

SISTEMA DIÉDRICO. TÉCNICAS EDUCATIVAS CON AYUDAS 3D EN EL ESPACIO REAL, Y SU SIMULACIÓN EN EL ESPACIO VIRTUAL

Juan Beltrán Chica
jbeltran@ugr.es

José Manuel Beltrán Polaina

Universidad de Granada(España)

Hay una importante oferta de software educativo con gran variedad en sus características formales y metodológicas; pero a pesar de esta potencialidad se pueden desaprovechar sus posibilidades pedagógicas si, ante esta diversidad, no se selecciona, no se configura o no se aplica, adecuadamente. Se ha realizado un estudio contrastado de distintas técnicas didácticas con diferentes muestras de alumnos, en donde se han utilizado espacios tridimensionales reales y tangibles, con un material didáctico especialmente diseñado para la enseñanza del sistema diédrico. Se han seleccionado sus cualidades más relevantes, vistos los resultados obtenidos, para ofrecer modelos en el diseño, la configuración o la elección del software. Palabras clave: Geometría Descriptiva, Sistema diédrico, Dibujo técnico, Didáctica, Estudio y Enseñanza.

There is an important offer of educational software with great variety in its formal and methodological characteristics; but in spite of this potential, its pedagogic possibilities can be wasted if, in the face of this diversity, they are not selected, not configured, or not applied, appropriately. A study has been carried out contrasting the different didactics techniques with different samples of students, wherein real and tangible three-dimensional spaces have been used with a specially designed didactic material for the teaching of the European diedric system. Its most relevant qualities have been selected based on the obtained result to offer models in its design and the configuration or election of the software.

Keywords: Descriptive Geometry, European Diedric System, Technical Drawing, Didactics, Study and Teaching.

1. Introducción

Se han estudiado las posibilidades pedagógicas de varias técnicas educativas, tradicionales y/o multimedia, susceptibles de ser implantadas dentro de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC), dada la importancia de la adecuación del sistema educativo a las necesidades de la nueva sociedad (Maroto Sánchez, 2007). Concretamente, para la enseñanza del sistema diédrico se ha hallado

una gran diversidad formal y metodológica en el software educativo disponible, pero si se selecciona y aplica de modo inadecuado podría no producir los beneficios que potencialmente pueden poseer. En especial se han desarrollado dos técnicas educativas que por medio de maquetas utilizan el *espacio real y tangible*, con el objetivo de que los hallazgos que se consigan puedan servir de referencia u orientación en el diseño o en la selección de software educativo que utiliza los *espacios virtuales* infográficos.

Este trabajo se ha centrado en la obtención de las vistas (planta, alzado y perfil, en sistema europeo) porque esta tarea es fundamental para el posterior desarrollo formativo del alumno. Los autores han ensayado y utilizado, en enseñanzas de secundaria y universitaria, diferentes métodos y técnicas educativas: (a) “tradicional”, (b) con maquetas y soportes multimedia no informáticos, y (c) con medios informáticos (Beltrán Chica, 1989; Beltrán Polaina, 2006), con el objetivo de (1) valorar la eficacia de las técnicas con maquetas y soportes multimedia no informáticos y (2) utilizar los hallazgos que se obtengan para definir directrices útiles en el diseño, selección y uso de software educativo para esta materia.

Se utilizan *ayudas 3D*, tanto en los *espacios reales* como en los *virtuales*, consistentes en exponer el objeto de estudio en tres dimensiones (3D) y, simultáneamente, en sus proyecciones en el plano bidimensional (2D). Esta es una ayuda frecuentemente utilizada en el aula, en trazados en la pizarra, en ilustraciones gráficas de libros, láminas de dibujo, etc. En este estudio se trabaja bajo la hipótesis de que la *ayuda 3D* aumenta notablemente si las explicaciones se realizan en el *espacio real y tangible* utilizando

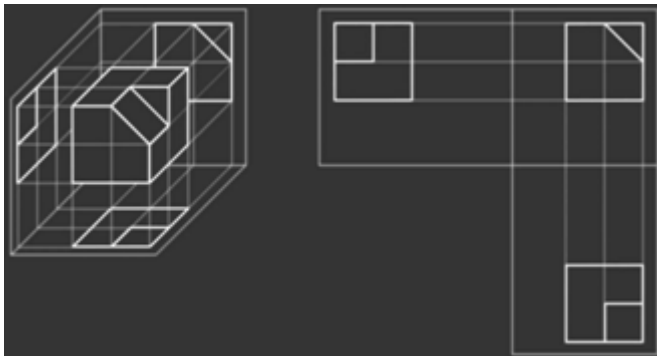
maquetas (un triedro de planos abatibles y otros materiales complementarios) y que estas ayudas también deberán de ser eficaces aplicándolas en el *espacio virtual*.

Documentación.- En gran parte de la bibliografía consultada se han encontrado las *ayudas 3D* citadas con ilustraciones gráficas que muestran los contenidos en una representación en perspectiva (3D) junto a otro dibujo con los planos abatidos en sistema diédrico (Suárez Cañedo, 1958; Izquierdo Asensi, 1971; Frede-Altenidiker, 1974; Giménez Arribas, 1980; Rodríguez de Abajo, 1982; Raya Moral, 1984; Bonet Minguet, 1986; Cabezas Gelabert y Ortega de Uhler, 2001). Las *ayudas 3D* aparecen también en libros de texto de diferentes etapas educativas (Belda Mendoza y Capilla Argüelles, 1976; Solanas Donoso, 1977; Gutiérrez Vázquez, Izquierdo Asensi, Navarro de Zuvillaga y Placencia Valero, 1979; Rodríguez de Abajo, García Cordera y Ruiz Aja, 1980).

2. Las técnicas educativas

2.1. Método “tradicional”

Al aplicar el método que se podría denominar



como “tradicional” se recurre a los trazados en la pizarra (fig.1), con diferentes estrategias para aplicar *ayudas 3D*. Las explicaciones y trazados para hallar las vistas en sistema diédrico se acompañan de otros dibujos en perspectiva caballera, con los mismos contenidos, para facilitar el estudio comparativo 2D / 3D. Se trazan las proyecciones en perspectiva (3D), se explica el abatimiento de los planos del triedro y cómo se hallan (2D) la planta, el alzado y el perfil.

2. 2. Representaciones como sombras (*modo sombras*)

La comprensión de estas proyecciones o vistas se pretende facilitar materializando los espacios de trabajo para hacerlos extraordinariamente perceptibles. Así, la *ayuda 3D* consiste en utilizar (figuras 3 a 5) un triedro de planos abatibles que puede girar alrededor de los ejes X y Z. Dentro se pueden fijar figuras de alambre (cuerpos geométricos) cuyas sombras pueden proyectarse y dibujarse en sus planos. En la figura 2 se ve la instalación de este material en un aula en donde hay un proyector de luz que envía sus rayos sobre los planos de proyección del triedro. El contenido a estudiar es, por

ejemplo, (A) una pirámide (de alambre) que se ha colocado adecuadamente para que genere una “copia” (S), sombra o representación.

Con este material didáctico se puede distinguir fácilmente entre el espacio real (3D) y el espacio representado (2D). Al alumno se le hace ver el espacio tridimensional compuesto por el diedro y la pirámide (A), junto a la sombra (S) que se proyecta. De este modo se estudian más fácilmente las similitudes y las diferencias entre las formas reales y las formas representadas (las sombras proyectadas), y cómo los elementos 2D y 3D evolucionan simultáneamente en sus movimientos y transformaciones.

En la secuencia de imágenes de las figuras 3 y 4: se va manipulando el triedro para que el objeto (la casa de alambre) proyecte su sombra, dando la proyección vertical que se traza con rotulador; después se gira el triedro hasta que llega a la posición de proyectar y trazar la planta; seguidamente se hacen los giros necesarios para hallar el perfil. La casa de alambre, de construcción casera, presenta imprecisiones geométricas que, sin embargo, favorecen la comprensión de las proyecciones porque las sombras de las aristas, que deberían de coincidir exactamente, se ven como sombras de alambres (aristas) diferentes. Y

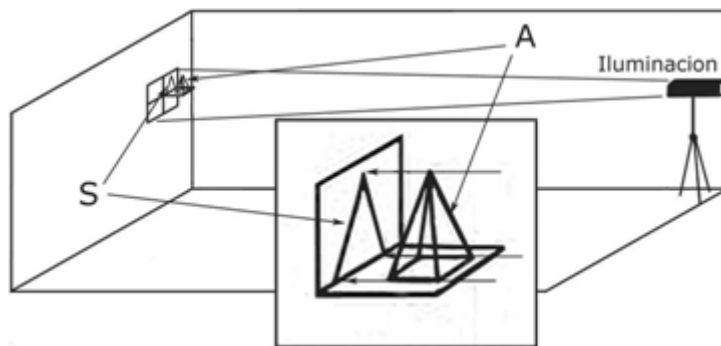


Figura n°2.

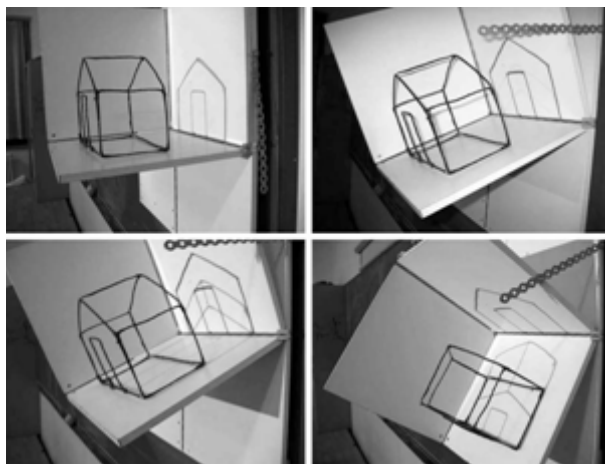


Figura nº 3.

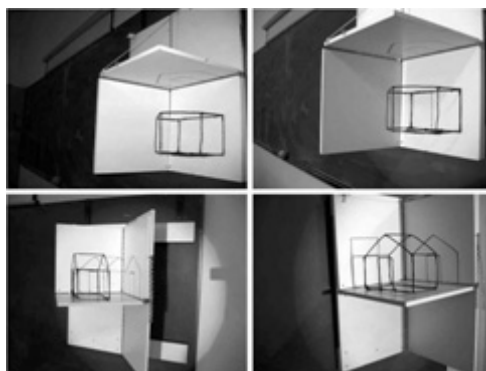


Figura nº 4.

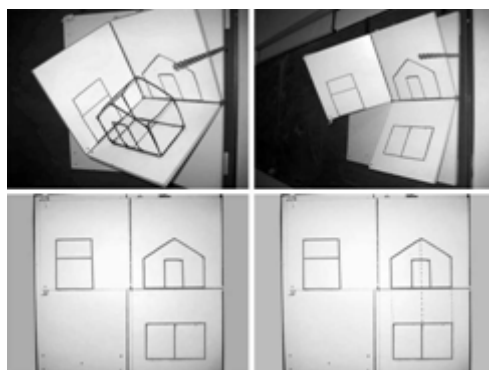


Figura nº 5.

por último (fig. 5), una vez dibujadas las vistas, se quita la casa de alambre y se abaten los tres planos de proyección. Ya en esta posición, se pueden trazar las líneas de correspondencia entre las tres vistas.

De esta manera, la figura real (la casa) y sus representaciones se encuentran muy cercanas, y el alumno las comprende por la simple percepción visual. Con el empleo de las sombras, el centro de proyección (el proyector de luz) está a distancia finita y, en rigor, no puede producir sombras a modo de proyecciones cilíndricas ortogonales; esto no puede ocurrir porque el punto de luz no puede estar en el infinito. Pero este inconveniente queda atenuado, por un lado, ubicando la fuente de luz lo más alejada posible, por ejemplo, en la pared opuesta; y, por otro lado, ilustrando al alumno para que comprenda este error geométrico y lo permita por las ventajas pedagógicas que este material didáctico ofrece. Realmente, y a efectos prácticos, no hay tal inconveniente puesto que se trata de un error conceptual y teórico que el alumno comprende y consiente.

2.3. Representaciones como vistas (*modo vistas*)

En la instalación que ahora se hace en el aula (fig. 6) se utiliza una cámara de vídeo con zoom colocada en el mismo lugar que antes ocupaba el proyector de luz. La figura a estudiar, (la pirámide A), es captada por la cámara de vídeo cuya señal es transmitida al proyector de vídeo (“cañón”) que a su vez la proyecta en la pantalla (P). El proyector o “cañón” de vídeo se regula (con su zoom, o por su distancia a la pantalla) para que la imagen proyectada (P) en la pantalla tenga la misma escala que el triedro real.

Aquí, la *ayuda 3D* consiste en que: los alumnos pueden ver el triedro real desde sus mesas (los lugares V1, V2, V3, V4, etc.) y también pueden observar lo que se ve desde la cámara. O sea, pueden ver el objeto de estudio desde sus propios ojos y, también, desde el ojo (con “visión cilíndrica ortogonal”) de la cámara de vídeo. Por lo cual todos pueden estudiar simultánea y/o alternativamente la realidad tangible (A) y su representación (P), durante las explicaciones del profesor.

El alumno resuelve las proyecciones diédricas pensando en las vistas (con “visión cilíndrica”), es decir, pensando en cómo se ve la casa desde arriba, cómo se ve de frente y cómo se ve de perfil. También con las “vistas” (como antes con las “sombras”) el alumno comprende y consiente el error geométrico que se produce al utilizar una cámara de vídeo provista de zoom (la cual no puede dar proyecciones cilíndricas ortogonales porque su punto de vista no puede estar en el infinito).

En las figuras 7 y 8 se ve a la izquierda el “cañón” de vídeo que proyecta en la pantalla lo que ve la cámara. En la parte derecha está el triedro real con el objeto que se estudia: en la figura 7 es una casa opaca, con las caras oblicuas a los planos verticales del triedro; en la figura 8 el objeto es de alambre, construido con mayor exactitud geométrica, con sus caras paralelas a los planos verticales del diedro.

En las figuras 9 y 10 se muestra una secuencia de 12 imágenes de los giros del triedro sobre sus ejes X y Z para hallar la planta, el alzado y el perfil (ver fotos 1, 6 y 12 retocadas con las vistas en negro). Es una sucesión de imágenes como las que toma la cámara de vídeo para proyectarlas sobre diferentes soportes, según convenga: (a) sobre un panel plano portátil recubierto de pliegos de papel desechable (ver figuras 7 y

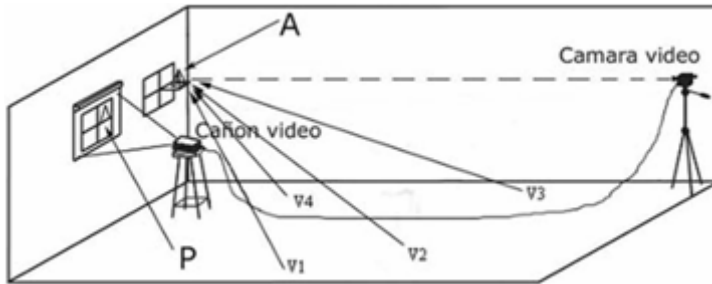


Figura nº 6.



Figura nº 7.

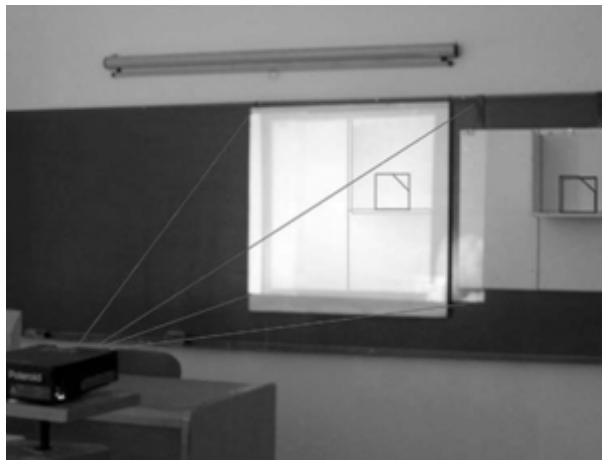


Figura nº 8.

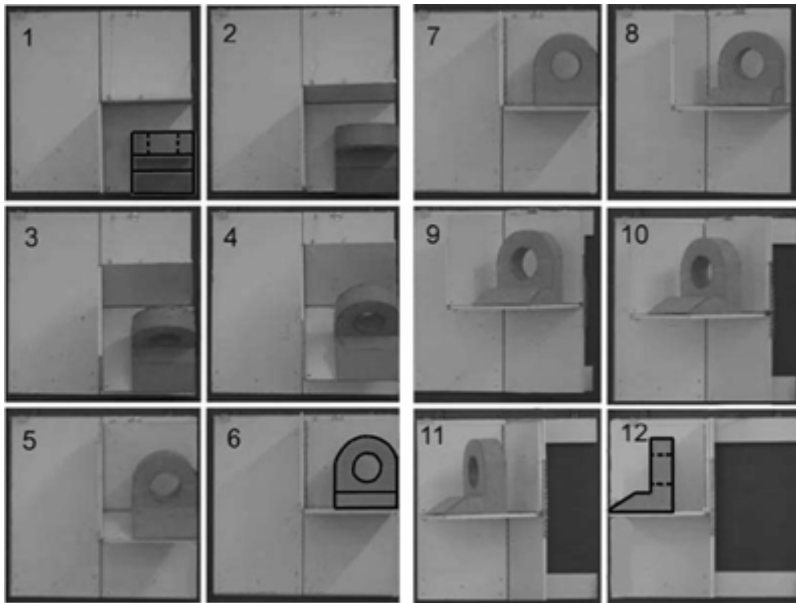


Figura n° 9-10.

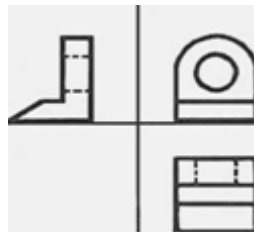


Figura n° 10: bis.

8) en donde se pueden ver y trazar las vistas con rotulador; (b) sobre la pizarra en donde los trazados se hacen con tiza, aunque se ven con poca luz; y (c) sobre la pantalla enrollable que hay en la parte superior de la pizarra, que puede ser colocada temporalmente sobre los anteriores soportes según los requerimientos didácticos. Las vistas trazadas, con rotulador o con tiza, quedan ubicadas en sistema

europo en su correcta posición (ver figura 10 bis).

3. Método

La muestra.- Está formada por tres grupos de estudiantes de primer curso de Bellas Artes, en el curso 2006-07, matriculados en la asignatura “Sistemas de Análisis de la Forma

y la Representación”, de 9 créditos, troncal y anual, en la cual se estudia el sistema diédrico y las perspectivas caballera, axonométrica y cónica. Participan 95 alumnos divididos en los grupos A, B y C. En el grupo A hay 39 alumnos, en el B hay 15 y en el C 41. La mayoría proviene del bachillerato.

Antecedentes académicos.- Los alumnos se han clasificado en tres niveles: el nivel I se ha asignado a los alumnos que solamente habrían cursado el sistema diédrico en etapas anteriores al bachillerato; el nivel II a los que, además, han cursado esta materia en el primer curso de bachillerato; y el nivel III con los que, además, la han cursado en segundo curso (o niveles equivalentes, o superiores). Los resultados indican que, de los 95 participantes, en el nivel I hay 23 alumnos (el 24,21%); del nivel II hay 61 (el 64,21%) y del nivel III hay 11 (el 11,5%). Como se puede ver (tabla 1) es una muestra heterogénea con importantes desniveles.

Nivel	Frecuencia	Porcentaje
III	11	11,58 %
II	61	64,21 %
I	23	24,21 %

Tabla nº 1: Niveles según los antecedentes académicos.

Aplicación de las técnicas educativas y grupo control.- Cada una de las tres técnicas explicadas anteriormente se han aplicado a tres grupos (A, B y C) distintos: Al grupo A, la técnica A: *Método “tradicional”*. Al grupo B, la técnica B: *Modo sombras*. Y al grupo C, la técnica C: *Modo vistas*. El grupo A se considera el grupo control y los grupos B y C como los grupos intervenidos.

Variables, instrumentos de medida e intervenciones.- La variable independiente se corresponde con las intervenciones educativas según las tres técnicas anteriormente expuestas, y la variable dependiente valora los efectos de estas intervenciones en el alumnado. Para valorar la variable dependiente primero se mide el nivel del alumnado de cada uno de los grupos (nivel inicial) antes de la intervención educativa, tras la cual se efectúa una segunda medición (nivel final) en los mismos grupos. Las diferencias entre ambas mediciones son los incrementos registrados en el alumno los cuales informan del rendimiento de cada una de las técnicas (A, B y C) aplicadas. Como instrumento de medida se utilizan láminas de dibujo, diseñadas para este estudio, que han de cumplimentar los alumnos. El valor inicial se mide con la lámina de la figura 11 mediante un sondeo inicial. Las intervenciones educativas se realizan utilizando la lámina de la figura 12; y el valor final se mide con la lámina de la figura 13 mediante la prueba final.

3.1. Sondeo inicial

Como instrumento de medida para la evaluación inicial de los tres grupos (A, B y C) de alumnos se ha utilizado, como se ha dicho, la lámina de la figura 11. Al realizar esta prueba, las instrucciones dadas al alumnado se limitaron a indicarles que trazaran a mano alzada las tres vistas de las figuras dadas en los espacios correspondientes. Se realizaron estas pruebas dando un tiempo máximo de 40’.

3.2. Intervención educativa

En las distintas intervenciones (grupos A,

B y C) se ha cuidado de que los diferentes efectos que produzcan en los alumnos, de cada uno de los tres grupos, estén causados solamente por las cualidades y peculiaridades de cada técnica, procurando evitar cualquier otro tipo de influencia. Por lo cual las diferencias están en las técnicas aplicadas, y los demás elementos son comunes: (a) se ha explicado con las ayudas 3D de manera que el alumno tenga presente el espacio 3D y 2D para que realice las comparaciones pertinentes, (b) se han explicado todas las vistas de cada una de las seis figuras, y en orden creciente de dificultad, (c) se han mostrado las soluciones 2D en los planos de proyección del triedro y se ha dado tiempo para que los alumnos puedan trazarlas en sus correspondientes láminas, (e) las tres intervenciones se han realizado al comienzo del curso, sin ningún tipo de actividad formativa previa y (f) siempre ha actuado el mismo experimentador. En las tres intervenciones se ha utilizado la lámina de la figura 12, la cual presenta un grado de dificultad más bajo que las otras dos porque aquí la mayor atención del alumno ha de emplearse en comprender los fundamentos del sistema diédrico, evitando esfuerzos para comprender las figuras.

3.3. Prueba final

La intervención educativa y la prueba final se realizaron, una tras otra, en la misma sesión y sin interrupción para evitar influencias externas; así, una vez recogidas las láminas de la figura 12, inmediatamente se repartieron las de la figura 13 y seguidamente se procedió a su trazado sin ningún tipo de ayuda, y a modo de examen. Así se procedió con cada uno de los grupos A, B y C. No surgieron problemas por exceso de trabajo o falta de

tiempo. Esta última prueba contiene un nivel de dificultad algo mayor que la del sondeo inicial con el fin de que se puedan captar y valorar mejor los previsibles incrementos causados por la intervención anterior.

4. Valoración de los resultados

4.1. Criterios de valoración.

En las pruebas (inicial y final) se ha valorado (a) que el alumno sepa trazar las vistas y (b) que además estén ubicadas en su lugar correspondiente, según el sistema europeo; es decir, se mide su comprensión del funcionamiento del sistema diédrico: (a) cómo se proyecta la figura en cada plano del triedro y (b) cómo se abaten los planos de proyección. La puntuación mayor que se puede obtener es el resultado de multiplicar las 6 figuras de la lámina por las 3 proyecciones que genera cada una, o sea, 18.

4.2. Análisis de datos

Como se ve en la tabla 1, la muestra es heterogénea, y se ha actuado en consecuencia. Para cuantificar los resultados, el dato que se ha de obtener es el incremento o diferencia en el número de aciertos entre la prueba inicial y la prueba final. Casi no ha habido diferencia en los alumnos de mayor nivel: aquéllos que en la prueba inicial han obtenido 17 y 18 aciertos (18 es lo máximo). Entonces se decidió no contar con estos alumnos al hacer las valoraciones porque no iban a aportar datos significativos, por lo que la muestra ha quedado reducida al *conjunto M* (tabla 2) compuesto por los alumnos de los grupos A, B y C que en la prueba inicial han obtenido hasta 16 aciertos (margen 1-16). Así, se ha computado la muestra del *conjunto M*, cuyos resultados se pueden ver en la tabla 3

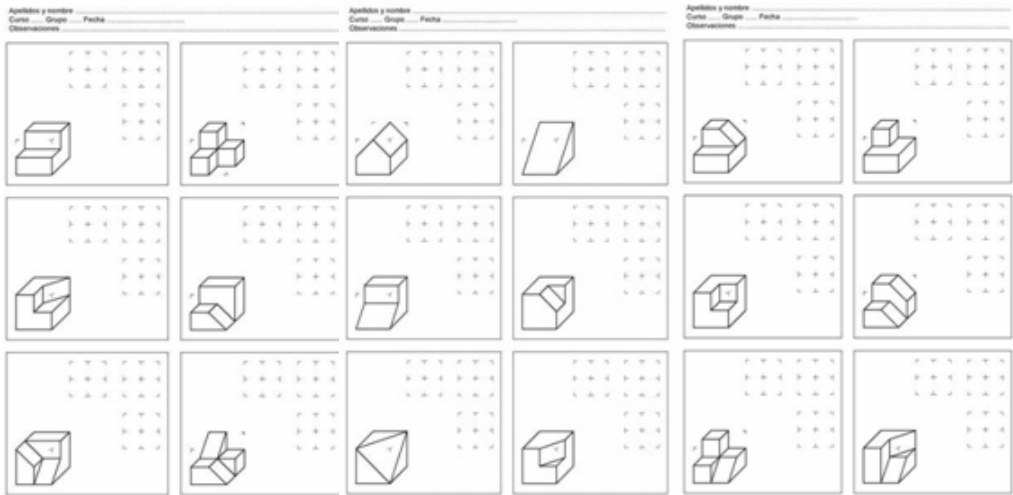


Figura nº 11-12-13.

y en la gráfica 1. (Se ha preferido empezar el margen desde 1; no se ha registrado el valor 0.) Después de computar el *conjunto M* se estimó conveniente definir el *subconjunto N* (tabla 2) con alumnos del *conjunto M* que en la prueba inicial solamente llegaron hasta 8 aciertos (margen 1-8). A este subconjunto se le ha hecho una computación aparte cuyos resultados se pueden ver en la tabla 4 y en la gráfica 2. Para evitar confusiones hay que tener presente que el *conjunto M* no ha disminuido de tamaño, sino que sigue conteniendo al *subconjunto N*; por lo cual, los datos obtenidos del *conjunto M* siempre contienen los de los alumnos del *subconjunto N*. Se ha preferido hacerlo así, en lugar de computar como dos conjuntos independientes. En la tabla 2, se puede ver que en el grupo A los participantes (muestra completa) han sido 39 alumnos. Excluyendo los de mayor nivel (17-18 aciertos) quedan 21 para hacer la primera computación; la segunda computación se hace con 14 alumnos: los que

en el sondeo inicial obtuvieron hasta 8 aciertos. Del mismo modo, en el grupo B con 15 alumnos, han quedado 9 (1-16) y la segunda computación se ha realizado con 7 (margen 1-8). Y en el grupo C, los participantes totales han sido 41 alumnos que se han reducido a 22 (margen 1-16 aciertos), y la segunda computación se ha realizado con 15 (margen entre 1-8).

4.2.1. Valoración del conjunto M (margen 1-16)

En la tabla 3 y la gráfica 1 aparecen los datos de los alumnos (*conjunto M*) que en la prueba inicial han obtenido hasta 16 aciertos. Los incrementos se comparan en la gráfica 3 y la tabla 5.

	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Muestra completa	39	15	41
Conjunto M, margen 1-16	21	9	22
Subconjunto N, margen 1-8	14	7	15

Tabla n° 2: Muestra completa, conjunto M y subconjunto N, clasificados según el margen de aciertos.

	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Conjunto M, margen 1-16	21	9	22
Máximo de aciertos	378	162	396
Aciertos prueba inicial	170	61	178
Aciertos prueba final	324	154	380
Incremento	154	93	202
Aciertos prueba inicial %	44,97 %	37,65 %	44,95 %
Aciertos prueba final %	85,71 %	95,06 %	95,95 %
Incremento %	40,74 %	57,41 %	51 %

Tabla n° 3: Valoraciones (conjunto margen 1-16).

	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Subconjunto N, margen 1-8	14	7	15
Máximo aciertos	252	126	270
Aciertos prueba inicial	80	36	88
Aciertos prueba final	199	118	261
Incremento	119	82	173
Aciertos prueba inicial %	31,74 %	28,57 %	32,60 %
Aciertos prueba final %	78,97 %	93,65 %	96,66 %
Incremento %	47,23 %	65,08 %	64,06 %

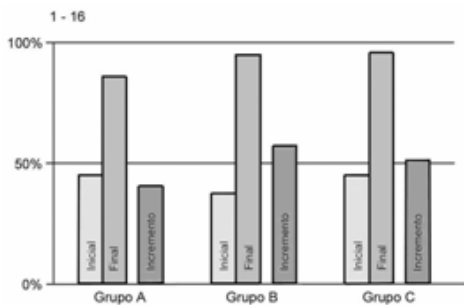
Tabla n° 4: Valoraciones (subconjunto margen 1-8).

4.2.2. Valoración del subconjunto N (margen 1-8)

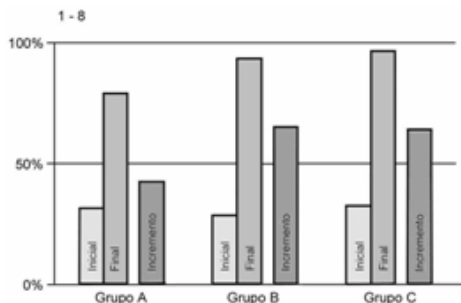
En la tabla 4 y la gráfica 2 están representados los datos de los alumnos (subconjunto N) que en la prueba inicial han obtenido hasta 8 aciertos. Los incrementos se comparan en la gráfica 3 y la tabla 5.

4.2.3. Incrementos porcentuales (diferencias de aciertos entre la prueba inicial y la final, gráfica 3)

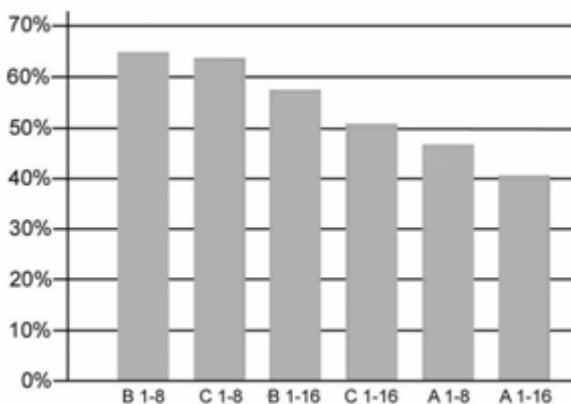
El mayor incremento, según la técnica aplicada, se han producido con la técnica B, modo sombras, con alumnos de menor nivel (margen 1-8) pertenecientes al subconjunto N; le sigue muy de cerca la técnica C, modo



Gráfica nº 1: Valoraciones (conjunto M, margen 1-16).



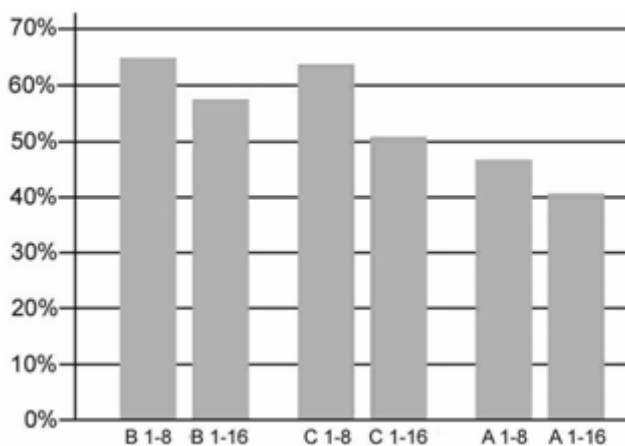
Gráfica nº 2: Valoraciones (subconjunto N, margen 1-8).



Gráfica nº 3: Incrementos ordenados de mayor a menor.

1.	(65,08 %): Técnica B, <i>modo sombras</i> , margen 1-8, subconjunto N.
2.	(64,06 %): Técnica C, <i>modo vistas</i> , margen 1-8, subconjunto N.
3.	(57,41 %): Técnica B, <i>modo sombras</i> , margen 1-16, conjunto M.
4.	(51,00 %): Técnica C, <i>modo vistas</i> , margen 1-16, conjunto M.
5.	(47,23 %): Técnica A, <i>método tradicional</i> , margen 1-8, subconjunto N.
6.	(40,74 %): Técnica A, <i>método tradicional</i> , margen 1-16, conjunto M.

Tabla nº 5: Comparación de los incrementos.



Gráfica n° 4: Incrementos ordenados por técnicas de mayor a menor.

vistas, también con alumnos pertenecientes al mismo subconjunto. Se observa un incremento menor con la técnica B, *modo sombras*, con alumnos del *conjunto M* (margen 1-16) y aún menor con la técnica C, *modo vistas*, también con alumnos del mismo conjunto. Los incrementos más bajos se han registrado con el *modo tradicional* (*subconjunto N*, margen 1-8) y menos si se valora todo el *conjunto M* (margen 1-16).

En la gráfica 4 los incrementos aparecen emparejados (*conjunto M* a la izquierda / *subconjunto N* a la derecha) ordenados por técnicas, de mayor a menor. En cada uno de los tres grupos (A, B y C) los incrementos de los alumnos del *subgrupo M* (1-8) han sido mayores que cuando se valora al *conjunto M* completo (1-16), con mayor diferencia en la técnica C, y menor en la B y la A. Según la técnica con la que se ha intervenido, se han registrado los incrementos mayores en la B, *modo sombras*, seguida de la C, *modo vistas* y en tercer lugar la A, *método tradicional*. En la gráfica 4 se observa en la columna “C 1-8” un notable incremento en la intervención de

la técnica C, *modo vistas*, a alumnos de menor nivel inicial (1-8).

5. Comentarios, conclusiones y futuros trabajos

Según este estudio, en relación al *método tradicional*, las técnicas educativas más eficaces son la B, *modo sombras*, y la C, *modo vistas* (gráfica 4); ambas exponen los contenidos en el *espacio tridimensional real* a la vez que en sus correspondientes proyecciones planas, lo cual corrobora la hipótesis formulada de que las *ayudas 3D* aumentan notablemente si las explicaciones se realizan en el *espacio real y tangible*.

La técnica B, *modo sombras*, ha producido unos incrementos relativamente mayores que la C, *modo vistas*. Quizá la técnica B dispone de más recursos porque, en cierta manera, explica las vistas de modo mixto (*sombras y vistas*): las explica como proyecciones (sombras) en el plano, lo cual no ocurre con la técnica C *modo vistas* y, con los giros del triedro, se dan también pistas para entender

las proyecciones como vistas desde arriba, de frente y de perfil. Sin embargo, buscando la explicación de por qué la columna “C 1-8” (gráfica 4) presenta un incremento tan notable, se podría dar otra explicación: en la gráfica 3, la diferencia entre las columnas “B 1-16” y “C 1-16” es mayor que la que hay entre las columnas “B 1-8” y “C 1-8”; esto significa que las diferencias registradas entre la técnica B y la C es de mayor magnitud entre todos los alumnos del *conjunto M* (57,41 % - 51 % = 6’41 %) que entre los alumnos del *subconjunto N* de menor nivel (65,08 % - 64,06 % = 1’02 %). Entonces, estas diferencias entre las técnicas, quizá podrían explicarse también por el nivel o tipo de formación del alumno en el momento de las intervenciones de este estudio, y no exclusivamente por la supuesta superioridad de la técnica B. En efecto, hay que tener presente que una parte del alumnado del *conjunto M* ha estudiado en bachillerato las proyecciones ortogonales en sistema diédrico y entiende que la planta, el alzado y el perfil son el resultado de unas proyecciones en el plano. Este bagaje seguramente predispone al alumno para acoger mejor la intervención en *modo sombras* (proyecciones) que es más afín con su anterior formación. Esta explicación está reforzada por hecho de que entre los alumnos del *subconjunto N*, a los que se les supone unos antecedentes formativos de menor nivel en sistema diédrico, la diferencia registrada es mucho menor, o sea, aprenden casi igual con ambas técnicas.

Basándose en este estudio y en la experiencia en el ejercicio docente, se pueden hacer algunas suposiciones y anticipaciones que podrían inspirar nuevas hipótesis para futuras investigaciones. En este sentido se puede decir:

- Que en el *conjunto M* la técnica B ha

producido incrementos mayores que la C, pero este hecho no debe de ser razón suficiente para justificar su primacía porque con el *subconjunto N* la técnica C casi ha dado los mismos incrementos que la B. Con estos datos se podría pensar que la técnica C es más eficaz con alumnos de menor nivel o de niveles iniciales; para comprobarlo habría que ver los resultados si estas dos técnicas se prueban con alumnos de la etapa educativa anterior al bachillerato, cuando por primera vez se les explican las proyecciones en sistema diédrico.

- Hay razones para creer que los beneficios de la técnica C, *modo vistas*, aplicada desde los inicios, son válidos también para fases más avanzadas en la formación del estudiante. La experiencia nos dice que ambos métodos (*proyecciones-sombras* y *vistas*) se complementan y deben de utilizarse alternativamente. Las técnicas B y C son útiles en los inicios de estas enseñanzas por las repercusiones que tendrán en el desarrollo posterior del alumno que le ayudarán a concebir e imaginar las cuestiones en el espacio tridimensional. Igualmente interesan al alumnado ya iniciado, con niveles mayores, porque pueden enriquecer su formación anterior. En cualquier caso, en el proceso educativo, el pedagogo podrá ir retirando estas *ayudas 3D* iniciales e ir utilizando con más frecuencia el *modo tradicional*, a la vez que el alumno también irá adquiriendo más autonomía en su proceso formativo.

- No hay que descartar el *método tradicional*. Cada método tiene su momento más idóneo de aplicación docente. El *método tradicional* es muy eficaz cuando el alumno va alcanzando determinados niveles de percepción y comprensión del espacio, incluso prescindiendo de las *ayudas 3D*.

- Que los recursos didácticos desarrollados

en el *espacio real*, en las técnicas B y C, muy probablemente deben de ser útiles también en el *espacio virtual*, en aplicaciones infográficas para la Enseñanza del Dibujo Técnico Asistida por Ordenador. Este trabajo puede aportar datos para definir unas directrices orientadoras: (a) para seleccionar y probar software educativo de entre la importante producción disponible y (b) para diseñar, producir y ensayar un software propio. Los autores han diseñado y manejan experimentalmente el software que, a modo de ejemplo y propuesta, se expone a continuación. En estas propuestas se emula el *modo sombras*, el *modo vistas* y un uso mixto.

- La enseñanza presencial tradicional no satisface las necesidades emergentes actuales (Tejada Fernández, 2007). Se exigen nuevos recursos y estrategias didácticas innovadoras. Hay muchas modalidades de uso del software educativo y muchas diferencias en la disposición y preparación del profesor y el alumno para el uso de las nuevas tecnologías. Con una preparación muy básica, esta actividad se ve facilitada con un software como el que aquí se ofrece: el profesor puede explicar en cualquier lugar con un ordenador portátil, en el aula con la ayuda de un “cañón” de proyección, y el alumno puede complementar su formación en su propio ordenador con los ficheros informáticos que le proporcione el profesor, a través de Internet u otro medio. El profesor o el alumno solamente necesita saber manejar ficheros de vídeo a modo de moviola, como si de una película se tratara, en donde se puede parar la imagen, avanzar, retroceder, etc. para explicar, estudiar o repasar el tema en cuestión.

En la figura 14 y siguientes se ven los “fotogramas” de ficheros de vídeo, en cuyo

“guión cinematográfico” van incluidas características pedagógicas anteriormente desarrolladas con maquetas reales.

En este vídeo (figuras 14 y 15) se ha emulado la técnica B (*modo sombras*) al proyectar la figura (una casa en 3D) sobre los tres planos del diedro (2D). En el *espacio virtual* se pueden hacer presentaciones difíciles de conseguir en el *espacio real*: la figura flota en el aire, levita, para dejar que se vea mejor la planta; las tres vistas se estudian, por separado y juntas, con la ayuda de los rayos proyectantes (rectas que van desde puntos notables la casa hasta sus proyecciones en el plano); la casa es semitransparente para dejar ver los trazados que hay detrás; hay distintas coloraciones y tonos en sus superficies...

La figura en 3D y sus proyecciones en 2D se pueden observar, para su estudio y comprensión, de modo simultáneo en espacios conjuntados. Después la casa desaparece y se trazan las líneas de referencia antes de abatir (fig. 16) los planos del triedro.

También se pueden explicar las vistas en modo mixto (*modo sombras / vistas*): la casa en 3D (“fotogramas” de las figuras 17 a-b) puede ser vista desde arriba, de frente y de perfil, a la vez de sus proyecciones para comprobar que las tres vistas en 3D coinciden con las tres proyecciones en 2D anteriormente trazadas. El estudio en *modo mixto* ayuda a integrar las concepciones que se tiene (*sombras / vistas*) respecto al modo de operar, lo cual se hace mejor en el *espacio virtual* infográfico.

La secuencia de imágenes del siguiente vídeo (figuras 18 a 20) muestra la casa vista desde arriba (planta), vista de frente (alzado) y vista de perfil, mediante giros del triedro. Estas tres vistas se van trazando al pasar por las posiciones correspondientes; al final se trazan las líneas de referencia. Este vídeo emula

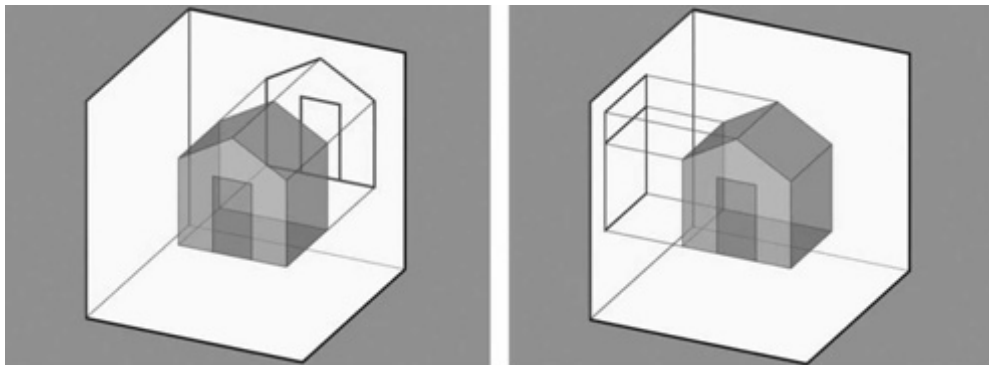


Figura nº 14.

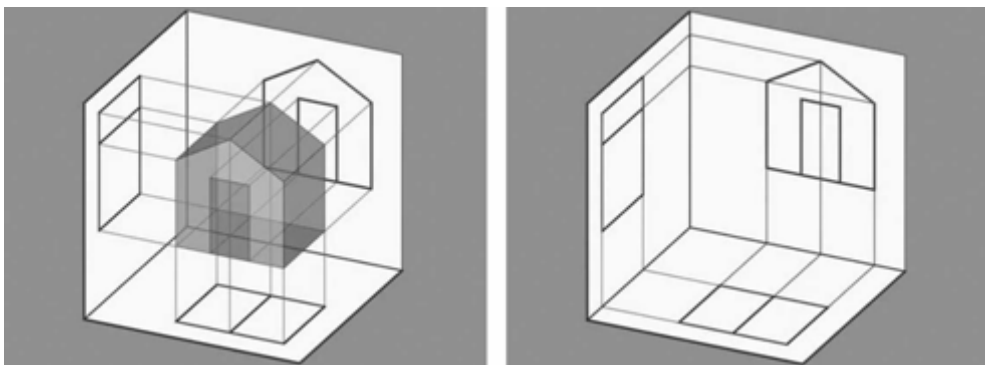


Figura nº 15.

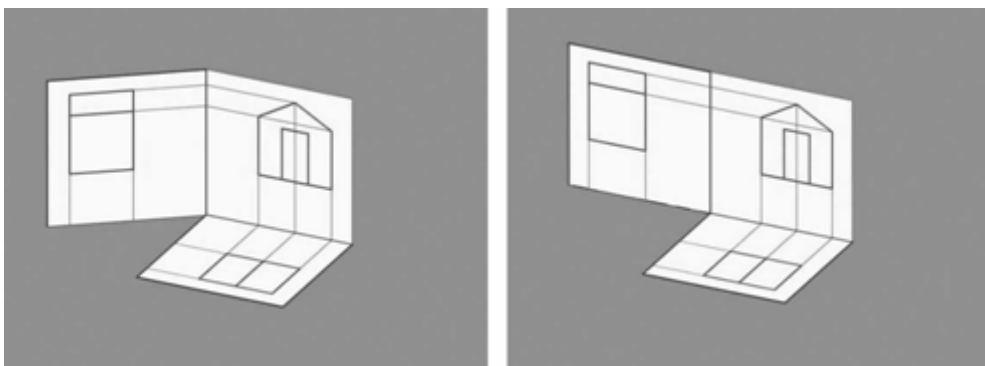


Figura nº 16.

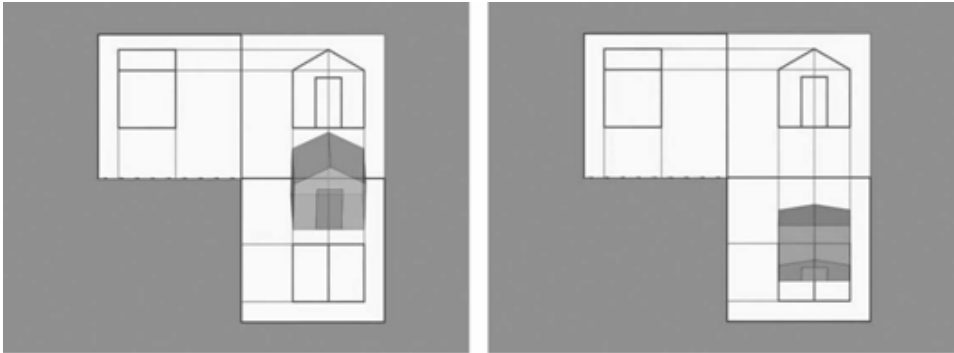


Figura nº 17a.

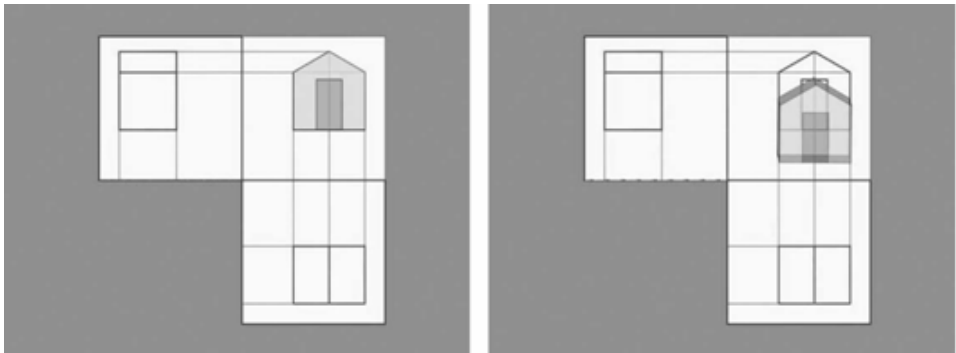


Figura nº 17b.

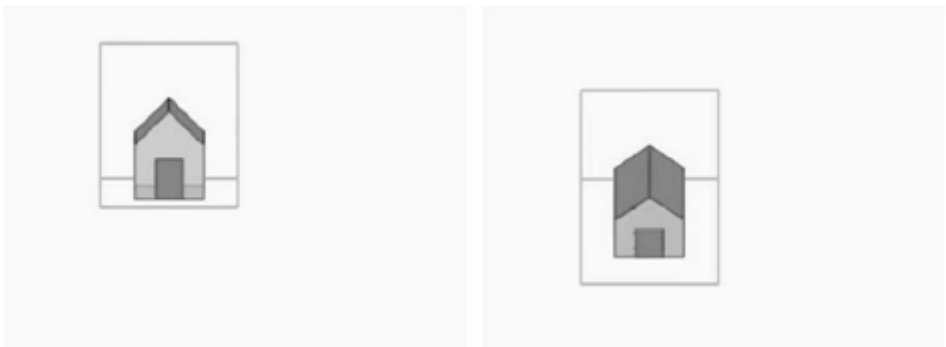


Figura nº 18.

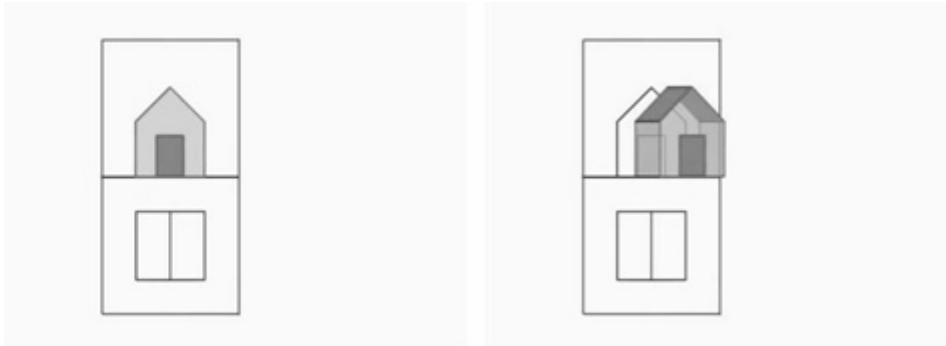


Figura nº 19.

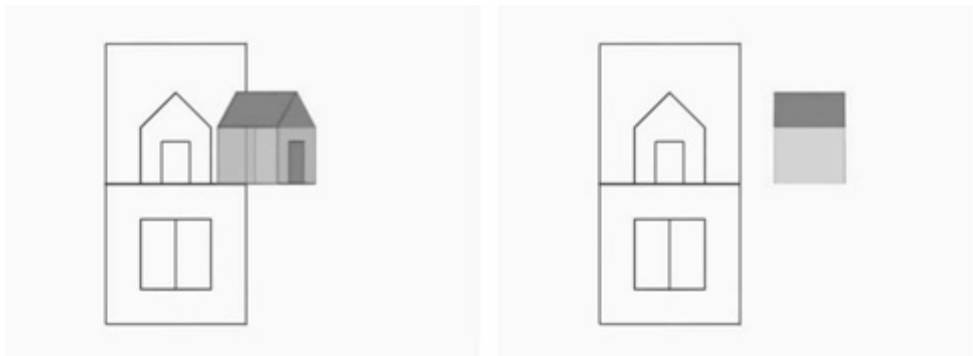


Figura nº 20.

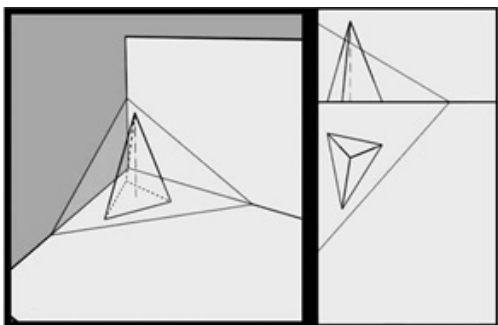


Figura nº 21.

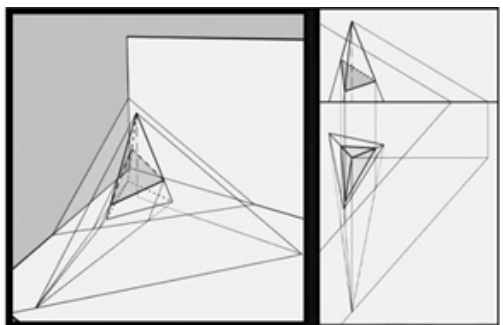


Figura nº 22.

la técnica C (*modo vistas*), aunque no enseña el objeto de estudio en 3D en una zona de al lado como antes se hizo en el *espacio real* con maquetas (ver las figuras 7 y 8).

En cambio en este último vídeo (figuras 21 y 22) sí se enseña el objeto de estudio en 3D (el diedro *virtual*, a la izquierda). La zona de estudio está dividida en dos: a la izquierda aparece, en perspectiva cónica, una pirámide con un plano secante, y a la derecha lo mismo en sistema diédrico. El vídeo enseña, paso a paso, cómo se halla la sección en los dos espacios a la vez: en perspectiva cónica (3D) y en sistema diédrico (2D). Conforme se avanza en la exposición de este vídeo hasta llegar a la figura 22, las líneas se van trazando una a una desde su punto de origen hasta su destino, alargándose (o acortándose, según se haga avanzar o retroceder la secuencia de imágenes a modo de moviola). En todos estos vídeos se puede parar la imagen, avanzar o retroceder a voluntad para dar tiempo a ver, atender consultas y comprender la cuestión. Este tipo de presentación puede ofrecer interesantes características didácticas y, como en otras que anteriormente se han hecho, sus recursos pueden superar a los de las técnicas B y C en *espacios reales*.

En todos los casos, de una manera u otra, los contenidos a estudiar se exponen en el espacio tridimensional (3D, real o virtual) y en sus correspondientes proyecciones planas (2D, reales o virtuales) para estudiarlos de modo simultáneo y/o alternativo, en espacios próximos o conjuntados, en donde se pueden realizar mejor las comparaciones.

Nuevas investigaciones, que incluyan estudios estadísticos con alumnos que cursan estas materias en diferentes etapas educativas, podrían valorar la veracidad de los datos obtenidos en este estudio y, sobre todo, en qué grado son ciertas las suposiciones

efectuadas en este capítulo y qué validez tienen las propuestas de software educativo que se ha expuesto. Este estudio indica que son eficaces las *ayudas 3D* según las técnicas B y C en el *espacio real* por lo que se supone que podrían servir como modelo de configuración del software en *espacios virtuales*.

La manipulación del software a modo de moviola es solamente una opción que pretende generalizar más su empleo docente. En otras opciones, se utiliza software educativo con aplicaciones CAD, manipulable a tiempo real, con posibilidad de variar su configuración y contenidos según las necesidades del momento, con mayores posibilidades didácticas a cambio de necesitar cierta preparación (preparación que deberá de incluirse, adecuadamente, en las diferentes etapas educativas, no solamente para manipulación del software didáctico sino también como “tablero de dibujo” complementario).

Como se ha visto, las modalidades que se proponen son cuatro: (1) *modo sombras* (figuras 14 a 16); (2) mixto *sombras/vistas* (como una segunda parte del vídeo anterior, fig. 17); (3) *modo vistas* en una sola zona de estudio (figuras 18 a 20); y (4) *modo vistas en dos zonas de estudio* (figuras 21 y 22). Para que su empleo sea asequible a cualquier usuario, se puede realizar un material en forma de ficheros de vídeo (tipo .avi o .mpg) que se puedan manejar a modo de “moviola” (para la fácil manipulación de vídeos, entre otras aplicaciones, se puede utilizar VirtualDub que se puede descargar de la red gratuitamente). Con un grado de preparación informática mayor, con el uso de sistemas CAD (AutoCad, 3DStudio...) las posibilidades pedagógicas de estas tecnologías aumentan mucho más. Es también un software útil para el aprendizaje

en línea (Online learning), un modo de crear, entregar y dirigir materiales utilizando la red (Perurena Cancio, L. y Hernández- Piloto Argüelles, E., 2003). Las propuestas quedan expuestas y están basadas en recursos didácticos desarrollados con maquetas en el espacio real y tangible que han demostrado su eficacia.

Referencias Bibliográficas

Bachmann, A. & Forberg, R. (1982). *Dibujo técnico*. Barcelona, Labor.

Belda, F. y Capilla, H. (1976). *Imagen*. Madrid: Bruño.

Beltran, J. (1989). *La enseñanza de los sistemas de representación asistida por ordenador*. Granada: Universidad de Granada.

Beltran, J.M. (2006). Estudio de la perspectiva cónica mediante la conjunción del espacio real y el proyectado utilizando la imagen digital. Granada: Universidad de Granada.

Bonet, E. (1986). *Sistemas de representación espacial. Sistema diédrico. Perspectiva axonométrica. Perspectiva oblicua*. Valencia,:Autor.

Cabezas, L. & Ortega, L.F. (2001). *Análisis gráfico y representación geométrica*. Barcelona: Universitat de Barcelona.

Frede-Altenidiker. (1974). *El dibujo en proyección diédrica*. Madrid: G. Gili.

Gimenez, J. (1980). *Estudio de los sistemas de representación*. Madrid.

Gutierrez, A. & otros. (1979). *Dibujo técnico*. Madrid: Anaya.

Izquierdo, F. (1971). *Geometría Descriptiva*. Madrid: Dossat.

Maroto, A. (2007). El uso de las nuevas tecnologías en el profesorado universitario. *Pixel-Bit, Julio 2007, 1-2*.

Perurena, L. & Hernandez, E. (2003). Sistema

de herramientas para la construcción y administración de cursos multimedia. *Pixel-Bit, Julio 2003, 2*.

Raya, B. (1984). *Perspectiva*. México: Gustavo Gili.

Rodriguez, F.J (1982). *Geometría descriptiva. Tomo I. Sistema diédrico*. San Sebastián: Donostiarra.

Rodriguez, F.J.; García, A. & Ruíz, E.J. (1980). *Técnicas gráficas*. San Sebastián: Donostiarra.

Solanas, J.V. (1977). *Dibujo técnico*. Madrid: Bruño.

Suarez, S. (1958). *Manual del delineante*. Madrid: Instituto Editorial Reus.

Tejada, J.; Navio, Z. A. y Ruíz, C. (2007). La didáctica en un entorno virtual interuniversitario: experimentación de ECTS apoyados en TIC. *Pixel-Bit, Julio 2007, 1-2*.

Fecha de recepción: 23-03-2009

Fecha de revisión: 17-12-2009

Fecha de aceptación: 22-12-2009