

# EL DESARROLLO DE LAS HABILIDADES DE VISIÓN ESPACIAL Y CROQUIS EN LA INGENIERÍA DE PRODUCTO

*Rosa Navarro<sup>1</sup>, José L. Saorín<sup>1</sup>, Manuel Contero<sup>2</sup>, Ana Piquer<sup>3</sup>, Julián Conesa<sup>4</sup>*

*(1) Universidad de La Laguna,*

*(2) Universidad Politécnica de Valencia*

*(3) Universidad Jaume I*

*(4) Universidad Politécnica de Cartagena<sup>4</sup>*

## SUMMARY

This paper presents a strategy to support sketching and spatial abilities development by means of computer applications and Internet. In first place, we present and analyze available Web sites devoted to support spatial abilities, in order to offer these resources to students with problems in this area. Then, we survey existing techniques to measure spatial abilities, showing how to use them to validate a teaching activity in this field. Last part of this paper is dedicated to present an educational sketch-based modeling tool. This tool allows to build automatically a 3D model using a sketched axonometric view as input, and then normalized orthographic projections of the model are shown.

## RESUMEN

Esta ponencia presenta una estrategia de apoyo al desarrollo de las habilidades de visión espacial y dibujo de croquis, mediante la utilización de aplicaciones informáticas e Internet. En primer lugar se relacionan aquellos sitios Web que ofrecen contenidos vinculados al desarrollo de habilidades de visualización espacial. Los hemos categorizado y estructurado de manera que sirvan de ayuda a aquellos estudiantes que llegan a la universidad con una formación deficiente en esta área. A continuación analizamos las técnicas disponibles para la medición de las habilidades espaciales y cómo se pueden utilizar para validar si una determinada experiencia formativa recibida por parte de los alumnos mejora dichas capacidades. Por último presentamos nuestro trabajo actual orientado al desarrollo de una herramienta docente de bocetado asistido por ordenador, cuyo objetivo es la generación automática de modelos 3D a partir de croquis de objetos en perspectiva.

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso del croquis y el desarrollo de las habilidades de visión espacial son de vital importancia para la actividad proyectual del ingeniero [Jerz, 2002] [Strong, 2001], ya que proporcionan el soporte necesario para desarrollar las primeras fases del diseño, en las cuales no es necesario la construcción de complejos modelos CAD, sino la capacidad de expresar nuestro pensamiento espacial de una forma rápida. Dentro de este contexto, los ingenieros emplean habitualmente el croquis como herramienta natural de diseño. La implementación del sistema ECTS y el desarrollo del Espacio Europeo de Educación Superior nos obligan a plantear la cuestión de dónde y cómo se deben adquirir estas habilidades fundamentales en la formación del ingeniero de producto.

## 2. APLICACIONES EN INTERNET PARA EL DESARROLLO DE LAS HABILIDADES ESPACIALES

El uso de material didáctico existente en la red es una de las maneras de conseguir mejorar las habilidades espaciales. Existen aplicaciones y lenguajes especialmente pensadas para trabajar con elementos tridimensionales y con gráficos en la red. Uno de ellos es el lenguaje VMRL (Virtual Reality Modeling Language) o las aplicaciones animadas como Flash MX y otras. La utilización de entornos de trabajo 3D en el ordenador ayuda a desarrollar la visión espacial [Sorby, 1996] [Devon, 1994] Si además se dispone de un lenguaje estructurado como es el del dibujo en ingeniería, el uso de esas aplicaciones garantiza una mejora en el nivel de esas capacidades en los alumnos [Richards, 1995].

Es importante señalar que según algunas investigaciones [Yue, 2001] el uso de aplicaciones de diseño asistido por ordenador, cuando sólo se utilizan para sustituir a la escuadra y el cartabón tradicionales, no produce ninguna mejora apreciable en las habilidades espaciales del alumno, sino que sólo en el acabado y la precisión de los dibujos. Es por esto, que para poder mejorar la capacidad espacial se necesita trabajar con modelos 3D que podamos girar, mover y sobre los cuales podamos hacer ejercicios mentales como puede ser obtener sus proyecciones normalizadas. Nuestra propia experiencia docente, nos ha hecho ver que es muy productivo el suministrar a los alumnos con mayores dificultades en el ámbito de la visión espacial, direcciones en Internet donde puedan acceder a recursos que potencien el desarrollo de sus habilidades.

### 2.1 Juegos

Algunas de las aplicaciones existentes suministran juegos o ejercicios que se suponen ayudan a mejorar las capacidades espaciales, como por ejemplo el TETRIS en dos o tres dimensiones, o ejercicios específicos que miden la capacidad de rotar una figura tridimensional en el espacio. Estas aplicaciones son de uso general y no necesitan del conocimiento previo de las convenciones del lenguaje gráfico normalizado. Como ejemplos destacados tenemos:

**Curso de interpretación de planos:** Permite jugar al TETRIS en 2D y 3D

<http://www.cnice.mecd.es/eos/MaterialesEducativos/mem2003/planos/index.swf>

**Visualization Assessment and Training Home:** Permite evaluar y mejorar mediante ejercicios específicos las capacidades espaciales

[http://www.courses.psu.edu/metbd/metbd247b\\_dgb6/VIZ/](http://www.courses.psu.edu/metbd/metbd247b_dgb6/VIZ/)

**Espatial reasoning using cubes and isometric drawings:** Dispone de un gran surtido de juegos para desarrollar el razonamiento espacial. Está orientado a estudiantes de matemáticas pero es igualmente válido para ingeniería [Keller, 2002]

<http://illuminations.nctm.org/imath/6-8/isometric/>

## 2.2 Manejo de figuras 3D y dibujo normalizado

La mayor parte de las aplicaciones existentes permiten visualizar figuras en tres dimensiones (rotarlas, acercarlas o alejarlas, moverlas) y establecen juegos derivados del lenguaje ingenieril. Esto quiere decir que se le pide al usuario que determine una vista en concreto, o que compruebe si las vistas son correctas, o que localice un punto en ellas. Se ha comprobado, que el conocimiento que tiene que tener un alumno para poder navegar con ellas con soltura es mínimo, puesto que simplemente es necesario conocer los conceptos de planta, alzado y perfil.

**Aprendizaje de visualización de piezas mediante un taller virtual:** Esta aplicación pertenece al Departamento de Expresión Gráfica de la Universidad de Burgos. Dispone de varios tipos de ejercicios, algunos de ellos novedosos, al ser una versión tridimensional de algunos tests tradicionalmente resueltos en papel.

<http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/index2.shtml>

**Curso de interpretación de planos:** Permite determinar la figura correcta de acuerdo a las vistas dadas, seleccionar un plano en las vistas y asociarlo con su dibujo en tres dimensiones.

<http://www.cnice.mecd.es/eos/MaterialesEducativos/mem2003/planos/index.swf>

**Vistas:** dispone de varias opciones asociadas a piezas que permiten obtener las vistas de una pieza dada su perspectiva, reconstruir una pieza a partir de sus vistas, localizar una vista dada entre múltiples opciones, seleccionar un plano en las vistas y asociarlo con su dibujo tridimensional

[http://eos.cnice.mecd.es/mem2002/geometria\\_vistas/](http://eos.cnice.mecd.es/mem2002/geometria_vistas/)

**Construcciones:** Permite visualizar una pieza en tres dimensiones e imprimir los planos de las vistas para trabajar los conceptos espaciales.

<http://www.cnice.mecd.es/eos/MaterialesEducativos/mem2001/108d/index.html>

**Engineering graphics games and quizzes:** Dispone de un gran surtido de juegos para desarrollar la visión espacial (puzzles, ejes cartesianos en 3D, etc...) [Crown, 2001]

<http://www.engr.panam.edu/~scrown/graphics/games/index.htm>

## 2. MEDICIÓN DE LAS HABILIDADES ESPACIALES

Debido a la dificultad de encontrar una definición aceptada por todos para el concepto de habilidad espacial, se han desarrollado multitud de test diferentes orientados a medir dicha habilidad o alguna de sus componentes principales. Al analizar la bibliografía existente se observa que hay varias líneas principales a la hora de establecer la clasificación de las habilidades espaciales y varias pruebas dominantes para obtener resultados cuantitativos de dichas habilidades. Entre las clasificaciones más importantes se encuentra la realizada por Linn y Petersen [Sjönlinder, 1998]

entre 1974 y 1982 que clasificaron los test en tres categorías:

- Percepción espacial:  
Habilidad de determinar relaciones espaciales a pesar de la existencia de otras informaciones que pueden distraer al sujeto.
- Visión Espacial  
Habilidad de manipular información visual compleja cuando para producir una solución correcta se necesitan varias etapas.
- Rotación Espacial  
Habilidad de rotar en nuestra imaginación, rápida y acertadamente figuras de dos o tres dimensiones.

Una gran cantidad de autores simplifican esta clasificación usando sólo dos categorías para clasificar las habilidades espaciales [Olkun, 2003]:

- Relaciones espaciales  
Habilidad de realizar rotaciones y comparaciones en cubos bidimensionales y tridimensionales. (Incluiría las rotaciones espaciales y la percepción espacial de la anterior clasificación)
- Visión Espacial  
Habilidad de reconocer piezas tridimensionales mediante plegado y desplegado de sus caras.

<b>RELACIONES ESPACIALES</b>			
<b>Test</b>	<b>Nombre</b>	<b>Autores</b>	<b>Descripción</b>
Spatial Relation subset of Primary Mental Abilities Test	PMA –SR	Thurstone, 1958	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Cards Rotation Test	CRT	Ekstrom, French y Harman, 1976	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Mental Rotation Test	MRT	Vanderber y Kuse, 1976	Una versión de lápiz y papel del test de Shepard y Metzler (1971) denominado Mental Rotation Task, que utiliza objetos de tres dimensiones
Mental Cutting Test	MCT	College Entrance Examination Board. USA	Dada una figura seccionada por un plano, hay que determinar el resultado de la sección
Generis Mental Rotation Tasks		Voyer, Voyer y Bryden, 1995	Incluye las variantes de Shepard y Metzler (1971) del test denominado Chronometric Task, y el formato se ha realizado para ordenador
Rotation of images		Duerman – Sälde test battery, Psykologiförlaget 1971	Hay que elegir, mediante rotaciones mentales, la imagen que es idéntica a la que se presenta en el ejercicio
Laft or right hand identification		Duerman – Sälde test battery, Psykologiförlaget 1971	Imágenes de manos giradas de diferentes maneras donde el sujeto debe decidir si la imagen corresponde a una mano izquierda o derecha
Purdue Spatial Visualization Test	PSVT -R	Guay R. B, 1977	Diseñado para medir la capacidad de visualizar rotaciones en el espacio
Rod-and-frame test	RFT	Witkin y Asch, 1948	Requiere ajustar una barra a la vertical a pesar de información que se suministra en la casilla
The Water Level Test	WLT	Piaget e Inhelder, 1956	Se requiere determinar la orientación de un líquido en un contenedor

Tabla 1. Valoración de las relaciones espaciales.

<b>VISIÓN ESPACIAL</b>			
<b>Test</b>	<b>Nombre</b>	<b>Autores</b>	<b>Descripcion</b>
Paper Form Board	PFB	Likert y Quasha, 1941	Hay que decidir entre cinco opciones, cual de los dibujos bidimensionales puede ser construido mediante un juego de fragmentos que se suministra
Differential Aptitude Test – Spatial Relations Subset	DAT – SR	Bennet, Seasharo y Wesman, 1947	Se requiere relacionar una forma tridimensional con la imagen de su desarrollo en dos dimensiones
Identical Blocks Test	IBT	Stafford, 1961	Hay que indicar que bloque entre varias opciones, es el mismo que el estandar dadas una serie de pistas (letras y números en las caras del bloque)
The Block Design Subset of the Weschler Adult Intelligence Scale, Intelligence Scale-Revised and the Weschler Intelligence Scale for Children		Weschler, 1946, 1949, 1955, 1974, 1981	Hay que reconstruir una forma utilizando bloques tridimensionales
Paper Folding	PF	Ekstrom, French y Harman, 1976	Hay que indicar cual, entre cuatro piezas desarrolladas de papel, es la misma que el modelo plegado
Vairous adult and children's version of the Embedded Figures Test	EFT and CEFT	Witkin, 1950	Hay que encontrar una figura simple incluida dentro de una imagen más compleja
Hidden Figures Test	HFT	Ekstrom, French y Harman, 1976	Hay que encontrar una figura simple incluida dentro de una imagen más compleja
Revised Minnesota Paper Form Board Test	RMPFB	Rensis Likert y William H. Quasha, 1995	Hay que determinar si una pieza se puede realizar con una serie de trozos de papel recortados

Tabla 2. Valoración de la visión espacial.

Utilizando esta última clasificación hemos confeccionado las Tablas 1 y 2 que presentan diferentes test disponibles en la bibliografía, que nos permiten valorar estas habilidades.

Debido a la gran cantidad de test existentes [Mafalda, 2000], se han escogido dos de ellos, pertenecientes a cada una de las principales categorías anteriores expuestas. Estas pruebas nos permitirán obtener valores de la habilidad espacial. De esta manera podremos contrastar nuestros resultados con algunas otras experiencias realizadas en el ámbito de la educación en la ingeniería [Leopold, 2001] [Alias, 2002] [Sorby, 2001]

- Relaciones Espaciales:  
Mental Rotation Test (MRT) [Albaret, 1996 ]
- Visión Espacial:  
Differential Aptitude Test – Spatial Relations Subset (DAT –SR)

Para poder valorar las distintas hipótesis de trabajo, determinaremos una serie de experimentos prácticos a realizar con los alumnos. En cada uno de ellos fijaremos una hipótesis nula ( $H_0$ ) y mediante métodos de inferencia estadística validaremos o no dichas suposición.

### 3. HERRAMIENTA EDUCACIONAL DE BOCETADO ASISTIDO POR COMPUTADOR

El grupo de investigación REGEO al que pertenecen algunos de los firmantes de esta ponencia (<http://www.uji.es/d/regeo>) viene desarrollando en los últimos años diversas aplicaciones en el campo del modelado a partir de bocetos. Como aplicación directa de estos desarrollos, se mantiene una línea de trabajado dirigida a explotar estas aplicaciones con fines didácticos. De esta forma la aplicación REFER [Company, 2004], desarrollada inicialmente para experimentar con el proceso de reconstrucción geométrica mediante optimización, ha sido adaptada para un uso docente. Esta aplicación permite al usuario introducir una representación pictórica de una forma poliédrica. Es decir, trabajando a partir de una representación pseudo-axonométrica el sistema es capaz de ofrecer al usuario un modelo 3D que corresponde a esa representación. La aplicación tiene una segunda restricción, que consiste en que los modelos poliédricos deben ser rectangulares. Es decir, modelos tales que todas las aristas que convergen en cada vértice forman  $90^\circ$  entre sí, al igual que ocurre con todas las caras que comparten una arista. A tales modelos los denominamos “normalones”. En realidad, la restricción es menor, porque el sistema es capaz de reconstruir modelos “cuasi-normalones”, como, por ejemplo, aquellos en los que al eliminar todas las aristas que no son ortogonales no se pierde ningún vértice del modelo original. El usuario del sistema puede visualizar de forma automática las vistas diédricas normalizadas correspondientes al objeto bocetado.

Continuando en esta línea de trabajo, se ha desarrollado una nueva herramienta de bocetado denominada CIGRO [Contero, 2003] que a través de una interfaz de usuario simplificada, permite al usuario trabajar de un modo similar al descrito para REFER, con la ventaja de que el usuario puede realizar un proceso de bocetado incremental, en el que, en cualquier momento, puede girar la pieza que está dibujando, y proseguir a continuación, completando el boceto.

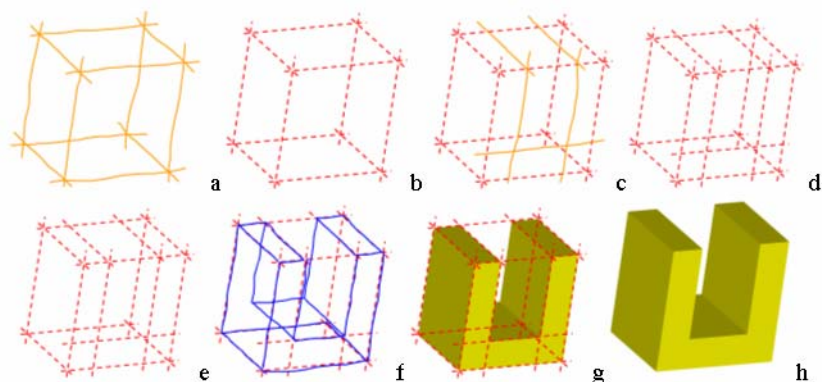


Figura 1. Utilización de líneas auxiliares para la definición del boceto

Esta aplicación ha sido pensada para su utilización sobre un Tablet-PC. Utiliza la distinta presión ejercida por el usuario sobre el lápiz electrónico para discriminar entre líneas auxiliares (Fig. 1.a) y líneas de geometría (Fig. 1.f). El esquema de dibujo presentado en la Figura 1, permite operar de una forma muy similar a la que se emplea al dibujar sobre papel, donde es una práctica habitual, utilizar líneas auxiliares, que permiten encajar el boceto que deseamos realizar. Otro aspecto interesante, que conviene destacar, es que la geometría del objeto bocetado se puede refinar de una forma muy sencilla, tal como se muestra en la Figura 2. El usuario puede eliminar con un “gesto” de borrado las aristas del objeto que sobran con el fin de modificar la geometría del objeto (ver Fig. 2.f y Fig. 2.g).

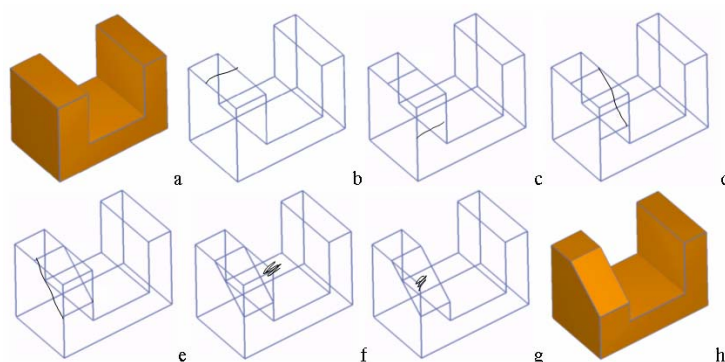


Figura 2. Proceso de refinamiento geométrico

#### 4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Las primeras experiencias de utilización de la herramienta de bocetado asistido han sido muy prometedoras. Los alumnos aprenden a utilizar el sistema en pocos minutos, siendo su naturaleza interactiva, y la posibilidad de visualizar de forma instantánea el modelo 3D desde diferentes puntos de vista, los elementos que hacen más atractiva la herramienta. En estos momentos se está desarrollando el protocolo de las pruebas que se van a efectuar durante el curso académico 2004-05, con el fin de validar mediante los test MRT y DAT-SR el efecto que el manejo de esta herramienta de bocetado tiene sobre las habilidades de visión espacial de los alumnos que la utilicen.

#### BIBLIOGRAFÍA

Albaret, J.M. and Aubert, E. "Etalonnage 15-19 ans du test de rotation mentale de Vanderberg". *Evolutions Psychomotrices* vol. 8, no. 34, 1996, pp. 268-278

Alias, M., Black, T.R. and Gray, D.E. "Effect of instructions on spatial visualization ability in civil engineering students". *Int. Education Journal*, vol. 3, no. 1, 2002, <http://ehlt.flinders.edu.au/education/iej/ARTICLES/v3n1/Alias/BEGIN.HTM>

Company, P., Contero, M., 2; Piquer, A., Aleixos, N., Conesa, J., Naya, F., Educational software for teaching drawing-based conceptual design skills *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 12, 2004.

Contero, M., Naya, F., Jorge, J. and Conesa, J.: CIGRO: a minimal instruction set calligraphic interface for sketch-based modeling. *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2669, 2003, pp. 549–558.

Crown, S.W., "Improving visualization skills of engineering graphics students using simple javascript web based games". *Journal of Engineering Education*, vol. 90, no. 3 2001, pp. 347-355

Devon, R., Engel, R.S., Foster, R.J., Sathianathan, D, and Turner, G.F.W. "The effect of solid modelling on 3D visualization Skills". *Engineering Design Graphics Journal*, vol. 58, no. 2, 1994, pp. 4-11

Jerz, R. "Redesigning engineering graphics to include CAD and sketching exercises" *ASEE Annual Conference Proceedings*, Montreal, Canada, June 2002

Keller, B. and Hart E. "Improving students spatial visualization skills and teachers pedagogical content knowledge by using on-line curriculum embeded applets" , disponible en <http://illuminations.nctm.org/downloads/IsoPaperV4.pdf>

Leopold, C., Gorska, R.A. and Sorby, S.A. "Internacional experiences in developing visualization abilities of engineering students" Journal for Geometry and Graphics, vol. 5, no. 1, 2001, pp. 81-91

Mafalda, R. "Efeitos do uso de diferentes métodos de representação gráfica no desenvolvimento da habilidade de visualização espacial" Sao Paulo 2000 disponible en <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-25102001-091833>

Olkun, S. "Making connections: improving spatial abilities with engineering drawing activities" International Journal for Mathematics Teaching and Learning, 2003. disponible en <http://www.ex.ac.uk/cimt/ijmtl/sinanolkun.pdf>

Richards, L.G., "Incorporating 3D Modeling and visualization in the first year engineering curriculum", ASEE/IEEE Frontiers in Education '95 disponible en <http://fie.engrng.pitt.edu/fie95/3c5/3c55/3c55.htm>

Sjölander, M. "Towards a framework for design and evaluation of navigation in electronic spaces" disponible en <http://www.sics.se/humle/projects/persona/web/littsurvey/ch4.pdf>

Sorby, S.A, and Baartmans, B. "A course for development of 3-D Spatial visualization Skills". Engineering Design Graphics Journal, vol. 60, no. 1, 1996, pp. 13-20

Sorby, S.A., "Improving the spatial skills of engineering students: impact on graphics performance and retention". Engineering Design Graphics Journal, vol. 65, no. 3, pp. 31-36

Strong, S. and Smith, R. "Spatial visualization: fundamentals and trends in engineering graphics". Journal of Industrial Technology, vol. 18, no. 1, 2001 disponible en <http://www.nait.org/jit/Articles/strong122001.pdf>

Yue, J., Chen, D.M. "Does CAD improve spatial visualization ability?" 2001 ASEE Annual Conference Proceedings, Albuquerque, NM, June 24-27, 2001

## **CORRESPONDENCIA**

Jose Luis Saorín Pérez  
Departamento de Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería  
Universidad de La Laguna  
Avd. Angel Guimerá Jorge s/n  
38.204 La Laguna (Santa Cruz de Tenerife)  
Tel: 922 319448  
e-mail: [jlsaorin@ull.es](mailto:jlsaorin@ull.es)