

LAS HABILIDADES ESPACIALES Y EL PROGRAMA DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN LAS CARRERAS DE INGENIERÍA

José Luis Saorín¹, Rosa Navarro², Norena Martín³, Manuel Contero⁴

Abstract — *This paper analyzes the visualization skills developed through current Engineering Graphics courses, in order to define the most adequate strategy to improve these abilities in the future European Area for Higher Education. A study on students' visualization skills has been performed in La Laguna University using two well-known tests for evaluating spatial abilities from a psychological point of view: Mental Rotation Test (MRT) and the Differential Aptitude Test – Spatial Relations subset (DAT-SR). Students have been tested at the beginning of the semester, to know their initial level, and at the end of the semester, to check the effect of the taught subject in the spatial abilities of the students. The statistical analysis of the scores in both tests has shown that traditional Engineering Graphics courses improve the students' spatial abilities. One interesting aspect of this experience has been to find significant gender differences on both tests.*

Index Terms — *visualization skills, engineering graphics.*

INTRODUCCIÓN

La progresiva reducción de horas asignadas a las asignaturas de Expresión Gráfica, hace necesario replantearse los contenidos de las mismas para garantizar que estas capacidades se adquieran de la forma más efectiva por nuestros alumnos. Se ha comprobado por diferentes autores que la adquisición de habilidades de visión espacial por parte de los alumnos de Ingeniería está correlacionada directamente con sus futuras posibilidades de éxito en el campo profesional [5] [7] [10] [11]. Tradicionalmente los programas de las carreras técnicas incluían varias asignaturas denominadas Dibujo Técnico en los cuales al menos durante un año se les daba la formación necesaria, tanto de normalización como de desarrollo de sus habilidades de visualización espacial. Aunque ningún programa tradicional incluía la visión espacial como parte del temario, el uso de proyecciones normalizadas en 2D para representar figuras en 3D obligaba a los alumnos a desarrollar a lo largo del curso dichas habilidades.

Actualmente en los nuevos planes de estudio, nos encontramos con carreras técnicas donde la enseñanza de la Expresión Gráfica ha quedado reducida a un cuatrimestre o lo que es lo mismo a un total de treinta horas de teoría y cuarenta y cinco o sesenta horas de laboratorio. Los

ingenieros que estamos formando sólo disponen de ese tiempo para asimilar todos los contenidos de la asignatura (normalización, sistemas de representación, ...) así como para desarrollar las habilidades en visión espacial propias de un ingeniero y que de tanta utilidad le serán en su vida profesional.

Los conocimientos básicos que se espera que desarrolle un alumno después de asistir a una de estas asignaturas serían los siguientes [3] [4][12]:

- Visión espacial
- Conocimiento de la normalización básica aplicada a la Expresión Gráfica
- Utilización de alguna herramienta de diseño asistido por Ordenador, así como la extensión de la idea del dibujo como base de datos gráfica en 3D, alrededor de la cual gira el proceso de diseño y fabricación.

Casi nunca se mide específicamente los valores de las habilidades espaciales del alumnado, por lo que no se conoce el efecto de las asignaturas de expresión gráfica sobre esta habilidad tan fundamental para el ingeniero. En este artículo vamos a exponer los resultados obtenidos al medir dicha habilidad al principio y al final de varias de las asignaturas impartidas por el departamento y comprobar de esta manera el efecto de las mismas sobre los valores de visión espacial en los alumnos.

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 [6] 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.

¹ José Luis Saorín, Universidad de La Laguna, Av. Angel Guimerá Jorge s/n. 38204-La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, Spain, jlsaorin@ull.es

² Rosa Navarro Trujillo, Universidad de La Laguna, Av. Angel Guimerá Jorge s/n. 38204-La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, Spain, rnautru@ull.es

³ Norena Martín Dorta, Universidad de La Laguna, Av. Angel Guimerá Jorge s/n. 38204-La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, Spain, nmartín@ull.es

⁴ Manuel Contero, Universidad Politécnica de Valencia, Campus de Vera, Edificio 5L, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, Spain, mcontero@degi.upv.es

- **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.
- **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.

Una gran cantidad de autores simplifican esta clasificación usando sólo dos categorías para clasificar las habilidades espaciales [1] tal como se resume en la Tabla I:

VALORACIÓN DE LAS RELACIONES ESPACIALES Y DE LA VISIÓN ESPACIAL.

Test	Nombre	Factor	Autores	Descripción
Spatial Relation subset of Primary Mental Abilities Test	PMA –SR	RE	Thurstone, 1958	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Cards Rotation Test	CRT	RE	Ekstrom, French y Harman, 1976	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Mental Rotation Test	MRT	RE	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	RE	College Entrance Examination Board. USA	Dada una figura seccionada por un plano, hay que determinar el resultado de la sección
Generis Mental Rotation Tasks		RE	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		RE	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
Left or right hand identification		RE	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	RE	Guay R. B, 1977	Diseñado para medir la capacidad de visualizar rotaciones en el espacio
Rod-and-frame test	RFT	RE	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	RE	Piaget e Inhelder, 1956	Se requiere determinar la orientación de un líquido en un contenedor
Paper Form Board	PFB	VE	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	VE	Bennet, Seasharo y Wesman, 1947	Se requiere relacionar una forma tridimensional con la imagen de su desarrollo en dos dimensiones
Identical Blocks Test	IBT	VE	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		VE	Weschler, 1946, 1949, 1955, 1974, 1981	Hay que reconstruir una forma utilizando bloques tridimensionales
Paper Folding	PF	VE	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 versiono f the Embedded Figures Test	EFT and CEFT	VE	Witkin, 1950	Hay que encontrar una figura simple incluida dentro de una imagen más compleja
Hidden Figures Test	HFT	VE	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	VE	Rensis Likert yWilliam H. Quasha, 1995	Hay que determinar si una pieza se puede realizar con una serie de trozos de papel recortados

TABLA II.
ASIGNATURAS TRONCALES EVALUADAS

Asignatura	Titulación	Curso	Sem.	Créditos		CAD
				Teor.	Práct	
Expresión Gráfica y D.A.O.	I. T. I. Electrónica Industrial	1º	1º	3	4,5	SI
Expresión Gráfica y Cartográfica	I. T. Obras Publicas	1º	1º	3	6	SI
Expresión Gráfica	I. Química	2º	1º	3	3	NO
Expresión Gráfica y D.A.O.	I. T. I. Mecánica	1º	Anual	6	6	SI

Debido a la gran cantidad de test existentes [8], se han escogido dos de ellos, pertenecientes a cada una de las principales categorías anteriormente expuestas. Estas pruebas nos permitirán obtener valores de la habilidad espacial.

- **Relaciones Espaciales:** Mental Rotation Test (MRT) [9]
- **Visión Espacial:** Differential Aptitude Test – Spatial Relations Subset (DAT –SR)

ASIGNATURAS EVALUADAS

El estudio se ha realizado en cuatro asignaturas troncales, tres cuatrimestrales y una anual, correspondientes a cuatro titulaciones de Ingeniería de la Universidad de la Laguna. Todas ellas, con independencia del curso en el que se imparten, son el primer contacto de los alumnos de estas carreras con la Expresión Gráfica, por lo que los valores iniciales de los test se pueden considerar comparables. En el temario de todas ellas se incluye normalización, visualización de piezas, sistemas de representación. La duración de estos contenidos se ha adaptado a los créditos correspondientes y a las necesidades de cada titulación. Tres de las asignaturas incluyen un apartado de Diseño Asistido por Ordenador en dos dimensiones. Las características básicas (curso, cuatrimestre, créditos de práctica y teoría, CAD) de cada una puede se detalla en la Tabla II.

Durante el curso 2004-2005, se ha evaluado una población de 214 alumnos distribuidos de acuerdo a la Tabla III. Sólo una de las asignaturas es anual, siendo las restantes de primer cuatrimestre. Se ha dividido la población en hombres y mujeres porque habitualmente se supone que las habilidades espaciales dependen en gran parte del género [12]. Por lo tanto, hemos querido comprobar empíricamente si dicha afirmación es cierta y de esta manera determinar la mejora que se produce en cada caso.

TABLA III
ALUMNOS EVALUADOS PRE-TEST

Titulación	Nº de alumnos		Total
	H	M	
I. T. I. Electrónica Industrial	60	10	70
I. T. Obras Públicas	33	25	58
I. Química	12	10	22
I. T. I. Mecánica	59	5	64
Población Total	164	50	214

Antes de comenzar a impartir la docencia de las asignaturas en estudio, se procedió a evaluar las habilidades espaciales de los alumnos mediante la utilización de los test MRT y DAT (Pre-Test). Los resultados obtenidos se indican en la Tabla IV.

TABLA IV.
RESULTADOS PRE-TEST GLOBALES

Titulación	Puntuación Media (Desviación est.)	
	MRT	DAT
I. T. I. Electrónica Industrial	16,73 (7,90)	43,56 (10,69)
I. T. Obras Publicas	13,33 (7,69)	38,64 (11,02)
I. Química	14,32 (7,57)	42,68 (9,37)
I. T. I. Mecánica	18,48 (8,44)	42,41 (11,02)
Población Total	16,08 (8,19)	41,79 (10,86)

En la Tabla V se reflejan estos mismos resultados dependiendo del género. Podemos ver como efectivamente se observa una clara diferencia en los valores de la variable medida en función del género. Se puede comprobar que dicha diferencia es similar en cada una de las carreras estudiadas.

TABLA V.
RESULTADOS PRE-TEST POR GÉNERO

Titulación	Puntuación Media (desviación estándar)			
	MRT		DAT	
	H	M	H	M
I. T. I. Electrónica Industrial	17,17 (8,00)	14,10 (7,03)	43,57 (10,69)	43,50 (11,24)
I. T. Obras Públicas	15,18 (8,67)	10,18 (5,41)	40,39 (10,92)	36,22 (10,93)
I. Química	17,50 (7,97)	10,50 (5,15)	45,00 (10,30)	39,90 (7,71)
I. T. I. Mecánica	19,36 (8,16)	8,20 (3,70)	42,29 (12,73)	43,80 (4,97)
Población Total	17,58 (8,26)	11,18 (5,67)	42,57 (10,96)	39,22 (10,24)

RESULTADOS OBTENIDOS

Al finalizar el periodo de docencia se volvieron a pasar los mismos test (Post-Test) a los alumnos. Como es lógico la población en este segundo caso es inferior a la del principio, ya que muchos alumnos abandonan la

asignatura. A pesar de ello, se ha logrado que más del 50% de los alumnos originales pasaran este segundo test. De esta manera podemos dar por significativos los valores obtenidos que se resumen en las tablas VI y VII.

TABLA VI.
ALUMNOS EVALUADOS POST-TEST

Titulación	Nº de alumnos		Total
	H	M	
I. T. I. Electrónica Industrial	41	8	49
I. T. Obras Públicas	13	8	21
I. Química	9	7	16
I. T. I. Mecánica	30	3	33
Población Total	93	26	119

TABLA VII
RESULTADOS POST-TEST

Titulación	Puntuación Media (desviación estándar)	
	MRT	DAT
	I. T. I. Electrónica Industrial	24,31 (8,53)
I. T. Obras Públicas	23,52 (8,71)	49,05 (6,82)
I. Química	24,94 (9,42)	51,19 (7,40)
I. T. I. Mecánica	27,33 (8,48)	52,68 (5,07)
Población Total	25,09 (8,68)	51,02 (6,88)

Se puede comprobar estadísticamente que se ha producido una mejora en las medias de los grupos evaluados, tanto a nivel de cada carrera como en el total de los alumnos. Para ello se ha realizado la prueba T de Student, suponiendo como hipótesis nula (Ho) que no existe una mejora en la media de los resultados de los test. A partir de dicha prueba se obtiene los p-valores que representan la probabilidad de que dicha hipótesis sea cierta. Como se puede ver en la tabla VIII el nivel de significación es siempre inferior al 1 %.

TABLA VIII.
NIVEL DE SIGNIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS NULA

Titulación	MRT	DAT
I. T. I. Electrónica	3,36 E-09 < 0,001	1,54E-07 < 0,001
I. T. Obras Públicas	5,13 E-07 < 0,001	1,20E-04 < 0,001
I. Química	8,39 E-06 < 0,001	1,59 E-05 < 0,001
I. T. I. Mecánica	1,54 E-09 < 0,001	1,21 E-05 < 0,001
Población Total	2,98 E-27 < 0,001	1,83 E-18 < 0,001

Por lo tanto podemos rechazar la hipótesis nula y dar como válida la contraria, es decir se ha producido una mejora sensible de las habilidades espaciales medidas en ambos test, con niveles de significación muy importantes.

Los datos anteriores se pueden analizar también de acuerdo al sexo de los alumnos. Los resultados obtenidos se pueden ver en la tabla IX.

TABLA IX.
RESULTADOS POST-TEST POR GÉNERO

Titulación	Puntuación Media (desviación estándar)			
	MRT		DAT	
	H	M	H	M
I. T. I. Electrónica Industrial	25,00 (8,50)	20,75 (8,28)	50,80 (7,68)	48,88 (8,34)
I. T. Obras Públicas	25,62 (7,41)	20,13 (10,06)	49,85 (5,34)	47,75 (8,99)
I. Química	29,00 (8,47)	19,71 (7,65)	50,67 (9,27)	51,86 (4,60)
I. T. I. Mecánica	28,83 (9,17)	12,33 (1,53)	53,07 (12,54)	49,75 (5,19)
Población Total	26,71 (8,12)	19,31 (8,28)	51,39 (6,80)	49,74 (7,13)

Se puede realizar un análisis estadístico para comprobar si las medias obtenidas son significativas estadísticamente y por lo tanto podemos dar por válidas las diferencias debido al género.

En este caso el análisis se ha realizado sólo para la población total, tanto en el caso del Pre-Test como en el del Post-Test. Los grupos de hombres y mujeres se han supuesto como muestras de igual varianza y se les ha aplicado la prueba T de Student. Los resultados que se obtienen se pueden ver en la tabla X.

TABLA X.
SIGNIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE LA DIFERENCIA POR GÉNERO

	MRT	DAT
Pre-Test	6,95 E-07 < 0,001	0,055 < 0,1
Post-Test	7,86 E-05 < 0,001	0,27 > 0,1

Las diferencias, por lo tanto, son significativas en el test MRT con un nivel de significación superior al 1%. Sin embargo en el caso del DAT, las diferencias que se observan en el Pre-test sólo tienen una significación del 10%, mientras que dichas diferencias no son significativas en el Post-Test.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados anteriores se observa lo siguiente:

- Las asignaturas estudiadas han mejorado significativamente las habilidades espaciales demostrando con ellos que el estudio de la expresión gráfica es útil para los futuros ingenieros no sólo por su contenido teórico-práctico sino por la ayuda que representa para mejorar o desarrollar estas habilidades.
- Los mejores resultados se han obtenido en la asignatura de la carrera de Ingeniería Mecánica, única asignatura de las evaluadas cuya duración es anual.

En las otras tres asignaturas no se observan diferencias significativas en cuanto a los resultados.

- Las mujeres, como media, tienen peores valores iniciales que los hombres, tendiendo a igualarse después de un periodo de formación (Esto es especialmente válido para los valores del DAT, mientras que con el MRT se sigue observando una gran diferencia de género)

FUTUROS TRABAJOS

Queda pendiente comprobar el efecto de otras variables en la mejora de las habilidades espaciales. Como por ejemplo son la procedencia de los alumnos (Bachiller, FP..) y el número de años que hayan cursado asignaturas de dibujo técnico en el Bachillerato.

Por otro lado sería interesante determinar qué estrategias docentes o herramientas informáticas nos podrían ayudar a mejorar las habilidades espaciales de los alumnos optimizando el poco tiempo que disponemos para ello.

REFERENCES

- [1] 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/ijmt/sinanolkun.pdf>)
- [2] Devon, R, Engel, R.S, Foster R.J, Sathianathan D, Turner G.F.W, "The effect of solid modelling on 3D visualization Skills", *Engineering Design Graphics Journal*, 58, 2, 1994, pp 4-11.
- [3] Richard Jerz "Redesigning Engineering Graphics to include CAD and Sketching Exercises" *Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*. 2002 Sesion 2438 (Disponible en http://web.sau.edu/JerzRichardJ/Professional/2158-Teaching_CAD1.pdf)
- [4] Roland D. Jenison "New directions for Introductory Graphics in Engineering Education", *Journal for Geometry and Graphics*, Vol 1, N°1, 1997, pp 67-73.
- [5] Sheryl A. Sorby, Beverly Baartmans "A course for development of 3-D Spatial visualization Skills", *Engineering Design Graphics Journal*, Vol 60, N° 1, 1996, pp 13-20.
- [6] Sjölander, M "Spatial cognition and environmental descriptions" *Capitulo 4 de 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>)
- [7] Shawn Strong, Roger Smith "Spatial visualization: Fundamentals and Trends in Engineering Graphics" *Journal of Industrial Technology*, Vol 18, N° 1, 2001, pp 2-6.
- [8] Mafalda, R "Efeitos do uso de diferentes métodos de representação gráfica no desenvolvimento da habilidade de visualização espacial". *Tesis Doctoral*, Sao Paulo 2000 disponible en <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-25102001-091833>
- [9] Albaret, J.M. And Aubert, E "Etalonnage 15-19 ans du test de rotation mentale de Vandenberg". *Evolutions Psychomotrices* Vol. 8, No. 34, 1996, pp. 268-278
- [10] Craig L. Miller, Gary R. Bertoline "Spatial Visualization Research and Theories: their importance in the development of an engineering and technical Design Graphics curriculum Model" *Engineering Design Graphics Journal*, Vol 55, N°3, pp 5-14.
- [11] Ferguson E.S. "The Mind's eye: Non verbal thought in technology", Editorial Science, 1977, pp 827-836
- [12] Sanz Acedo Lizarraga M.L., García Ganuza J. M "Improvement of mental rotation in girls and boys"., *Sex Roles* Vol 49 N° 5/6 Sept 2003