito fundamental de los organizadores previos es utilizar lo que ya saben los alumnos empujándoles a reflexionar sobre ello para ayudarles a comprender lo que desconocen y se les trata de explicar.

Los organizadores previos pueden clasificarse, a su vez, en expositivos y comparativos. Los primeros parten de una situación más general que el concepto a explicar a fin de mostrar la estructura general del mismo; los segundos, en cambio, pretenden establecer vínculos entre los conocimientos del alumno y elementos presentes en el organizador para extender los primeros hacia el nuevo conocimiento que se va a describir.

De esta forma, la metáfora puede ser utilizada como un organizador previo comparativo; esto es, mediante la metáfora el profesor puede ofrecer a sus alumnos un “puente” que les permita salvar de una forma más sencilla el salto existente entre lo que ya saben y lo que se les va a explicar y, por tanto, desconocen por completo.

A lo largo de los años han sido muchas las metáforas que han mostrado su utilidad a la hora de lograr un aprendizaje significativo de conceptos informáticos. Pueden citarse algunos ejemplos como [2] que presenta un estudio experimental sobre la influencia de un organizador previo metafórico en la comprensión de los vectores en Pascal, o [3] que describe la “metáfora de la consigna” para la explicación del concepto de memoria dinámica y punteros, así como [4] que demuestra de manera ejemplar la forma en que pueden emplearse las metáforas en un libro de texto<sup>1</sup>.

En lo que resta de artículo se presentarán un conjunto de reglas muy sencillas que facilitarán al docente el desarrollo “sistemático” de metáforas didácticas a fin de ofrecerlas a sus alumnos como organizadores previos.

### 4. Desarrollo de metáforas didácticas

Hemos visto que la metáfora tiene un papel cognitivo fundamental y puede resultar una herramienta extraordinariamente útil para facilitar el aprendizaje significativo. Sin embargo, todas estas teorías no proporcionan medios para el desarrollo de nuevas metáforas; por ello, el profesor que desee crear metáforas didácticas depende de su intuición para finalizar con éxito esa tarea.

En la mayor parte de los casos la intuición del docente suele bastar para proporcionar metáforas adecuadas a los alumnos; sin embargo, no está de más proporcionar algunas pautas muy sencillas que han facilitado el trabajo de los autores con anterioridad.

La idea fundamental consiste en determinar la naturaleza básica del concepto a explicar; así, debe determinarse si el término es un sistema (e.g., la arquitectura de un ordenador), un concepto “tangible” (e.g., punteros y memoria dinámica) o un concepto “abstracto” (e.g., tipos definidos por el usuario).

<sup>1</sup> En [4] se presentan una serie de metáforas extraordinariamente claras para explicar, por ejemplo, el procesamiento de interrupciones (p.61) o el bloqueo mutuo (p.159); también es de destacar la forma en que las citas que abren cada capítulo actúan como organizadores previos azuzando la curiosidad del lector.

Una vez se ha determinado la naturaleza del concepto, deben seguirse una serie de pasos que conducirían a una metáfora didáctica para el mismo o, al menos, a un “prototipo rápido” de metáfora susceptible de ser “refinado”.

#### 4.1. Metáforas sobre sistemas

El caso más sencillo que se puede plantear a la hora de desarrollar una metáfora didáctica es aquel en el que el concepto a describir es un sistema<sup>2</sup>. En este caso se debe comenzar determinando los principales componentes que forman el sistema a describir, procurando no superar los siete elementos más/menos dos [5]; si existiera un número mayor de componentes el docente debería plantearse una simplificación del sistema o bien el desarrollo de una metáfora para cada componente individual.

Cuando ya se dispone de una lista de componentes se procede a determinar las funciones esenciales que lleva a cabo cada uno; nuevamente deberá procurarse que el número de tareas por componente sea reducido.

A continuación, para cada componente, teniendo en cuenta la lista de acciones básicas que lleva a cabo, se detalla una serie de elementos cotidianos<sup>3</sup> capaces de sustituirlo tal y como ha sido caracterizado (es decir, en función de las acciones básicas que lleva a cabo). La metáfora final se construirá sustituyendo con estos nuevos objetos los componentes originales del sistema.

Una de las mayores dificultades de este tipo de metáforas es el conseguir un escenario plausible; por esa razón debe procurarse que la utilización conjunta de distintos elementos

resulte lo menos forzada posible.

Una vez se obtiene la metáfora se hace necesario probarla para determinar su idoneidad; para ello pueden utilizarse algunas de las relaciones que Gentner [8] definió para valorar una metáfora: especificidad, riqueza, abstracción, sistematicidad, validez, exhaustividad, transparencia y extensibilidad. Las más interesantes de cara a una metáfora didáctica son la especificidad, la claridad y la transparencia.

La especificidad indica hasta qué punto la base de la metáfora es inteligible; la claridad se refiere a la precisión de las correspondencias entre elementos de la metáfora y los elementos del concepto explicado, mientras que la transparencia indica la facilidad con que el receptor percibe qué elementos de la metáfora son aplicables al concepto explicado y cuáles no lo son.

Obviamente, una metáfora didáctica debe ser específica, esto es, emplear unos términos fácilmente comprensibles por todos los estudiantes (otra razón para recomendar la utilización de elementos cotidianos); además, el alumno debe percibir fácilmente las correspondencias entre elementos de la metáfora y del concepto así como aquellos elementos metafóricos que no son aplicables al concepto original, es decir, la metáfora debe ser lo más clara y transparente posible. Si la metáfora desarrollada es específica, clara y transparente tan sólo resta especificar claramente sus puntos fuertes y sus puntos débiles (aquellos elementos no aplicables al concepto) y preparar algunos “escenarios” para la metáfora que “recuerden” contextos comunes para el concepto explicado.

Por último, a la hora de exponer metáforas de sistemas conviene destacar las similitudes entre cada componente del sistema real y de la metáfora, mostrar el funcionamiento del sistema metafórico y compararlo con el sistema real y señalar las diferencias entre la metáfora y el concepto original. Más adelante en este artículo se muestra un ejemplo de este tipo de metáforas utilizada para explicar la arquitectura Von Neumann.

#### 4.2. Metáforas sobre conceptos “tangibles”

En la mayor parte de los casos, el concepto a

<sup>2</sup> Según el diccionario de la R.A.E., un sistema es un conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto.

<sup>3</sup> A lo largo del artículo se insistirá frecuentemente en que las metáforas deben construirse con elementos cotidianos. Esta recomendación no es trivial, ya [6] mantiene que un nivel de contreción elevado facilita un aprendizaje significativo, situándose en una línea similar [7] al señalar que las metáforas espaciales son las que permiten un aprendizaje más adecuado. Teniendo en cuenta esto, así como nuestra experiencia con el desarrollo y uso de distintas metáforas, creemos que construir las metáforas en base a elementos manejados habitualmente por los alumnos las hace más claras y mejora su propósito docente.

explicar no es tan claro como un sistema formado por un número fijo de componentes; sin embargo, muchos conceptos aún son lo suficientemente tangibles como para señalar varios elementos con algún tipo de relación entre sí y capaces de realizar o recibir acciones.

Si el concepto a tratar se encuadra en esta categoría se debe comenzar enumerando un conjunto reducido de elementos (sustantivos) y acciones (verbos) que describan la esencia del concepto a explicar.

Por cada elemento de la lista se escribe una lista de “sinónimos” procedentes de ámbitos no informáticos. A partir de estas listas de características y acciones genéricas se localizan elementos cotidianos que pudieran ser descritos en base a tales atributos.

Si en el caso anterior se buscaban objetos comunes para construir la metáfora y se descartaban en caso de que no pudieran integrarse de una forma plausible, en éste se trata de localizar una serie de elementos candidatos y, en una primera fase, evaluar la claridad de los mismos descartando aquellos con menor grado de correspondencia con el objeto a explicar para, en una segunda, elegir la metáfora más transparente. En la sección “Ejemplos de metáforas didácticas” se presenta una metáfora de este tipo desarrollada para explicar punteros y memoria dinámica.

#### 4.3. Metáforas sobre conceptos “abstractos”

El caso más complicado a la hora de desarrollar una metáfora didáctica se plantea cuando el concepto a explicar es totalmente abstracto.

En semejantes ocasiones la estrategia más adecuada consiste en enumerar el mayor número posible de términos que ayuden a caracterizar el concepto que se pretende describir metafóricamente.

Una vez se dispone de un conjunto adecuado se ordena en función de la relevancia que tiene cada término de cara a describir el concepto de partida, seleccionándose finalmente el conjunto mínimo que permita describir los rasgos fundamentales del concepto a explicar.

Posteriormente se desarrolla una lista de conceptos que puedan servir como posible metáfora, todos ellos deben ser caracterizables mediante ese conjunto mínimo de rasgos.

Finalmente, aplicando de nuevo los criterios de claridad y transparencia se selecciona el candidato que constituye la metáfora más adecuada.

Como último ejemplo se presenta una metáfora didáctica que pretende mostrar las ventajas del diseño descendente de programas frente al diseño ascendente.

### 5. Ejemplos de metáforas didácticas

En el punto anterior se han descrito algunas reglas sencillas que tienen como finalidad facilitar el desarrollo de metáforas didácticas. En este apartado se presentan, a modo de ilustración para tales técnicas, tres ejemplos de metáforas didácticas desarrolladas por los autores y que están siendo utilizadas con éxito en asignaturas de primer curso de Ingeniería Técnica en Informática y de la Licenciatura de Matemáticas.

#### 5.1. “La Caja”

La arquitectura Von Neumann es un concepto fundamental que debería explicarse a todo alumno que vaya a enfrentarse por vez primera a una asignatura de programación. Aún cuando se trata de un concepto muy sencillo y podría explicarse directamente, introduce una serie de términos (memoria, unidad aritmética, dispositivos de entrada/salida, etc.) que, al ser nuevos para el alumno, pueden hacer la comprensión del mismo más difícil.

Por esa razón se consideró interesante desarrollar una metáfora que permitiese explicar la arquitectura Von Neumann en términos accesibles para el alumno; de este modo, una vez se establece un marco común en el que todos los estudiantes se sienten cómodos, es posible (re)explicar la arquitectura empleando sus propios términos.

A la hora de desarrollar una metáfora para explicar este concepto debemos, en primer lugar, determinar su naturaleza; al tratarse de un sistema se procede a detallar los elementos que lo constituyen:

1. Memoria.
2. Unidad aritmético-lógica.
3. Dispositivos de E/S.

## 4. Procesador.

Puesto que el número de componentes es reducido no es necesario simplificar el sistema ni desarrollar metáforas independientes para cada elemento. Se procede, pues, a determinar las acciones básicas que caracterizan cada componente:

- Memoria: permite leer/escribir información (datos e instrucciones) de forma no permanente.
- Unidad aritmético-lógica: realiza operaciones matemáticas y lógicas sencillas.
- Dispositivos de E/S: permiten la comunicación del sistema con el exterior.
- Procesador: procesa instrucciones y emplea los elementos anteriores de manera adecuada para resolver dichas instrucciones.

A partir de esta lista de elementos caracterizados por las acciones que llevan a cabo se enumeran una serie de elementos cotidianos que puedan “sustituirlos”. Este proceso sigue una estrategia de ensayo y error puesto que no todos los elementos inicialmente seleccionados permitirían una metáfora plausible. Al finalizar el proceso de selección se decide emplear los siguientes:

1. Una pizarra en sustitución de la memoria.
2. Una calculadora en lugar de la unidad aritmético-lógica.
3. Un teléfono para representar el canal de entrada/salida.
4. Un ser humano capaz de utilizar la pizarra, la calculadora y el teléfono como sustituto del procesador.

Todos los elementos serían colocados en un recinto cerrado, “La Caja”, de tal forma que la única vía de comunicación con el exterior sería la línea telefónica.

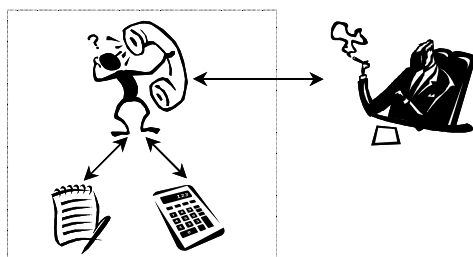


Fig. 1. “La Caja” (metáfora de la arquitectura Von Neumann).

Esta situación, aunque algo extraña, es plausible por lo que tan sólo restaría determinar la claridad y transparencia<sup>4</sup> de la misma y, a partir de aquí, los puntos fuertes y débiles que presenta.

Esta metáfora resulta muy clara puesto que se ha buscado un sustituto para cada componente del sistema real que lleve a cabo acciones similares a las del elemento original. Aún así, deberían comprobarse las distintas correspondencias:

- La pizarra se corresponde con la memoria, permitiendo escribir y leer información (tanto datos como instrucciones).
- La calculadora se corresponde con la unidad aritmético-lógica permitiendo realizar operaciones aritméticas sencillas.
- El teléfono se corresponde con el canal de E/S y permite intercambiar información entre el exterior y el sistema.
- El ser humano se corresponde con el procesador, como éste comprende instrucciones sencillas y, de la misma forma en que el procesador utiliza de forma adecuada la memoria, la unidad aritmético-lógica y los dispositivos de E/S, el ser humano utiliza la pizarra, la calculadora y el teléfono.

Como se puede ver, las correspondencias entre la metáfora y el concepto que pretende explicar son muchas y fácilmente apreciables.

Sin embargo, dichas correspondencias no son totalmente fieles; el concepto de transparencia indicará si las características de la metáfora no aplicables al concepto son fácilmente identificables por el alumno:

- La pizarra debe borrarse de manera explícita, sin embargo, en la implementación que conocen los alumnos de la arquitectura Von Neumann, el ordenador electrónico, la memoria se borra al cesar el suministro eléctrico.
- La calculadora permite realizar operaciones aritméticas pero no lógicas.
- El teléfono es un canal de entrada/salida

<sup>4</sup> Si en la construcción de las metáforas se emplean únicamente elementos cotidianos no sería estrictamente necesario comprobar la especificidad de la metáfora puesto que todos los alumnos comprenderían fácilmente los elementos utilizados.

pero no un dispositivo de E/S.

- El ser humano acepta muchas más “instrucciones” que un procesador real, además de poder actuar como memoria y como unidad aritmético-lógica.

Resulta obvio que la metáfora presenta varios puntos débiles, sin embargo, son fácilmente identificables y, aún cuando no todos fueran detectados por el alumno, serían fácilmente reconocibles al ser señalados por el profesor.

A la vista de este somero análisis resulta bastante evidente que la metáfora propuesta es plausible, clara y transparente por lo cual es susceptible de ser utilizada en el aula pudiendo emplearse de muchas formas diferentes:

- Para explicar los componentes de la arquitectura por analogía una vez explicados los de “La Caja”; en este caso es fundamental señalar los aspectos en los que se diferencian la metáfora y el concepto real.
- Para explicar el funcionamiento de la arquitectura Von Neumann directamente sobre “La Caja”; se puede pedir a los alumnos que escriban un algoritmo para dictárselo a un hipotético compañero situado en el interior de la misma y discutir la forma en que se “ejecutaría”.
- La actividad anterior puede llevarse a cabo también mediante dinámica de grupos, colocando a un alumno dentro de “La Caja” y dividiendo la clase en grupos encargados de construir algoritmos que serían introducidos en el sistema.

Esta metáfora ha sido utilizada de forma muy satisfactoria con alumnos de primer curso de la asignatura de Algorítmica y Lenguajes de Programación (Licenciatura de Matemáticas) así como en una lección de introducción a la informática en el Programa Universitario para Mayores Universidad de Oviedo<sup>5</sup>.

## 5.2. Calle Falsa, 123

Los conceptos de punteros y memoria dinámica son tremendamente importantes y también son fuente de muchos quebraderos de cabeza tanto para los alumnos como para los docentes a la hora de explicarlos de una manera atractiva y

fácilmente comprensible.

Esta problemática llevó a los autores a buscar una metáfora alternativa a las ya existentes (e.g., la descrita en [3]). Esta metáfora es distinta de la presentada en el punto anterior puesto que en este caso no se trata de describir un sistema sino un concepto más abstracto aunque aún relativamente tangible.

Para ello se procedió en primer lugar a enumerar “sustantivos” que describiesen de manera adecuada lo esencial del concepto, se encontraron dos principales:

- Puntero.
- Variable apuntada.

Seguidamente se escribió una lista de “verbos” que hicieran referencia a acciones sobre los elementos anteriores:

- Asignar memoria.
- Liberar memoria.
- Asignar un valor a un puntero.
- Asignar un valor a una variable apuntada.
- Eliminar un puntero.

Posteriormente se procedió a elaborar listas de “sinónimos” de ámbitos no informáticos; empleándose los criterios de claridad y transparencia para su refinamiento. Finalmente los sinónimos que se obtuvieron fueron los siguientes:

- Como “sinónimo” de puntero, dirección postal apuntada en una tarjeta.
  - Como “sinónimo” de variable apuntada, un solar (o un edificio).
- Por lo que respecta a las acciones básicas:
- Escribir una dirección en una tarjeta la acción equivalente a la de asignar un valor a un puntero.
  - Romper una tarjeta con una dirección escrita equivaldría a eliminar un puntero.
  - Escribir la dirección de un solar vacío sería equivalente a asignar memoria.
  - Construir un edificio en un solar indicado por una dirección sería el equivalente a asignar un valor a una variable apuntada.
  - Demoler un edificio equivaldría a liberar memoria.

Esta metáfora es bastante plausible (salvo por la velocidad con la que se construirían y derruirían edificios) y resulta también clara y transparente.

A la hora de utilizarla en clase se hizo en dos fases y siempre mostrando tras la metáforas

<sup>5</sup> [www.uniovi.es/Vicerectorados/Extension/pumuo/](http://www.uniovi.es/Vicerectorados/Extension/pumuo/)

la contrapartida con punteros.

En la primera fase se utilizó para separar claramente el concepto de puntero del de variable apuntada. Los alumnos distinguen perfectamente una tarjeta con la dirección "Calvo Sotelo s/n 33007. Oviedo" del edificio situado en esa dirección y, a partir de éste y otros ejemplos, pueden extrapolar el mismo conocimiento al ámbito de la memoria dinámica.

En esta misma fase se puede explicar de forma similar el concepto de puntero "basura" (utilizando una tarjeta con una dirección ficticia como "Calle Falsa, 123. Springfield") o la existencia de edificios (datos) a los que no es posible llegar puesto que se ha perdido su dirección (puntero).

Llegados a este punto, los alumnos ya distinguen la diferencia entre la modificación o desaparición de una variable de tipo puntero y la modificación o eliminación de la variable apuntada. En este momento se pasa a la segunda fase en la que se explican los conceptos de asignación y liberación de memoria.

La liberación de memoria es muy sencilla, dada una dirección siempre puede demolerse el edificio allí situado para dejar un solar. La asignación de memoria puede explicarse mediante la asignación a una tarjeta de una dirección que se corresponde con un solar vacío, en el que se podrán construir diferentes edificios de distintas alturas.

Este último es el principal punto débil de la metáfora y así se les debe hacer notar a los alumnos. Las direcciones sólo indican la localización de un solar o edificio pero no la clase de edificio (el tipo de dato). Sin embargo, los punteros siempre apuntan a un tipo determinado no existiendo la posibilidad de decidir el tipo en el momento de asignar memoria.

A pesar de este inconveniente, la metáfora cumple el objetivo fundamental para el que fue creada: explicar conceptos básicos de punteros y memoria dinámica, habiendo sido utilizada en la asignatura de Algorítmica y Lenguajes de Programación.

### 5.3. Los fabricantes de puzzles

En todas las asignaturas de programación se introducen los conceptos de diseño descendente

y ascendente, primándose generalmente el primero sobre el segundo.

Normalmente, cuando se explica esto a los alumnos éstos aún tienen muy poca experiencia y los ejercicios que han visto aún son demasiado sencillos como para poder apreciar las diferencias entre un enfoque descendente y uno ascendente.

Por esa razón, se planteó la necesidad de elaborar una metáfora para que los estudiantes pudiesen apreciar de una forma casi inmediata las características de uno y otro planteamiento y las razones que hacen preferible el diseño descendente frente al ascendente.

El problema principal con el concepto que se pretendía explicar de forma metafórica era su total abstracción; por este motivo el punto de partida consistió en el desarrollo de una lista de términos que, de una forma u otra, permitieran caracterizar el diseño descendente y/o ascendente.

Algunos de los términos que entraron a formar parte de esta lista fueron los siguientes: descomposición, integración, interfaz, acoplamiento, detalle, particularidad, generalidad, modularidad, etc.

Una vez finalizada la lista se seleccionó el menor número posible de términos para describir de manera adecuada el concepto a explicar optándose por: descomposición, integración, interfaz y detalle.

Posteriormente se procedió a buscar distintos conceptos que pudieran ser descritos en base a esos términos, seleccionándose finalmente como metáfora el proceso de fabricación de puzzles.

Esta metáfora, al referirse a un concepto totalmente abstracto, es la menos clara y transparente de los tres ejemplos presentados y precisa una explicación algo más detallada.

En la metáfora de la fabricación de puzzles están presentes los siguientes elementos:

- La imagen que aparece al construir el puzzle es el problema resuelto por el algoritmo a diseñar.
- Las piezas que forman el puzzle se corresponden con los distintos módulos que aparecen en el proceso de diseño.
- La forma de cada pieza y la manera en que encaja con sus vecinas representa los interfaces de los distintos subprogramas.

- El proceso de diseño descendente o ascendente es representado en la metáfora por la forma en que se obtienen las piezas que conforman el puzzle.

En la metáfora que se describe se explica a los alumnos que hay dos formas de obtener las piezas del puzzle: empleando un troquel que trocea la lámina en las distintas piezas (diseño descendente) o bien recortando las piezas de forma individual y dibujando en cada una la fracción de la figura total que le corresponde (diseño ascendente).

A la vista de esto resulta evidente que esta metáfora también es la menos transparente de las tres presentadas puesto que aunque son muchos los aspectos de la metáfora no aplicables al concepto explicado no son fáciles de apreciar por parte de los alumnos.

Por esa razón, esta metáfora resulta muy útil plantearla para su discusión y comentario dentro del grupo clase. La finalidad fundamental de la discusión es que los alumnos se percaten de que el diseño ascendente y, especialmente, el descendente no se parecen a la forma en que se fabrican los puzzles y que, sin embargo, empleando uno u otro pueden obtenerse efectos similares a los logrados en la metáfora: modularidad o nivel de detalle incorrectos, interfaces poco adecuados, difícil integración de los elementos, etc.

La metáfora de los fabricantes de puzzles se ha utilizado con éxito en la asignatura Metodología de la Programación I de Ingeniería Técnica en Informática.

## 6. Conclusiones

En este artículo se han presentado las líneas teóricas fundamentales que marcan el actual estudio de la metáfora así como una estrategia muy sencilla para el desarrollo sistematizado de metáforas didácticas.

Esta estrategia permite obtener, a partir del concepto que se desea explicar, metáforas plausibles, claras y transparentes que pueden representar tanto sistemas o conceptos tangibles como conceptos totalmente abstractos.

Para ilustrar la utilización de la estrategia propuesta se han descrito tres metáforas didácticas diferentes abarcando desde la

arquitectura Von Neumann hasta el diseño descendente pasando por punteros y memoria dinámica.

## Referencias

- [1] David P. Ausubel. *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Edición en español de *Educational Psychology. A cognitive View*. 1976/1968.
- [2] Katherine N. Macfarlane, Barbee T. Mynatt. *A study of an advance organizer as a technique for teaching computer programming concepts*. Proceedings of the 19th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, pp. 240-243. 1988.
- [3] Ricardo Jiménez Peris, Cristóbal Pareja Flores, Marta Patiño Martínez, J. Ángel Velázquez Iturbide. *The Locker Metaphor to Teach Dynamic Memory*. ACM SIGCSE Technical Symposium'97. San José, California, EE.UU., pp. 169-173. 1997.
- [4] Harvey M. Deitel. *Introducción a los sistemas operativos (segunda edición)*. Edición en español de *Operating Systems, Second Edition*. 1993/1990.
- [5] George A. Miller. *The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information*. *The Psychological Review*, vol. 63, pp. 81-97. 1956.
- [6] Richard E. Mayer. *Some conditions of meaningful learning for computer programming: advance organizers and subject control of frame order*. *Journal of Educational Psychology*, vol. 68 (2), pp. 143-150. 1976.
- [7] John M. Carroll, John C. Thomas. *Metaphor and the Cognitive Representation of Computing Systems*. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 12 (2), pp. 107-116. 1982.
- [8] Dedre Gentner. *Structure mapping: A theoretical framework for analogy*. *Cognitive Science*, vol. 7, pp. 155-170. 1983.